

Х.Я. БЫСТРИЦКИЙ, Э.М. ДУБРОВСКИЙ, Б.В. РЕБРИН

---

# УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



43

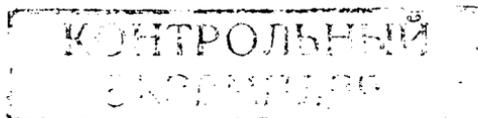
Х. Я. БЫСТРИЦКИЙ, З. М. ДУБРОВСКИЙ,  
Б. Н. РЕБРИК

# УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,  
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ*

*Утверждено*

*Главным управлением учебными заведениями МПС  
в качестве учебника для технических школ  
машинистов и помощников машинистов  
электровозов*



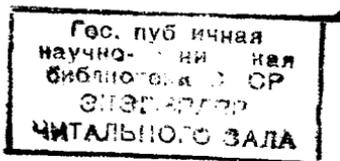
МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1973

**Устройство и работа электровозов переменного тока.** Х. Я. Быстрицкий, З. М. Дубровский, Б. Н. Ребрик. М., изд-во «Транспорт», 1973 г., 1—464.

В книге описана конструкция механической части, тяговых двигателей, вспомогательных машин, аппаратов, выпрямительных и инверторных установок; рассмотрено действие электрических цепей электровозов переменного тока ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup>, ЧС4 и электровозов двойного питания магистральных железных дорог.

Книга утверждена Главным управлением учебными заведениями МПС в качестве учебника для технических школ машинистов и помощников машинистов электровозов. Она также может служить пособием для работников электротягового хозяйства, связанных с эксплуатацией электровозов переменного тока, и студентов транспортных техникумов и институтов.

Рис. 321, табл. 14.



73-31543

Д4  
8757

Б  $\frac{3182-435}{049(01)-73}$  БЗ 34-7-73

---

---

## О Т А В Т О Р О В

В Советском Союзе к началу 1973 г. электрифицировано свыше 36 тыс. км железных дорог, из них около 13 тыс. км на переменном токе. Электрификация железных дорог сопровождается постоянным совершенствованием электровозов. Со времени выхода в свет второго издания настоящего учебника (1970 г.) создан электровоз ВЛ80<sup>т</sup> с реостатным торможением, модернизирован электровоз двойного питания ВЛ82<sup>м</sup>, на электровозах ВЛ60 игнитронные выпрямители заменены полупроводниковыми. В связи с этим в настоящем третьем издании авторы переработали и дополнили соответствующими материалами ряд глав.

При написании учебника предполагалось, что учащиеся знакомы с основами электротехники, а также с устройством и работой электрических машин. Как и в предыдущих изданиях, авторы считали главной задачей разъяснение принципов работы основных аппаратов и электрических машин, построения и работы электрических цепей электровозов.

Все обозначения в схемах выполнены по ГОСТ 2.721—68—ГОСТ 2.748—68. Поэтому графические изображения элементов схем могут отличаться от изображения их в схемах заводского исполнения.

Все пожелания и замечания по книге просим направлять по адресу: Москва, 107174, Басманный туп., ба, издательство «Транспорт».

## РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ И ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОВОЗАХ

### § 1. История развития электрической тяги в СССР

Электрификация железных дорог в СССР началась в 1926 г. Тогда был электрифицирован пригородный участок Баку—Сабунчи Азербайджанской дороги на постоянном токе при напряжении в контактном проводе 1200 в. Следующий участок, также пригородный, Москва—Мытищи Московской дороги электрифицирован в 1929 г. на постоянном токе при напряжении в контактном проводе 1500 в. Электрификация первого магистрального участка, главным образом для грузового движения, Хашури—Зестафони Закавказской дороги на постоянном токе при напряжении 3000 в была осуществлена в 1932 г.

Производство электропоездов для пригородных участков электрифицированных железных дорог было организовано на московском заводе «Динамо» и Мытищинском вагоностроительном заводе, а производство электровозов ВЛ19 и ВЛ22 для магистральных участков, начиная с 1932 г., — на московском заводе «Динамо» и Коломенском машиностроительном заводе. В 1934 г. на московском заводе «Динамо» им. Кирова начались работы по созданию электровозов переменного тока промышленной частоты 50 гц при высоком напряжении в контактном проводе. Основными достоинствами системы электрической тяги на переменном токе являются: простота тяговых подстанций, большая экономия цветных металлов и лучшие тяговые свойства электровозов, что при прочих равных условиях достигается постоянным параллельным соединением тяговых двигателей.

Однако создание электровозов переменного тока в те годы было исключительно трудным делом. Для этого требовались прежде всего приемлемые в условиях железных дорог выпрямители — ионные или электронные вентили большой мощности. Отсутствие таких вентиляей было основным препятствием для применения переменного тока при электрификации железных дорог. Работы завода «Динамо» им. Кирова по созданию первого электровоза переменного тока промышленной частоты 50 гц при напряжении 20 кв в контактном проводе были закончены в 1938 г. выпуском опытного образца мощностью 2000 квт. На этом электровозе типа ОР (однофазный ртутный) был установлен металлический многоанодный ртутный выпрямитель с откачной системой для поддержания вакуума и сеточным регулированием.

Наибольшее применение электрическая тяга на переменном токе получила после окончания Великой Отечественной войны. В 1947—1954 гг. заводы Новочеркасский электровозостроительный (НЭВЗ)

и «Динамо» им. Кирова проводили работы по созданию электровозов переменного тока промышленной частоты высокого напряжения, используя в качестве выпрямителей тока игнитроны (одноанодные запаянные ртутные вентили) большой мощности. В 1954—1956 гг. была изготовлена партия шестиосных электровозов ВЛ61 для опытного участка Ожерелье—Павелец, электрифицированного на переменном токе 50 гц. Магистральный участок Чернореченская—Клюквенная Восточно-Сибирской дороги был первым в СССР, электрифицированным в 1959—1960 гг. на переменном токе 25 кв, 50 гц. Для этого участка НЭВЗ изготовил большую партию шестиосных электровозов переменного тока ВЛ60 с игнитронами в качестве выпрямителей тока. Опытные электровозы этой серии проходили испытания на участке Ожерелье—Павелец в 1958—1959 гг.

В 1961 г. Новочеркасским заводом были изготовлены опытные образцы восьмиосных электровозов переменного тока ВЛ80, а Тбилисским электровозостроительным заводом (ТЭВЗ) — постоянного тока ВЛ10. По мере освоения новых типов восьмиосных электровозов переменного и постоянного тока производство шестиосных электровозов сокращалось и было прекращено: постоянного тока в 1957 г., а переменного в 1967 г. С 1968 г. ТЭВЗ перешел на производство электровозов постоянного тока ВЛ10 мощностью на 20% выше, чем у электровоза ВЛ8.

Днепропетровский электровозостроительный завод в 1963 г. выпустил партию маневровых четырехосных электровозов переменного тока ВЛ41, оборудованных выпрямительными игнитронными установками. ТЭВЗом в 1967 г. были изготовлены опытные образцы пассажирских электровозов переменного тока ВЛ40 на двух двухосных одномоторных тележках. Электровозы оборудованы полупроводниковыми преобразовательными установками.

В 1964 г. была оборудована на базе электровозов ВЛ61 опытная партия шестиосных электровозов ВЛ61<sup>А</sup> двойного питания для работы на линиях как постоянного тока 3000 в, так и переменного 25 000 в с использованием полной мощности электровоза в обоих режимах работы. В 1966 г. выпущены опытные образцы восьмиосных электровозов двойного питания ВЛ82.

Начиная с 1958 г. проводились работы по созданию электровозов переменного тока (при игнитронных выпрямителях) с рекуперативным торможением. Эти работы были успешно закончены в 1964 г. выпуском большой партии электровозов ВЛ60<sup>Р</sup>.

В 1961—1962 гг. Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ЦНИИ МПС) впервые с успехом применил силовые кремниевые вентили в качестве выпрямителей тока на электропоездах переменного тока. С 1965 г. на электровозах переменного тока также начали применять силовые кремниевые полупроводниковые вентили в качестве выпрямителей тока и прекратили установку игнитронов. Применение полупроводниковых выпрямительных установок значительно повысило эксплуатационную надежность электровозов и их коэффициент полезного действия. В 1967 г., к 50-летию Великой Октябрьской социалисти-

ческой революции, были изготовлены макетные образцы электровозов с применением силовых управляемых полупроводниковых вентилей — тиристоров. Опытные образцы электровозов ВЛ80<sup>р</sup> с рекуперативным торможением были изготовлены в 1969 г. В следующем году был выпущен электровоз ВЛ80<sup>а</sup>-661 с бесколлекторными вентиляльными тяговыми двигателями и в 1971 г. — электровоз ВЛ80<sup>а</sup>-751 с короткозамкнутыми асинхронными двигателями. Начиная с 1966 г. при производстве заводского ремонта на электровозах ВЛ60 выпрямительные игнитронные установки заменяют кремниевыми полупроводниковыми. В последнее время эти установки комплектуют полупроводниковыми лавинными вентилями.

Из всего сказанного выше следует, что отечественное электровозостроение непрерывно развивается и совершенствуется на основе новейших достижений науки и техники.

## § 2. Общая схема питания электрифицированной железной дороги

Рассмотрим общую схему питания электроэнергией электрифицированной железной дороги (рис. 1). От электростанции или энергосистемы электроэнергия трехфазного тока промышленной частоты 50 гц, высокого напряжения (220, 110 или 35 кв) по проводам линии электропередачи (ЛЭП) передается к тяговой подстанции. На подстанции производится снижение подводимого напряжения до величины, принятой для контактной сети: на линиях постоянного тока — до 3000 в, на линиях переменного тока — до 25 000 в. На участках, электрифицированных на постоянном токе, на тяговой подстанции осуществляется еще и выпрямление переменного тока в постоянный при помощи статических преобразователей тока.

От подстанции ток поступает в контактную сеть и через токоприемник и пускорегулирующую аппаратуру — к тяговым двигателям электровоза. От двигателей ток проходит через рельсы и отсасывающий фидер к тяговой подстанции.

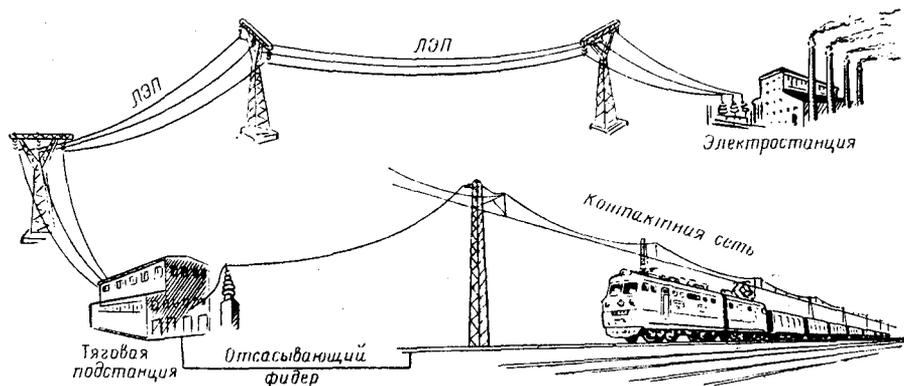


Рис. 1. Схема питания электрифицированных железных дорог

Коэффициент полезного действия (к. п. д.) электрической тяги выражается произведением к. п. д. отдельных звеньев системы питания электрифицированной железной дороги. Например, к. п. д. электротяги переменного тока в случае, когда электроэнергия вырабатывается на тепловой электростанции, можно определить так:

$$0,4 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 0,94 \cdot 0,85 \simeq 0,3, \text{ или } 30\%.$$

Здесь 0,4 — значение к. п. д. тепловой электростанции; 0,95 — то же, для линии электропередачи; 0,98 — тяговой подстанции; 0,94 — контактной сети и 0,85 — к. п. д. электровоза.

Если же электроэнергия вырабатывается на гидростанции, к. п. д. которой достигает 0,9, то к. п. д. электрической тяги будет

$$0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 0,94 \cdot 0,85 \simeq 0,67, \text{ или } 67\%.$$

В настоящее время электрифицированный транспорт потребляет примерно 5% количества электроэнергии, вырабатываемой в СССР.

Эксплуатационный к. п. д. паровоза обычно не превышает 3—4%, а тепловоза — 20%. При внедрении электрической тяги резко сокращается расход топлива, уменьшается количество обслуживающего персонала и значительно снижается себестоимость перевозок. Провозная способность дороги также возрастает.

### § 3. Классификация электровозов и принятые обозначения

По роду тока различают электровозы постоянного и переменного тока. На электровозах постоянного тока изоляция всех силовых и вспомогательных устройств должна быть рассчитана на рабочее напряжение сети 3000 в. На электровозах переменного тока имеются понижающие трансформаторы, поэтому рабочее напряжение тяговых двигателей и вспомогательных машин может быть выбрано независимо от напряжения сети, т. е. изоляция их будет рассчитана на меньшее напряжение. Это позволяет применять тяговые двигатели более высокой мощности.

Электровозы различают также по назначению — грузовые, пассажирские, маневровые, и, кроме того, по числу осей — четырех-, шести- и восьмиосные.

Ходовые части электровозов характеризуют осевой формулой. Например, осевая формула  $3_0 + 3_0$  показывает, что электровоз шестиосный, имеет две трехосные тележки. Индекс «0» обозначает индивидуальный привод от тягового двигателя к оси; знак «+» указывает на то, что обе тележки связаны шарнирно и, следовательно, передача тягового усилия к поезду производится через их рамы. Осевая формула  $2_0 - 2_0 - 2_0 - 2_0$  показывает, что электровоз восьмиосный, состоит из четырех двухосных тележек, которые между собой не соединены, и, следовательно, тяговые усилия к поезду передаются через рамы кузова.

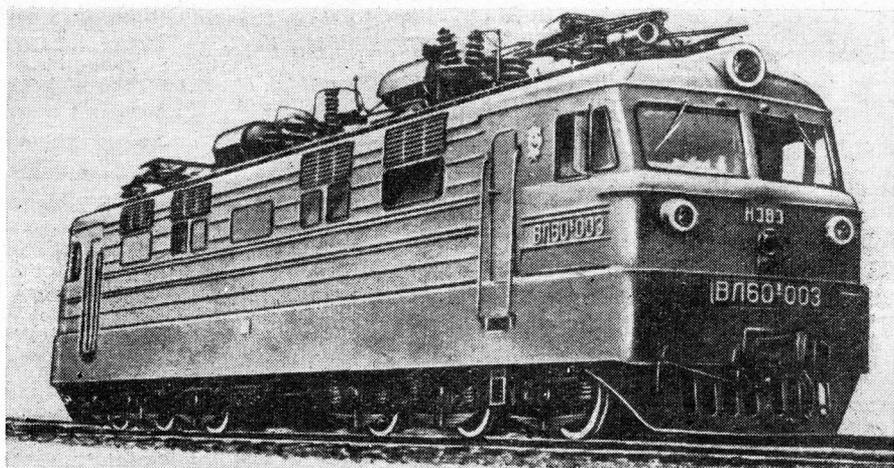


Рис. 2. Электровоз ВЛ60<sup>к</sup>

В Советском Союзе построены и находятся в эксплуатации электровозы со следующими осевыми формулами:  $3_0 + 3_0$  — шестиосные ВЛ19, ВЛ22, ВЛ23;  $2_0 + 2_0 + 2_0 + 2_0$  — восьмиосные ВЛ8;  $2_0 - 2_0 - 2_0 - 2_0$  — восьмиосные ВЛ10, ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup> и ВЛ82 и  $3_0 - 3_0$  — шестиосные ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ60.

Всем электровозам отечественного производства присвоено обозначение ВЛ в честь Владимира Ильича Ленина. Номер в наименовании соответствует определенным типам электровозов: от 1 до 18 — восьмиосные постоянного тока (например, ВЛ8, ВЛ10), от 19 до 39 — шестиосные постоянного тока (ВЛ19, ВЛ23); от 40 до 59 — четырехосные переменного тока (ВЛ40, ВЛ41); от 60 до 79 — шестиосные переменного тока (ВЛ60<sup>к</sup>); от 80 — восьмиосные переменного тока и двойного питания (ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ82).



Рис. 3. Электровоз ВЛ80<sup>т</sup>

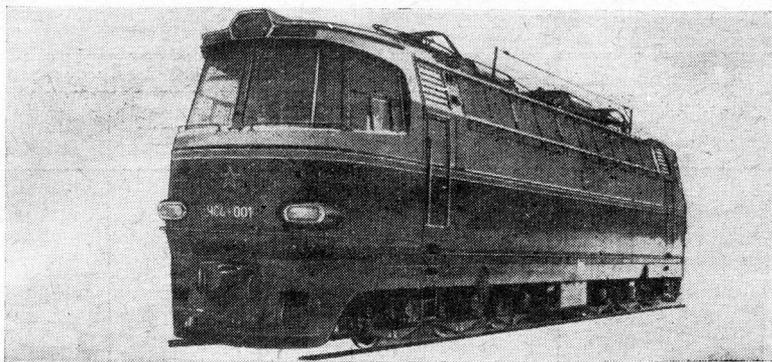


Рис. 4. Электровоз ЧС4

На электровозах, помимо механического, может быть применено электрическое торможение. Различают электрическое торможение рекуперативное и реостатное. К обозначению серии электровозов с рекуперативным торможением добавляют букву «р», а с реостатным — букву «т»; например: ВЛ80<sup>р</sup>, ВЛ80<sup>т</sup>.

В Советском Союзе на электрифицированных линиях железных дорог находятся в эксплуатации электровозы ВЛ60<sup>к</sup> (рис. 2), ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup> (рис. 3), а также электровозы двойного питания ВЛ82, ВЛ82<sup>м</sup> и пассажирские ЧС4 (рис. 4).

#### § 4. Тяговые характеристики электровозов переменного тока и двойного питания

Энергетические показатели электровозов переменного тока характеризуются величинами к. п. д. и коэффициента мощности. Под коэффициентом мощности понимается отношение активной мощности

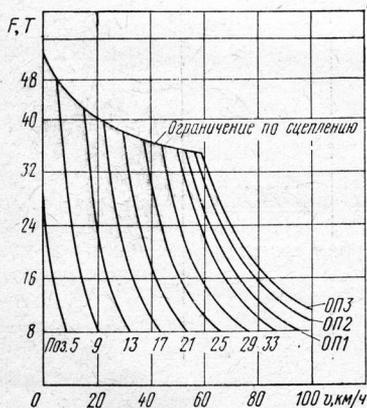


Рис. 5. Тяговые характеристики электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

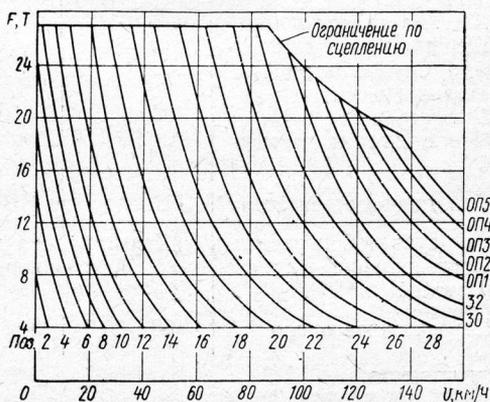


Рис. 6. Тяговые характеристики электровоза ЧС4

Таблица 1

Показатели	Характеристики для электровозов серии			
	ВЛ60К	ВЛ80К ВЛ80Т	$\frac{\text{ВЛ82}^{***}}{\text{ВЛ82}^M}$	ЧС4
Назначение электровоза	Грузовой			Пассажирский
Напряжение контактной сети в в	25 000	25 000	25 000 и 3 000	25 000
Осевая формула	3 <sub>0</sub> —3 <sub>0</sub>	2 (2 <sub>0</sub> —2 <sub>0</sub> )	2 (2 <sub>0</sub> —2 <sub>0</sub> )	3 <sub>0</sub> —3 <sub>0</sub>
Сцепной вес в т	138	184	$\frac{184}{192}$	123
Нагрузка от оси на рельс в Т	23	23	$\frac{23}{24}$	20,5
Часовой режим:				
мощность на валах тяговых двигателей в квт	4 650	6 520	$\frac{5\ 600}{6\ 000}$	5 100
сила тяги в кГ	31 860	45 100	$\frac{39\ 200}{42\ 400}$	17 000
скорость в км/ч	52,0	51,6	51,0	108,0
Длительный режим:				
мощность на валах тяговых двигателей в квт	4 070	6 170	$\frac{5\ 080}{5\ 400}$	4 930
сила тяги в кГ	26 400	40 900	$\frac{34\ 500}{37\ 000}$	16 300
скорость в км/ч	55,6	53,6	$\frac{52,7}{52,6}$	110,0
Скорость конструкционная в км/ч	100	110	110	180
К. п. д. в % (длительный режим)	84	84	86 * и 90 **/88**	87
Коэффициент мощности	0,850	0,866	0,850	0,820
Тип вентиля	ВЛ-200	ВЛ-200	ВЛ-200	VK-200/5
Длина по осям автосцепки в мм	20 800	32 840	32 840	19 980
Ширина кузова в мм	3 160	3 160	3 160	3 200
Высота от головки рельса до опущенного токоприемника в мм	5 100	5 100	5 100	5 240
Диаметр колес в мм	1 250	1 250	1 250	1 250
Число тяговых двигателей	6	8	8	6
Тип тягового двигателя	НБ412К	НБ418К6	$\frac{\text{НБ420Б}}{\text{НБ407Б}}$	AL-4442ПР
» зубчатой передачи	Двусторонняя косозубая жесткая			Односторонняя
Подвешивание тяговых двигателей	Опорно-осевое			Опорно-рамное
Передаточное число	88 : 23	88 : 21	$\frac{88 : 21}{88 : 26}$	74 : 28

\* На переменном токе.

\*\* На постоянном токе.

\*\*\* В данной графе в числителе приведены характеристики для электровоза ВЛ82, а в знаменателе — для ВЛ82<sup>М</sup>.

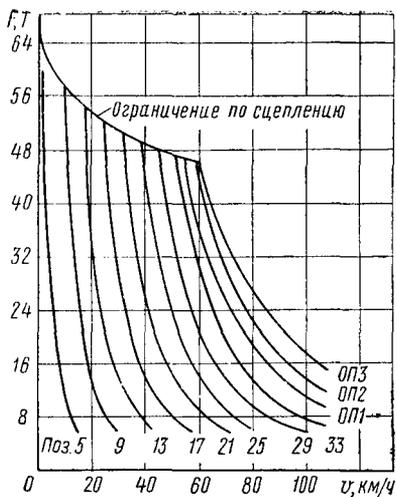


Рис. 7. Тяговые характеристики электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup>

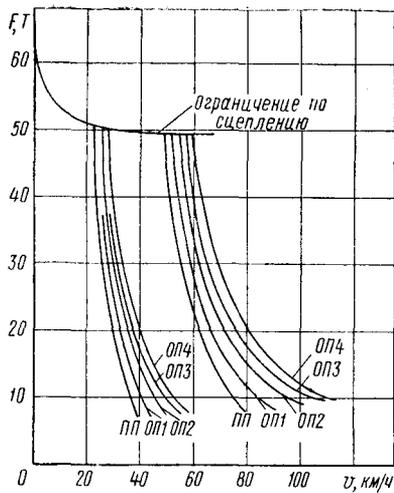


Рис. 8. Тяговые характеристики электровоза ВЛ82<sup>м</sup>

(совершающей полезную работу) к кажущейся (полной мощности). Коэффициент мощности электровозов разных систем колеблется от 0,8 до 1. К. п. д. электровозов переменного тока несколько ниже, чем электровозов постоянного тока; для выпрямительных электровозов он составляет примерно 85%.

Тяговые характеристики электровозов переменного тока, выражающие зависимости силы тяги от скорости, для основных типов электровозов, эксплуатируемых на отечественных железных дорогах, даны на рис. 5, 6, 7, 8. Технические данные основных типов электровозов переменного тока приведены в табл. 1.

По данным табл. 1 можно проследить развитие электрической тяги. Оно отличается значительным ростом удельных мощностей электровозов: для электровозов ВЛ60 (1957 г.) удельная мощность составляет 29 квт/т, а для ВЛ80<sup>к</sup> — 35,4 квт/т, т. е. на 22% больше. Возрос также и показатель использования мощности при максимальной скорости: 33% для электровозов ВЛ22<sup>м</sup>, 70% — для ВЛ10 и 71% — для ВЛ80<sup>к</sup>.

## § 5. Общее описание устройства электровоза

Электровоз состоит из механической части и электрического оборудования.

Механическая часть представляет собой тележку и кузов. Кузов опирается на рамы тележек, а они в свою очередь через систему рессорного подвешивания и буксы — на колесные пары. Тележки электровоза оборудованы рычажно-тормозной передачей и пневматическими приборами, необходимыми для приведения ее в действие, а также устройствами для подвески тяговых двигателей.

Электрооборудование состоит из тяговых двигателей, количество которых на электровозе равно числу осей, вспомогательных машин (компрессоров — для получения сжатого воздуха, вентиляторов — для охлаждения оборудования и т. д.), тяговых трансформаторов, выпрямительных установок и электрической аппаратуры (токоприемники, контакторы, выключатели, пусковые и тормозные реостаты, аппараты защиты и т. д.).

Тяговые двигатели расположены на тележках. Имеется два способа подвешивания тяговых двигателей: опорно-осевое, широко применяемое на грузовых электровозах, и опорно-рамное, используемое на пассажирских электровозах. При опорно-осевом подвешивании тяговый двигатель одной стороной прикреплен к раме тележки, а другой, противоположной, через подшипник опирается на ось колесной пары. Таким образом, примерно половина веса двигателя является подрессоренной, а другая половина (на оси колесной пары) — неподдресоренной. При опорно-рамном подвешивании двигатель прикреплен к раме тележки и его вес полностью подрессорен относительно колесной пары. Такая же система подвешивания применена на электровозах с одномоторными двух- или трехосными тележками.

Остальное электрооборудование размещают в кузове электровоза и на крыше (токоприемники пантографного типа, разрядники, главные выключатели).

Для удобства и безопасности обслуживающего персонала применена косвенная дистанционная система управления электровозом. При таком управлении каждый электрический силовой аппарат состоит из двух элементов. Один элемент аппарата введен в цепи высокого напряжения и осуществляет все переключения в них, а другой включен в цепи управления, питаемые напряжением 50 в. Машинист при помощи аппаратов производит включения и отключения в силовых цепях дистанционно, т. е. на расстоянии.

Силовая аппаратура расположена в высоковольтной камере кузова. Когда токоприемник поднят и электровоз находится под высоким напряжением, войти в высоковольтную камеру нельзя, так как двери заперты электрическими и пневматическими блокировками.

Аппараты управления (контроллер машиниста, кнопочные выключатели и др.) размещены в кабинах машиниста.

На электровозах переменного тока пуск и регулирование скорости осуществляют изменением величины напряжения на зажимах тяговых двигателей путем изменения (регулирования) напряжения на первичной или вторичной обмотке силового трансформатора. В СССР широкое распространение получил способ регулирования на вторичной стороне трансформатора. На электровозах переменного тока также применяют ослабление поля главных полюсов.

Электровоз при движении всегда находится во взаимодействии с верхним строением пути. Хорошие ходовые качества электровоза характеризуются спокойным движением его в кривых и прямых участках пути. Чтобы добиться такого состояния, устанавливают специальные устройства (возвращающие, амортизирующие и др.), обеспечивающие плавность хода электровоза.

Все электровозы при постройке должны отвечать техническим требованиям по условиям прочности, динамики и воздействия на путь. Электровозы новых типов подвергаются всесторонним испытаниям: прочностным для установления механической прочности элементов, путевым и динамическим с целью определения сил взаимодействия электровоза и пути, а также ускорений и колебаний электровоза при его движении, тягово-энергетическим для установления соответствия электровоза заданным техническим условиям.

Рассмотрим кратко основные электровозы переменного тока.

**Электровозы с однофазными коллекторными тяговыми двигателями**

По устройству они являются наиболее простыми в сравнении с электровозами любой другой системы. Тяговый трансформатор  $Tr$  (рис. 9) понижает напряжение контактной сети до величины, на которую рассчитан двигатель: она обычно не превышает 350 в. Регулирование скорости электровоза осуществляется переключением ступеней обмоток трансформатора. В цепь вторичной обмотки трансформатора последовательно включены обмотка возбуждения  $OB$ , обмотка дополнительных полюсов  $ДП$ , компенсационная обмотка  $К$  и якорь двигателя  $ТД$ . С целью компенсации (см. ниже) трансформаторной электродвижущей силы (э. д. с.) параллельно обмотке дополнительных полюсов включают резистор  $R$  (активное сопротивление).

Так как напряжение от трансформатора подается непосредственно на тяговые двигатели, то их принято называть еще двигателями прямого питания (отсутствует стадия выпрямления тока).

Несмотря на техническую простоту электровозов такой системы, создать их оказалось весьма трудно из-за того, что длительное время не удавалось изготовить двигатель промышленной частоты необходимой мощности. По этой причине в ряде стран Европы и Америки возникла и применялась система электрической тяги на переменном токе пониженной частоты. В этом случае необходимо сооружать специальные электростанции пониженной частоты или осуществлять на тяговых подстанциях преобразование тока промышленной частоты в ток пониженной частоты, что уменьшает эффективность системы электрической тяги.

Коллекторный тяговый двигатель однофазного тока с последовательным возбуждением на частоту 50 гц по своему устройству во многом напоминает тяговый двигатель постоянного тока. Однако в коллекторном двигателе магнитный поток возбуждения изменяется

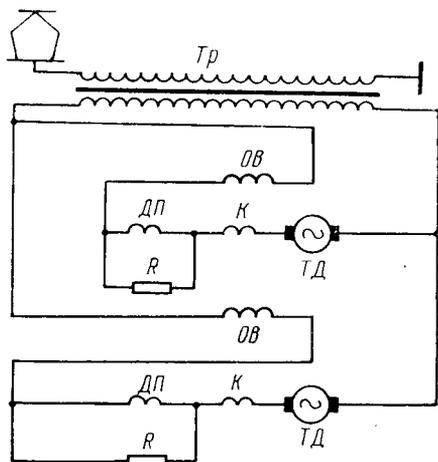


Рис. 9. Принципиальная схема электровоза с однофазными коллекторными двигателями

с частотой 50 гц и индуцирует в период коммутации в секции двигателя, замкнутой накоротко электрощеткой, э. д. с., называемую трансформаторной. Под действием трансформаторной э. д. с. в замкнутой секции двигателя возникает ток, который каждый раз прерывается под сбегающим краем электрощетки. Это является причиной усиленного искрения на коллекторе двигателя.

Чтобы коммутация была удовлетворительной, трансформаторная э. д. с. не должна превышать 3,5 в. Поэтому магнитный поток возбуждения, приходящийся на пару полюсов двигателя, должен быть небольшим. В результате коллекторные двигатели приходится строить с большим количеством пар полюсов (10—12 на двигатель). Кроме того, необходимо еще выполнить ряд требований, чтобы такие двигатели удовлетворяли условиям эксплуатации. Так, для получения наибольшего коэффициента мощности необходим минимальный (2—3 мм) зазор между якорем и полюсами; изготовлять остов двигателя следует из листовой электротехнической стали для уменьшения потерь; с целью уменьшения тока в короткозамкнутой секции и трансформаторной э. д. с. необходимо применять разрезные электрощетки.

Эксплуатация и ремонт коллекторных двигателей сложны. Электровозы с коллекторными однофазными двигателями типа ВВ 13000 были построены во Франции. На них установлены тяговые двигатели мощностью 500 квт напряжением 250 в на ток 3000 а. К. п. д. электровоза 0,81, а коэффициент мощности 0,8. В Советском Союзе электровозы с однофазными коллекторными тяговыми двигателями не строят.

**Электровозы с вращающимися преобразователями.** Серьезные затруднения, связанные с созданием электровозов с коллекторными тяговыми двигателями однофазного тока промышленной частоты, обусловили использование в электрической тяге переменного тока тягового двигателя постоянного тока.

Были построены электровозы с вращающимися преобразователями (рис. 10, а), на которых от контактного провода высокого напряжения ток подходит к понижающему тяговому трансформатору  $T_p$ , а затем в статорную обмотку  $CO$  двигателя переменного

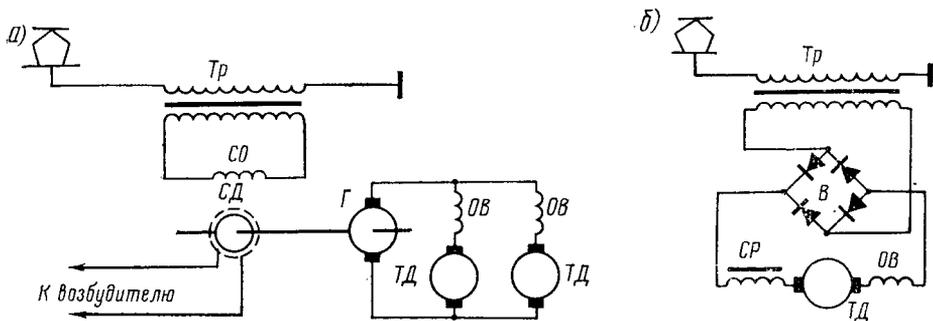


Рис. 10. Принципиальная схема электровоза с вращающимися (а) и статическими (б) преобразователями

тока *СД*. К обмотке ротора напряжение подводится через кольца от специального возбудителя (на рисунке не показан). На одном валу с двигателем *СД* находится генератор постоянного тока *Г*, от которого получают питание тяговые двигатели *ТД*, включенные параллельно. Скорость вращения тяговых двигателей регулируют, изменяя напряжение на зажимах генератора, что в свою очередь осуществляется изменением тока в его обмотках возбуждения.

В преобразовательном агрегате переменного тока чаще всего используют синхронный однофазный двигатель. Следовательно, на электровозах с вращающимися преобразователями для питания тяговых двигателей постоянного тока необходимо применять агрегат, состоящий из двигателя и генератора, каждый из которых рассчитан на полную мощность тяговых двигателей электровоза.

Электровоз такой системы имеет очень большой вес и сравнительно малую мощность: удельная мощность его составляет не более 14 квт на 1 т сцепного веса. К. п. д. электровоза равен 75%. Такие электровозы малоэффективны и в СССР их не применяют.

**Электровозы со статическими преобразователями.** В качестве выпрямителей на электровозах со статическими преобразователями применяли игнитроны; в последние годы применяют только силовые кремниевые полупроводниковые вентили.

От токоприемника (рис. 10, б) ток подводится к понижающему силовому трансформатору *Тр*. Регулируют напряжение на обмотках трансформатора — на высшей или низшей (вторичной) стороне. От трансформатора ток идет к тяговому двигателю постоянного тока через выпрямители *В*. При выпрямлении возникают большие пульсации выпрямленного тока. Для их сглаживания последовательно в цепь тяговых двигателей *ТД* включают дополнительную индуктивность в виде сглаживающих реакторов *СР*.

Удельная мощность электровозов со статическими преобразователями составляет 35—36 квт на 1 т сцепного веса, что почти в 3 раза больше, чем у электровозов с вращающимися преобразователями.

Для электрифицируемых на переменном токе железных дорог СССР выпускают электровозы со статическими преобразователями. Описанию электровозов со статическими преобразователями посвящена эта книга.

## § 6. Опытные электровозы

Технический прогресс отечественного электровозостроения определяется главным образом внедрением управляемых кремниевых полупроводниковых вентилей—тиристоров. Применение тиристоров на электровозах переменного тока позволяет осуществить ряд принципиально новых технических устройств. С такими устройствами в СССР построены следующие опытные образцы электровозов.

**Электровозы с межступенчатым плавным регулированием напряжения и бес-токовой коммутацией.** Принципиальные схемы таких устройств на электровозах рассмотрены в § 28. Партия электровозов с межступенчатым плавным регулированием напряжения находится в опытной эксплуатации на отечественных дорогах.

**Электровозы с рекуперативным торможением.** Электровозы ВЛ80<sup>Р</sup> также находятся в опытной эксплуатации. Они оборудованы бесконтактной системой плавного

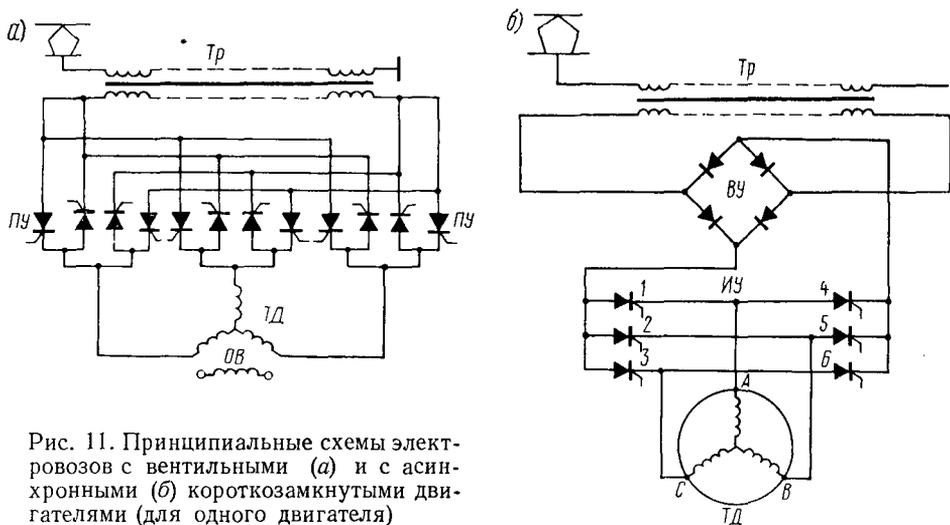


Рис. 11. Принципиальные схемы электровозов с вентильными (а) и с асинхронными (б) короткозамкнутыми двигателями (для одного двигателя)

регулирования напряжения. Принцип работы выпрямительных установок в инверторном (рекуперативном) режиме изложен в § 31.

**Электровозы с бесколлекторными тяговыми двигателями.** Известно, что тяговые двигатели постоянного и пульсирующего тока, применяемые на всех электровозах, находящихся в эксплуатации, требуют систематического и тщательного ухода, выполняемого квалифицированным персоналом. Надежность работы тяговых двигателей определяется в первую очередь работоспособностью щеточно-коллекторного узла и устойчивой коммутацией. Длительный опыт эксплуатации коллекторных тяговых двигателей свидетельствует о том, что для содержания в удовлетворительном состоянии электрощеток, коллектора, межкатушечных соединений, выводов и других элементов двигателя требуется выполнять сложные работы, что связано со значительными затратами.

В течение продолжительного времени заводы и научно-исследовательские организации ведут работы по созданию электровозов с бесколлекторными тяговыми двигателями, конструкция которых проще, вес меньше, а надежность в эксплуатации выше, чем у коллекторных тяговых двигателей.

Создание электровозов с бесколлекторными тяговыми двигателями оказалось возможным благодаря развитию техники силовых кремниевых полупроводниковых приборов и в частности тиристоров. В СССР впервые в мировой практике построены в двух исполнениях опытные образцы электровозов переменного тока с бесколлекторными тяговыми двигателями (мощностью 1000 квт и выше): с вентильными и с асинхронными короткозамкнутыми.

**Электровоз с вентильными тяговыми двигателями.** В вентильном двигателе магнитный поток создается вращающимися полюсами — ротором, а неподвижная обмотка якоря — статора, расположенная на остова двигателя, присоединяется к источнику питания. Направление тока в обмотке статора должно строго соответствовать направлению магнитного потока вращающегося ротора. При этом в результате взаимодействия тока в обмотке статора и магнитного потока полюсов ротора создается вращающий момент, под влиянием которого ротор двигателя приходит во вращение.

В таком двигателе переключение тока в обмотке статора выполняют полупроводниковые вентили. По этому признаку двигатель получил название вентильного. Вентильные тяговые двигатели сравнивают с синхронными машинами, у которых на статоре расположена обмотка, а на роторе — катушки полюсов и, кроме того, соблюдается зависимость между частотой питающего тока и числом оборотов ротора. Подобная зависимость между направлением тока в обмотке статора и направлением магнитного потока ротора должна соблюдаться у вентильного двигателя.

В вентильном двигателе питание обмотки ротора постоянным током осуществляется через два кольца, расположенных на валу ротора, и электрощетки. Статорная обмотка выполнена в виде многофазной звезды и присоединена к преобразовательной установке.

Преобразовательная установка ПУ (рис. 11, а) производит выпрямление тока на входе в статорную обмотку двигателя по мостовой двухполупериодной схеме, а также все переключения в статорной обмотке в соответствии с положением ротора. Коммутация тока в преобразовательной установке в инверторном режиме осуществляется без каких-либо дополнительных устройств и носит название естественной.

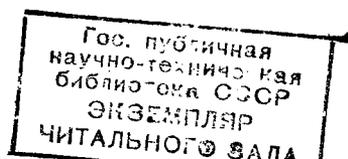
Регулирование скорости вентильных двигателей при пуске и во время движения электровоза осуществляется изменением напряжения на вторичной обмотке трансформатора  $T_r$  и ослаблением поля возбуждения (обмотка  $OB$ ). Количество преобразовательных установок на электровозе равно количеству тяговых двигателей.

Электровоз с трехфазными асинхронными короткозамкнутыми двигателями. Принцип действия асинхронного двигателя рассматривается в главе IX.

В электрической тяге наиболее целесообразно регулировать скорость вращения асинхронного короткозамкнутого двигателя путем изменения частоты тока — с увеличением частоты увеличивается скорость. Одновременно с изменением частоты требуется регулировать напряжение.

На электровозе с асинхронными двигателями (рис. 11, б) преобразовательная установка имеет явно выраженное звено постоянного тока. Однофазный ток контактной сети 50 гц, напряжение которого регулируется на вторичной стороне трансформатора  $T_r$  выпрямительной установкой ВУ, собранной по мостовой двухполупериодной схеме, преобразуется в постоянный. Затем этот ток инверторной установкой ИУ преобразуется в переменный трехфазный ток, частоту которого можно изменять от 1—2 гц до наибольшего значения (125 гц). Коммутация тока в инверторе, т. е. перевод тока с одного тиристора на другой осуществляется принудительно при помощи конденсаторов (искусственная емкостная коммутация).

Для получения вращающего магнитного поля необходимо открывать тиристоры 1—6 через  $60^\circ$  таким образом, чтобы обеспечивался переход тока с одной фазы статора двигателя на другую по синусоиде. Под воздействием вращающего поля приходит во вращение ротор двигателя.



### МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

#### § 7. Общие сведения

Механическая часть современных электровозов переменного тока состоит из тележек и кузова. Четырехосные электровозы имеют две двухосные тележки и кузов; шестиосные — две трехосные тележки и кузов, а восьмиосные — четыре двухосные тележки и два сочлененных кузова.

На механическую часть электровоза действует нагрузка, создаваемая весом механического, электрического и пневматического оборудования. Кроме того, механическая часть передает тяговые усилия от электровоза к поезду и воспринимает динамические нагрузки, возникающие при движении электровоза по кривым и прямым участкам пути. Механическая часть должна быть достаточно прочной и надежной, а также должна отвечать требованиям безопасности и правилам технической эксплуатации железных дорог. Для обеспечения нормальной и безаварийной работы необходимо, чтобы все механическое оборудование находилось в полной исправности и отвечало нормам, установленным правилами ремонта.

Электровоз должен вписываться в габарит подвижного состава 1Т ГОСТ 9238—59. Под вписыванием электровоза в габарит понимаем соответствие его поперечного сечения при любом положении предельному поперечному очертанию габарита подвижного состава.

Электровозы переменного тока имеют кузова вагонного типа. Основной элемент кузова — рама. Она воспринимает вертикальные нагрузки, а также все сжимающие и растягивающие усилия, возникающие при движении электровоза с поездом. Кузов имеет полубтекаемую форму. Он разделен на несколько помещений; по концам размещают кабины машиниста, в центре — высоковольтную камеру и машинное помещение. Вдоль кузова идут коридоры, соединяющие обе кабины машиниста. Из коридоров можно наблюдать за состоянием и работой оборудования во время движения электровоза. В кузове имеются песочные ящики, жалюзи для забора воздуха, воздухопроводы, двери и окна.

Тележка электровоза состоит из рамы, колесных пар, буксовых узлов, рессорного подвешивания, рычажно-тормозной передачи, подвесок тяговых двигателей и тяговых передач.

Кузов на тележки опирается при помощи центральных и боковых или только боковых опор. Если в качестве боковых применены гибкие опоры в виде цилиндрических пружин, то такой электровоз имеет

двухступенчатое рессорное подвешивание: одна ступень — между буксовым узлом и рамой тележки, другая — между рамами тележки и кузова. В той ступени подвешивания, где применяются только цилиндрические пружины, устанавливаются амортизаторы для поглощения энергии ударов, вызывающих колебания цилиндрических пружин.

Тележка электровоза ВЛ60<sup>к</sup> трехосная (рис. 12). Ее рессорная система состоит из листовых 2 и цилиндрических 1 рессор, а также балансиров 5, обеспечивающих равномерное распределение веса между отдельными осями тележек. На электровозе ВЛ60<sup>к</sup> применено так называемое нижнее расположение листовых рессор: рессоры расположены под буксами. Общий статический (в состоянии покоя электровоза) прогиб комплекта рессор составляет 85,2 мм. Кронштейн 3 служит основанием для боковых опор кузова: половина веса кузова передается через них, а половина — через маятниковые опоры. Подвеска тяговых двигателей опорно-осевая. Для передачи вращающего момента от вала якоря к оси колесной пары применена двусторонняя зубчатая передача, которая находится в специальном кожухе 11. Устройства подвески 7 тягового двигателя 6 расположены на двух шкворневых балках тележки и одной концевой балке, на которой предусмотрен кронштейн 10.

Применена рычажно-тормозная система 4 с двусторонним нажатием тормозных колодок. Буксовый узел выполнен бесчелюстным и состоит из цилиндрических двухрядных подшипников качения, резино-металлических поводков 8 и приливов для листовых рессор 9

Тележки восьмиосных электровозов ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>г</sup>, ВЛ82 (рис. 13) двухосные. Рама 1 такой тележки замкнутого типа с одним шкворневым (поперечным) брусом, расположенным посередине. Колесные пары 3 имеют двустороннюю зубчатую передачу 2, защищаемую специальным кожухом. Буксовый узел 4 бесчелюстного типа с резино-металлическими поводками и роликовыми подшипниками.

Рессорная система состоит из листовых рессор 5 и цилиндрических пружин. Первая ступень рессорного подвешивания — это устройство, с помощью которого рама тележки упруго опирается на буксовую коробку и через нее на шейку оси колесной пары. Вторая ступень рессорного подвешивания представляет собой цилиндрические пружины, которыми рама кузова упруго опирается на накладку 8 рамы тележки. Общий статический прогиб комплекта рессор составляет 94,4 мм.

На некоторых электровозах, например ВЛ82<sup>м</sup>, кузов опирается на тележку при помощи люльчатого подвешивания. У таких электровозов общий статический прогиб больше: 117,6 мм.

В рычажно-тормозной передаче 6 (см. рис. 13) предусмотрено двустороннее нажатие тормозных колодок.

Тяговые двигатели 9 имеют опорно-осевое подвешивание и расположены внутри тележки таким образом, что во вторых точках подвешивания они опираются на кронштейны шкворневого бруса. Такое расположение обеспечивает наиболее спокойный ход тележек.

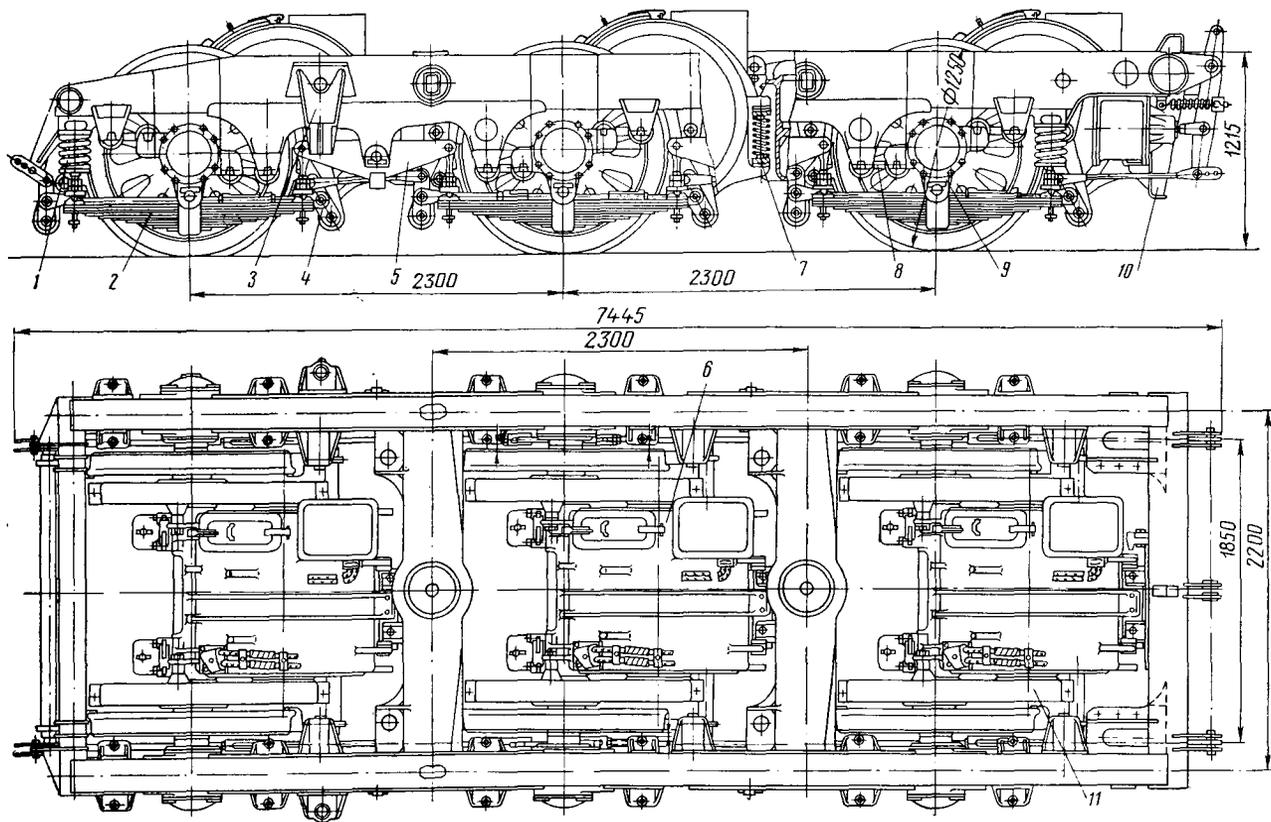


Рис. 12. Тележка электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

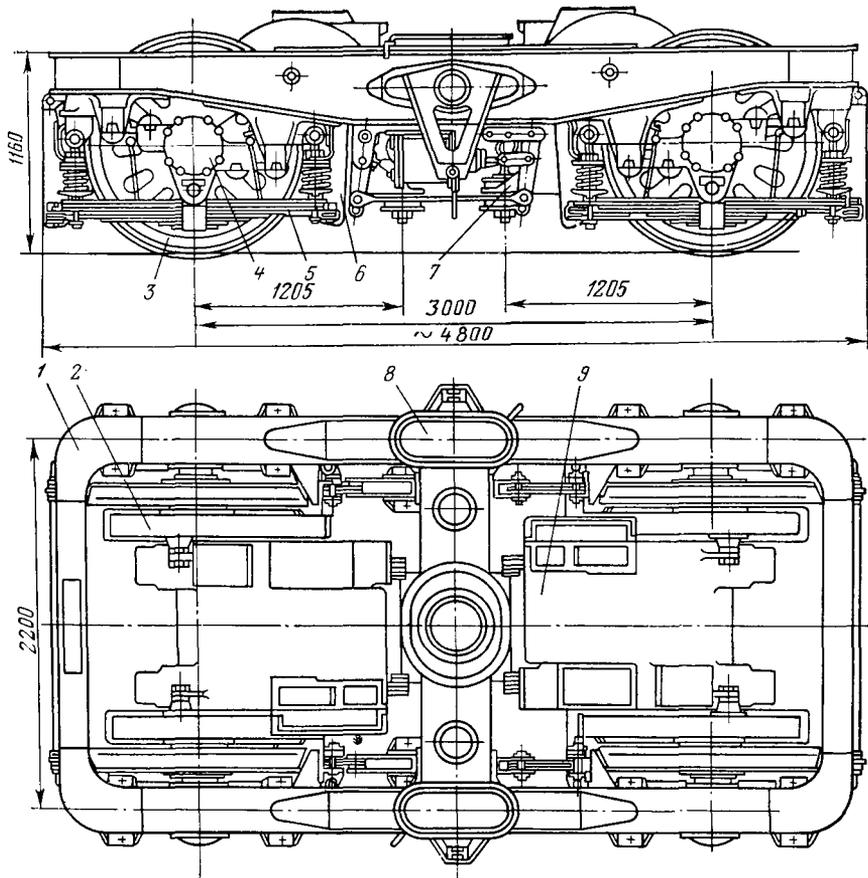


Рис. 13. Тележка электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

Остов тягового двигателя подвешивают на шкворневом брусе при помощи люечного устройства 7.

Для создания поперечной (в горизонтальной плоскости) упругой связи кузова с тележкой применены цилиндрические пружины, расположенные в шкворневом брусе. При такой связи ограничено поперечное (перпендикулярно оси пути в горизонтальной плоскости) смещение кузова электровоза относительно тележек; оно не должно превышать 30 мм.

Тележка пассажирского электровоза ЧС4 трехосная (рис. 14). Рама тележки 10 замкнутого типа, сварена из стальных штампованных профилей. Продольные и поперечные балки имеют коробчатое сечение. Поперечный брус 12 является шкворневым. К нему приварена коробка шкворня с возвращающим устройством. Центральный шкворень передает тяговые усилия от тележки на раму кузова, а также воспринимает все горизонтальные усилия.

Первая ступень рессорного подвешивания состоит из цилиндрических пружин 2, установленных между рамой тележки и буксовым

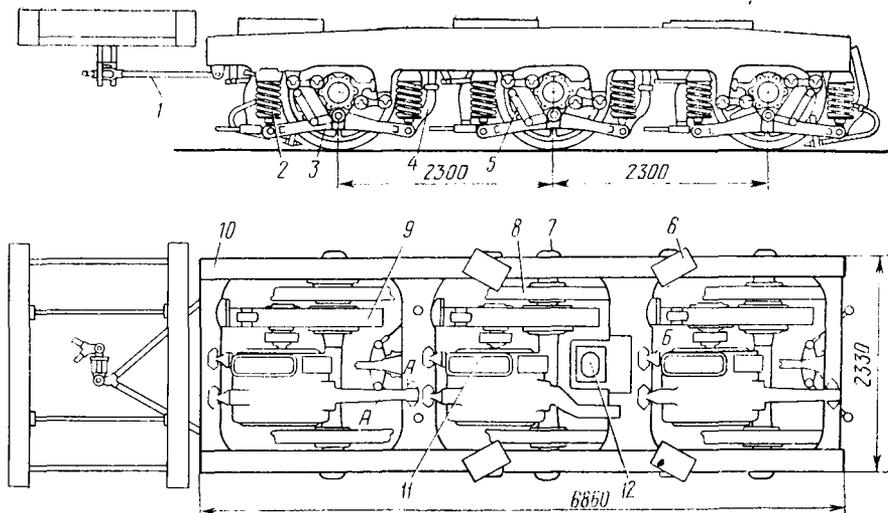


Рис. 14. Тележка электровоза ЧС4

узлом 7 с помощью балансира 3. В этой ступени имеется амортизатор 5. Вторая ступень представляет собой также цилиндрические пружины, которые установлены между рамами тележки и кузова. Для установки их на продольных балках рамы тележки предусмотрены накладки 6 и ванны. Общий статический прогиб комплекта рессорного подвешивания составляет 144 мм. К поперечным балкам приварены консоли для крепления тормозных цилиндров и подвесок 4 рычажно-тормозной системы. Тяговые двигатели 11 имеют опорно-рамное подвешивание. Двигатели расположены внутри тележки и подвешены к поперечным балкам рамы в точках А и Б.

Буксовый узел бесчелюстного типа с резино-металлическими поводками и роликовыми подшипниками. Колесные пары 8 имеют одностороннюю зубчатую передачу 9. Упругую связь между двумя трехосными тележками электровоза создает возвращающее устройство 1. Оно способствует более спокойному ходу электровоза на прямых участках пути и лучшему вписыванию в кривые. Кроме того, для обеспечения свободного прохождения кривой в средней колесной паре трехосной тележки подрезан гребень бандажа на 10 мм.

## § 8. Рамы тележек

На рамах тележек размещено и укреплено все необходимое оборудование ходовой части электровоза. Рамы воспринимают вес кузова электровоза и оборудования, расположенного в нем, вес тяговых двигателей, системы рессорного и тормозного оборудования, а также передают эти веса (нагрузки) на оси колесных пар.

Кроме того, через раму тележки передаются тяговые усилия на раму кузова. На раму тележки действуют также усилия, возника-

ющие при торможении, ударах, и боковые усилия, появляющиеся, когда электровоз вписывается в кривые. Например, при прохождении кривых рельсового пути трехосной тележкой боковые усилия возникают вследствие того, что передняя колесная пара набегает на наружный рельс, а средняя испытывает отжатие от внутреннего рельса.

Нагрузка от кузова действует на раму тележки через систему опор в виде сосредоточенных сил, которые в свою очередь распределяются через нее равномерно по колесным парам. Нагрузки от веса кузова и оборудования, действующие на раму тележки, относят к статическим силам.

Они имеют вертикальное направление, а тяговые и тормозные усилия, воспринимаемые и передаваемые рамой тележки, действуют в горизонтальном направлении.

На раму тележки воздействуют также и динамические силы, возникающие при движении электровоза вследствие колебаний подвесочных элементов оборудования, действия центробежных сил и сил инерции в режимах трогания и торможения, а также в случае прохождения неровностей пути.

Совместное действие статических и динамических сил в различных сочетаниях определяет сложные условия, в которых приходится работать рамам тележек. Прочность рам должна обеспечивать безопасность движения.

Обычно рамы тележек электровозов имеют внешнее расположение букс. Колесные пары размещают внутри рам.

Рамы тележек электровоза состоят из продольных балок (боковин) и поперечных креплений. Наибольшие усилия приложены к средней части продольных балок. Поэтому боковина имеет большее сечение в середине и меньшее по краям. Переход от одного сечения к другому должен быть плавным, чтобы не возникло резкой концентрации напряжений в металле рамы. Под концентрацией напряжений понимаем местное увеличение напряжений в материале, вызванное резкими переходами сечений или резкими очертаниями детали. В местах надреза (возникшего при сварке или обработке), отверстий, резьбы могут развиваться усталостные трещины и, как следствие этого, происходить поломки деталей.

К продольным балкам присоединяют кронштейны резино-металлических поводков при бесчелюстной системе буксового узла, детали рессорной и тормозной систем, а также боковые опоры кузова. На поперечных креплениях, соединяющих продольные боковины, расположены узлы подвески тягового двигателя, подпятники центральных опор. Продольные боковины и поперечные крепления рам тележек могут быть штампованными или из гнутых профилей; их также можно изготовить из стального литья и металлических труб. Все соединения на рамах тележек выполняют электросваркой.

Рама тележки электровоза ВЛ60<sup>к</sup> (рис. 15) состоит из двух продольных балок (боковин) и четырех поперечных креплений. Боковины 7 имеют коробчатое сечение; их изготавливают из листовой стали марки Ст.3 электросваркой. Толщина стенок 10 мм.

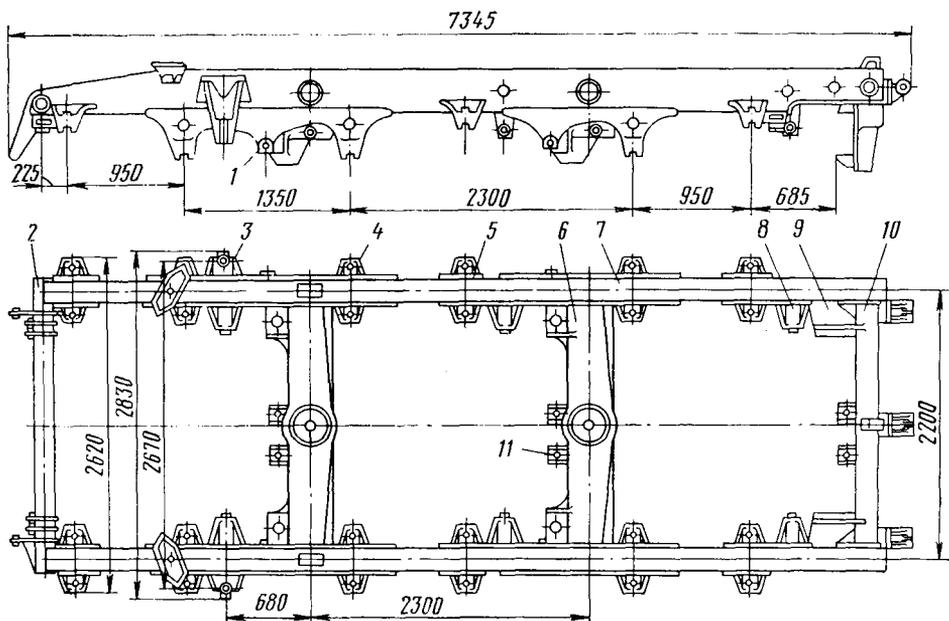


Рис. 15. Рама тележки электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

В местах буксовых узлов боковины усилены литыми кронштейнами в виде желобов 1. К наружной плоскости каждой боковины приварено по одному литому кронштейну 3 для установки боковой опоры кузова. Кронштейны большой 4 и малый 5 образуют буксовые проемы рамы тележки бесчелюстного типа. Тормозные кронштейны 8 и 9 приварены к внутренней плоскости боковины.

Концевые поперечные крепления 2 и 10 выполнены из стальных труб с толщиной стенок 10 мм. К ним приварены тормозные кронштейны и кронштейны подвески тягового двигателя. На электровозах последних выпусков концевые брусья выполнены литыми.

На двух поперечных креплениях 6, расположенных в средней части рам (так называемые шкворневые брусья), устанавливают центральные опоры кузова. Для этого в средней части бруса предусмотрено цилиндрическое отверстие, к дну которого прикрепляют болтами стальной конус центральной опоры. Сбоку в этих брусьях, а также в одном концевом брусе имеются кронштейны 11 для подвески тяговых двигателей, а в нижней части брусьев предусмотрены специальные ушки для подвески деталей тормозной рычажной передачи. Шкворневые брусья коробчатого сечения с ребрами жесткости отливают из стали. Толщина их стенок 20 мм.

Все поперечные крепления соединяют с боковинами рамы электросваркой, используя специальные электроды. Качество сварных швов проверяют ультразвуковым дефектоскопом. При сварке рамы в металле возникают внутренние напряжения, которые в эксплуатации могут привести к появлению трещин. Для снятия этих на-

пряжений раму тележки подвергают термообработке, т. е. нагревают в специальной печи и затем медленно охлаждают.

Для достижения необходимой точности при сборке тележек плоскости кронштейнов резино-металлических поводков буксового узла, плоскости под установку опор кузова, кронштейны под тормозные подвески, отверстия в раме тележки обрабатывают на специальных станках.

Рамы тележек у всех восьмиосных грузовых электровозов одинаковы. Такая рама (рис. 16) состоит из двух продольных боковин, двух концевых брусьев и одного шкворневого.

Боковины 1 выполнены из листовой стали (толщина стенок 10 мм) и имеют переменное коробчатое сечение. В середине, где возникают наибольшие напряжения при работе тележки, сечение боковины максимальное — высота его равна 410 мм. На концах боковины высота сечения значительно меньше — 198 мм.

Продольные боковины соединены тремя поперечными брусьями 2 и 8. Концевые брусья 2 коробчатого сечения выполняют из листовой стали (толщина стенок 10 мм) с помощью электросварки. К ним присоединяют подвески 11 рычажно-тормозной передачи.

Среднее поперечное крепление 8 — шкворневой брус — состоит из двух частей, отлитых из стали. К основной отливке бруса снизу

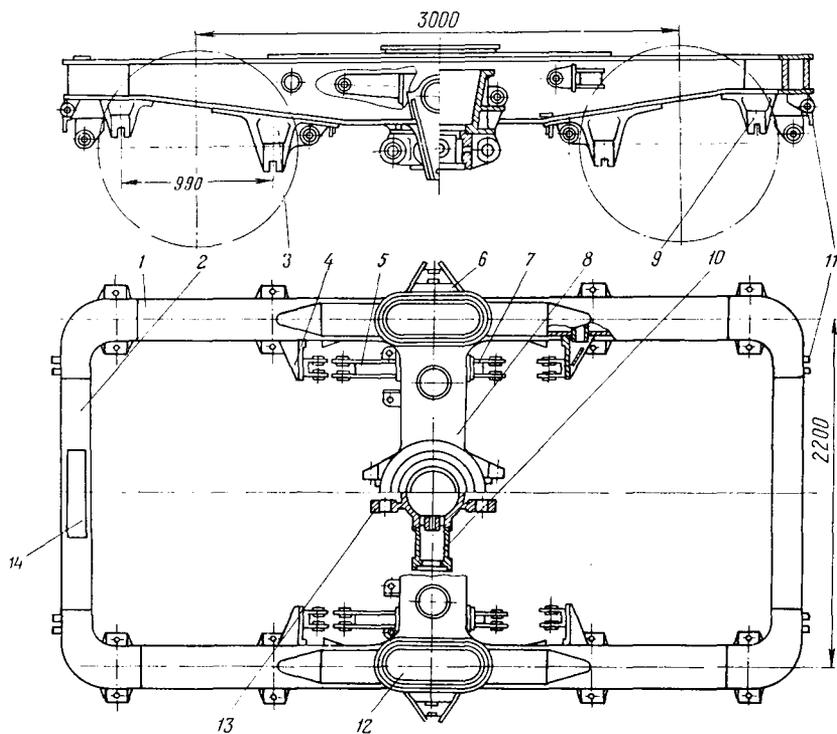


Рис. 16. Рама тележки электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

приваривают так называемую коробку шаровой связи 10. Шкворневой брус коробчатого сечения имеет для усиления ребра жесткости. В средней части бруса находится овальное коническое углубление, через которое проходит шкворень.

Центральный шкворень передает тяговые усилия от тележки электровоза на раму кузова, а также воспринимает все другие горизонтальные силы, возникающие между рамой кузова и тележкой. Сбоку к шкворневому брусу приваривают кронштейны 5 и 7, а к продольной боковине — кронштейны 4 с проушинами для подвески рычагов ручного тормоза. На шкворневом брусе есть площадка для размещения тормозных цилиндров.

В коробке шаровой связи предусмотрены проушины 13 для подвески тяговых двигателей. На боковой стенке коробки имеется отверстие с резьбой для присоединения маслопровода. В коробке шаровой связи размещают пружины возвращающего устройства. По концам шкворневого бруса расположены цилиндрические цапфы диаметром 220 мм, которые входят в отверстия боковин рам. После окончательной сборки брус приваривают к боковинам. К концевому брусу 2 приварена накладка 14 под ролик противоразгрузочного устройства (см. стр. 60).

В средней части боковин с наружной стороны предусмотрены кронштейны 6 под гидравлические амортизаторы. Эти кронштейны также приваривают. Там же к верхнему листу боковины приварены накладки 12 под скользящую плиту боковой опоры, а к нижнему листу боковины — литые кронштейны большой 3 и малый 9, образующие буксовый проем. Расстояние между центрами кронштейнов равно 990 мм. В кронштейнах предусмотрены пазы для установки буксовых поводков.

После сварки раму тележки подвергают термообработке, а затем механической обработке, как и раму тележки электровоза ВЛ60<sup>к</sup>.

## § 9. Колесные пары

Колесные пары электровоза воспринимают вертикальные нагрузки от кузова, оборудования, расположенного в нем, тележек, тяговых двигателей и передают эти нагрузки на рельсы. При движении колесные пары воспринимают также все жесткие удары от неровностей пути как в вертикальном, так и горизонтальном направлении и сами воздействуют на путь.

В движение колесные пары приводятся тяговым двигателем, вращающий момент которого передается им через зубчатую передачу.

Колесная пара электровоза состоит из оси, двух колесных центров с бандажами и зубчатых колес (одно или два в зависимости от принятой системы зубчатой передачи). Шейки осей находятся с внешней стороны от колес, поскольку рамы тележек электровозов изготовляют только с внешним расположением букс.

Колесные пары (рис. 17) для электровозов ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>г</sup>, ВЛ82 и ВЛ82<sup>м</sup> одинаковы по конструкции. Они состоят из двух боль-

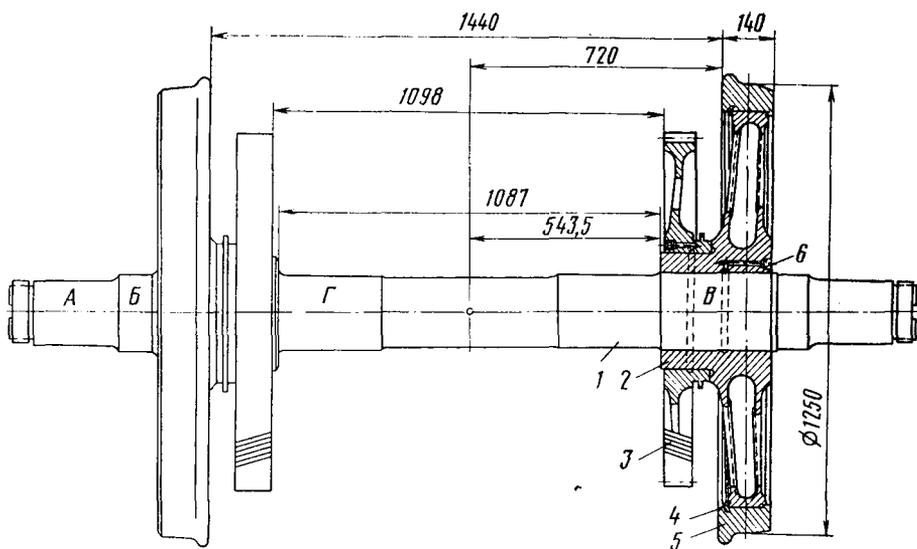


Рис. 17. Колесная пара электровозов

ших зубчатых колес 3 с косыми зубьями (одно левого, другое правого вращения), запрессованных на удлиненную подступичную часть центра 2, и бандажей 5. При этом создаются меньшие концентрации напряжения в оси 1, чем при посадке зубчатого колеса непосредственно на ось. Кольцо 4 применено для дополнительного крепления бандажа на центре.

Чтобы уменьшить усилие распрессовки колесного центра с оси, подают масло к их посадочным поверхностям. Для этого на внутренней образующей ступицы центра делается канавка, а в теле ступицы отверстие б для подачи масла под давлением. Такие же канавка и отверстие имеются в ступице большого зубчатого колеса.

Вертикальная нагрузка от веса электровоза создает усилия изгиба, действующие на ось, а вращающий момент тягового двигателя — усилия кручения. Последние возникают и при вписывании электровоза в кривые в моменты, когда колесо на одном конце оси проскальзывает относительно колеса на другом конце той же оси. При вращении колесной пары ось испытывает знакопеременную нагрузку от усилий изгиба. Это может вызвать явления усталости металла, приводящие к разрушению оси. Так, в металле микротрещины могут развиваться при каждой перемене знака нагрузки. Прочность материала оси должна быть такая, чтобы ось, не разрушаясь, выдерживала неограниченное число перемен направления нагрузки.

На концевые части оси А — шейки — насаживают буксовые подшипники, а на подступичную часть В напрессовывают колесные центры. Между шейкой и подступичной частью находится предподступичная часть Б. По краям оси имеется резьба для гайки, закрепляющей внутреннее кольцо роликовых подшипников. На торцах оси

просверливают по два отверстия для крепления планки, предохраняющей гайку от отвинчивания. На осях есть еще шейки  $\Gamma$  под моторно-осевые подшипники. Диаметры указанных частей оси различны.

Подступичную часть оси выполняют наибольшего диаметра, чтобы уменьшить концентрацию напряжений, возникающих при запрессовке центра колеса на ось. С целью снижения концентрации напряжений от усилий изгиба и кручения переход от одного диаметра к другому осуществлен плавно, радиус перехода обычно принимают равным 20 мм.

Поверхность оси обрабатывают с высокой точностью. Все части оси, кроме средней, шлифуют. Шейки и подступичные части, кроме того, еще накатывают роликами с усилием 4 Т при предварительной накатке и 2,5 Т при окончательной. При накатке устраняют риски и царапины, около которых в металле обычно возникают концентрации напряжений: они могут вызвать появление трещин и в конечном итоге излом оси.

Материал для осей электровозов должен иметь большую вязкость и прочность. Оси изготовляют из специальной углеродистой стали с высокими механическими свойствами: предел прочности при растяжении 55—61 кГ/мм<sup>2</sup>, относительное удлинение 21—23%, ударная вязкость 5—7 кГ/см<sup>2</sup>.

Колесные центры изготовляют из стального литья повышенного качества с пределом прочности на растяжение не менее 45 кГ/мм<sup>2</sup> и относительным удлинением 19%. После отливки их тщательно отжигают в печах, чтобы снять внутренние напряжения в металле. Жесткость колесных центров по краям ступицы относительно невелика, и вследствие этого после посадки их на ось в местах контакта двух поверхностей не возникает большой концентрации напряжений.

Колесные центры выполняют или с удлиненной ступицей под центр большого зубчатого колеса, или с нормальной ступицей. Поверхности обода центра, ступицы по внутреннему диаметру и по наружному на удлиненной части обрабатывают на станках. Все части колесного центра имеют плавные переходы и очертания.

Электровозы переменного тока имеют колесные центры дискового типа. На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и всех восьмиосных применяют колесные центры двухдисковые (рис. 18). Такой центр имеет удлиненную ступицу 2, два ряда дисков 3, обод 1 и перегородки 4, соединяющие диски и придающие им необходимую жесткость. В дисках сделаны овальные отверстия для облегчения колесного центра. На удлиненную ступицу колесного центра насаживают большое зубчатое колесо, а на обод — бандаж.

Бандажи колесных пар изготовляют из высококачественной стали, временное сопротивление которой по ГОСТ 398—71 должно составлять не менее 95 кГ/мм<sup>2</sup> и относительное удлинение 10%. Поверхности бандажа придают необходимую форму путем механической обработки.

Внешняя поверхность катания бандажа коническая (рис. 19). Это обеспечивает сохранение постоянного зазора между гребнем

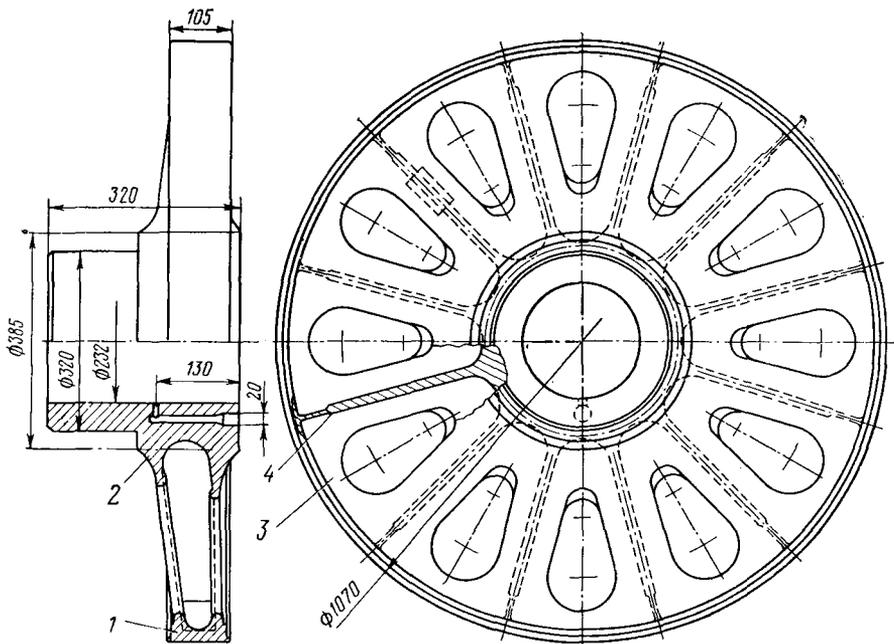


Рис. 18. Колесный центр электровозов

бандажа и головкой рельса, необходимого для свободного движения электровоза. В кривых участках пути благодаря конусности бандажей колесо, движущееся по внешней нити пути, катится по кругу большего диаметра и проходит большее расстояние, чем колесо, движущееся по внутренней нити пути, которое катится по кругу меньшего диаметра.

Если по каким-либо причинам ось колесной пары смещается относительно оси пути, начинается движение по кругам катания разного диаметра. В этом случае появляются силы, сообщающие поперечное перемещение колесной паре и возвращающие ее в первоначальное положение.

Гребень бандажа, расположенный внутри рельсового пути, предохраняет колесную пару от схода с рельсов. Кроме того, при таком расположении гребня направление ударов его о рельсы совпадает, как будет видно ниже, с направлением насадки колес и бандажей.

При прохождении кривых у электровоза с трехосными тележками правое по ходу колесо 1-й оси набегает на наружную нить рельса, а левое по ходу колесо 3-й оси — на внутреннюю нить. Для того

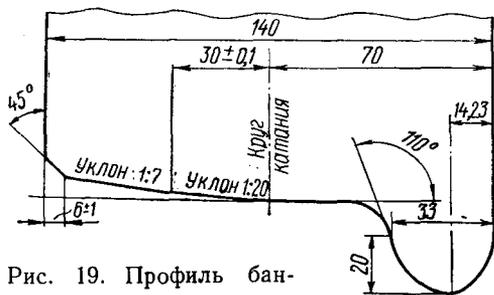


Рис. 19. Профиль бандажа

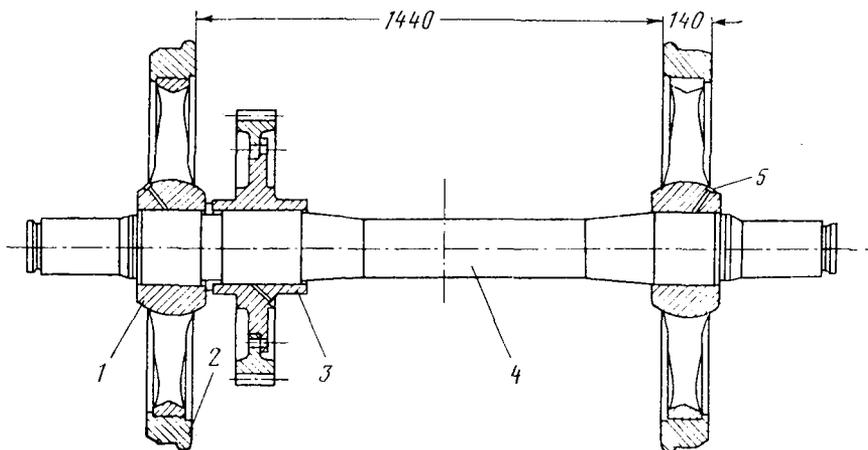


Рис. 20. Колесная пара электровоза ЧС4

чтобы средняя ось не набегала на одну из нитей рельса и не создавала дополнительных усилий, действующих на рельсовый путь и раму тележки, гребень бандажа подрезают, что обеспечивает для средней оси свободное прохождение кривой. Этого можно достичь также, выполнив среднюю ось электровоза с поперечным разбегом в буксовых подшипниках до  $\pm 15$  мм. Такая конструкция применена на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>.

Колесная пара (рис. 20) электровоза ЧС4 отличается от описанных тем, что на ее оси 4 запрессовано одно зубчатое колесо 3. В колесном центре 1 и в центре колеса 3 имеются каналы 5, по которым подается масло для распрессовки центров.

Сборку колесных пар производят после того, как закончена подготовка их отдельных элементов: оси, колесного центра, бандажа большого зубчатого колеса.

Вначале бандаж 2 колесной пары насаживают на обод колесного центра. Но так как внутренний диаметр бандажа на 1,1—1,5 мм меньше диаметра обода колесного центра (эту разницу в диаметрах называют натягом), чтобы насадить бандаж, его предварительно равномерно нагревают по всей окружности до температуры 320° С. У насаженного бандажа упорный бурт должен упираться в обод колесного центра. Сразу же после насадки, когда температура бандажа еще превышает 200° С, в желоб его заводят бандажное кольцо 4 (см. рис. 17). Для укрепления кольца в желобе на специальном станке или пневматическим молотком производят обжимку буртика. Плотность посадки кольца в желобе проверяют остукиванием молотком.

При работе электровоза, особенно в периоды торможения, возможны нагрев бандажа и его ослабление. О повороте бандажа на колесном центре судят по контрольным отметкам (рискам), которые наносят на наружные поверхности и бандажа и колесного центра.

Посадку зубчатого колеса производят или под прессом, или в горячем состоянии. Наибольшее давление при посадке под прессом

составляет около 80 Т. При горячей посадке зубчатое колесо нагревают до 250° С. Натяг в любом случае должен составлять от 0,2 до 0,28 мм.

Собранные колесные центры с большими зубчатыми колесами напрессовывают на ось колесной пары под давлением, достигающим в конце запрессовки 110—150 Т. В процессе запрессовки давление необходимо непрерывно и плавно увеличивать до тех пор, пока центр не установится на свое место. В конце запрессовки допускается падение давления не более чем на 5% наибольшего и на длине не более 10%.

Перед напрессовкой с целью предупреждения коррозии посадочные поверхности оси и ступиц колесных центров протирают и смазывают чистым растительным маслом, а привалочные торцовые поверхности ступиц колесного центра и большого зубчатого колеса — суриком.

При формировании колесной пары расстояние между внутренними поверхностями бандажей должно сохраняться равным 1440 мм. Если фактические размеры отклоняются от указанных, то доводку производят на станках при обточке бандажей по кругу катания.

Центры колесных пар обычно окрашивают черной краской, наружные грани бандажей — белой. Контрольные отметки (риски) выполняют, нанося на бандаж красную полоску, а на обод колесного центра — белую.

После сборки колесная пара поступает на колесотокарный или колесофрезерный станок для обточки бандажей по кругу катания. Проверку правильности профиля бандажа производят специальным шаблоном. Каждую готовую колесную пару окончательно принимает инспекция МПС на заводе-изготовителе, после чего на колесной паре ставят соответствующие клейма<sup>1</sup>.

На клейме, имеющем форму прямоугольника, указан условный номер пункта, которому разрешено производить изготовление и формирование колесных пар и их элементов. Римскими цифрами обозначен месяц, а арабскими (две последние цифры) — год. Клеймо в форме круга с буквой «Ф» обозначает формирование новой колесной пары или смену осей. Такое же клеймо с буквой «Д» показывает, что проведено освидетельствование колесной пары с выпрессовкой оси, с буквами «СБ» — проведена смена бандажей, с буквами «ПБ» — перетяжка бандажей. Клеймо с буквами «ТЧ» и цифрой указывает номер депо, где производятся работы.

Правилами технической эксплуатации железных дорог СССР (ПТЭ) запрещается выпускать в эксплуатацию электровозы с поперечной трещиной в любой части оси колесной пары, а также при следующих износах и повреждениях колесных пар: прокат по кругу катания более 7 мм, толщина гребня более 33 мм или менее 25 мм при измерении на расстоянии 20 мм от вершины гребня, вертикальный

---

<sup>1</sup> Подробные сведения по маркировке и клеймению колесных пар и их элементов приводятся в Инструкции по освидетельствованию, ремонту и формированию колесных пар локомотивов и электросекций Министерства путей сообщения.

подрез гребня высотой более 18 мм, выбоина на поверхности катания более 0,7 мм. Для электровозов, обращающихся с поездами при скорости 120 км/ч и выше, прокат не должен превышать 5 мм, а толщина гребня должна быть в пределах 33—28 мм.

## § 10. Буксовые узлы

Буксы воспринимают вертикальные нагрузки от веса электровоза и передают их через подшипники на шейку оси. Через буксу также осуществляется передача горизонтальных тяговых и тормозных усилий от колесных пар на раму тележки.

Конструкция буксы должна удовлетворять следующим требованиям: ограничивать возможные перемещения рамы тележки электровоза относительно колесной пары, исключать возможность попадания в буксу посторонних предметов; обеспечивать удобство осмотра, возможность смены и заправки смазки. В буксах устанавливают подшипники с цилиндрическими или сферическими роликами. У средней оси трехосной тележки буксы снабжают устройством, допускающим поперечное перемещение колесной пары этой оси на  $\pm 15$  мм. На крышке правой буксы 1-й оси по ходу движения электровоза закрепляют привод скоростемера.

На электровозах переменного тока применяют буксовый узел бесчелюстного типа, в котором отсутствует трение между поверхностью буксы и наличниками буксовых направляющих. Такой узел не требуется смазывать. Передача всех усилий в буксовом узле бесчелюстного типа осуществляется через резино-металлические поводки, состоящие из стального корпуса и валиков с резино-металлическими втулками и шайбами, которые допускают перемещение буксы относительно рамы тележки вследствие упругой деформации резины.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и восьмиосных ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>г</sup>, ВЛ82 и ВЛ82<sup>м</sup> (рис. 21) в каждой буксе установлено по два однорядных подшипника с цилиндрическими роликами. Корпус 4 буксы имеет внизу две серьги 3, к которым при помощи валика присоединяют хомут листовой рессоры. Два боковых прилива 2 предназначены для соединения с кронштейнами 1 рамы тележки через резино-металлические поводки 5.

Корпус поводка 5 отливают из стали, предусматривая два отверстия для установки резино-металлических блоков; в средней части корпуса имеются усиливающие ребра 6. Резино-металлический блок, устанавливаемый плотно в отверстие поводка, состоит из стальных валика 8 и втулки 9, между которыми находится резиновая втулка 10, привулканизированная к обоим деталям. В торцовых частях этих блоков ставят металлические шайбы 12, под которые закладывают резино-металлические шайбы 11.

Эти шайбы штифтами 7 прикреплены к поводкам 5. Опыт эксплуатации показывает, что после примерно 300 тыс. км пробега электровозов привулканизированная резина отслаивается от металла и поводки выходят из строя. В настоящее время большое распростра-

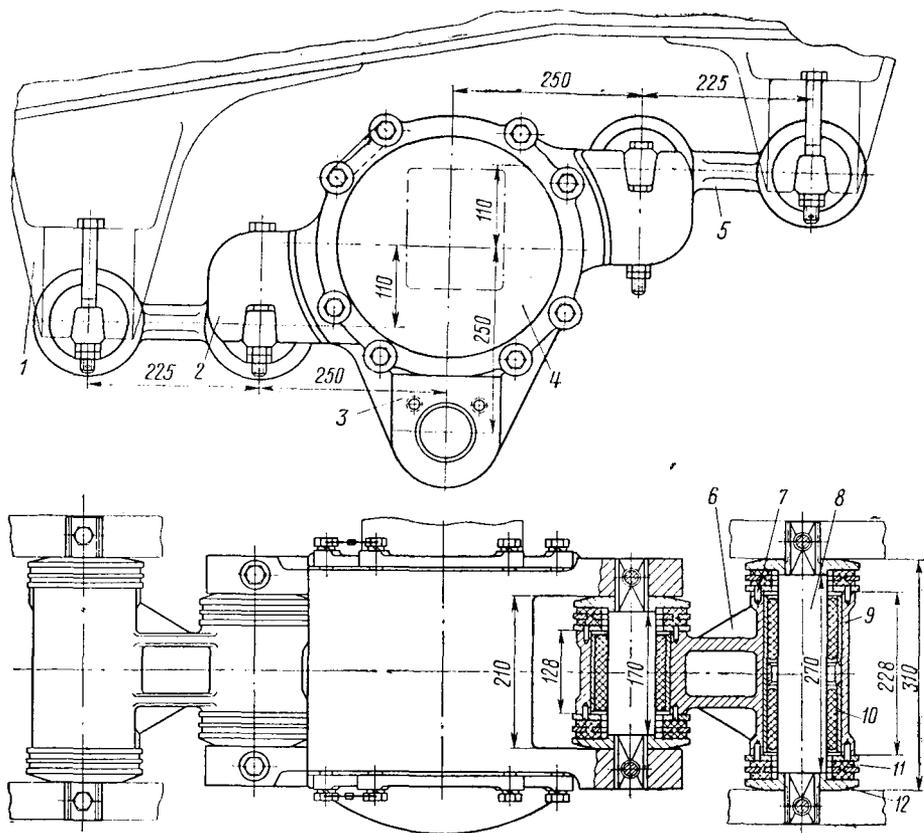


Рис. 21. Буксовый узел электровозов

нение получила запрессовка резины на валик. Концы валиков 8 имеют трапециевидальное сечение и входят в соответствующие вырезы в кронштейнах 1 рам тележек и приливах 2 корпуса буксы. Валик прикрепляют к кронштейнам рамы тележек и приливам корпуса букс с каждой стороны одним болтом.

Когда колесная пара проходит неровности пути, букса перемещается, а поводки, как маятники, поворачиваются относительно рамы тележки на некоторый угол. Валики резино-металлических блоков, жестко укрепленные в трапециевидальных вырезах тележки и буксы, при этом не поворачиваются. Поворот буксового поводка происходит только благодаря деформации резиновых втулок и шайб.

Поводки расположены на корпусе буксы по диагонали. При таком расположении поводков обеспечиваются необходимые вертикальные перемещения корпуса буксы относительно рамы тележки при относительно малых радиальных деформациях. Возникающие при закручивании резины деформации не опасны: они меньше допустимых.

Буксы электровозов оборудованы подшипниками с цилиндрическими роликами (рис. 22). Два однорядных подшипника 4 типа

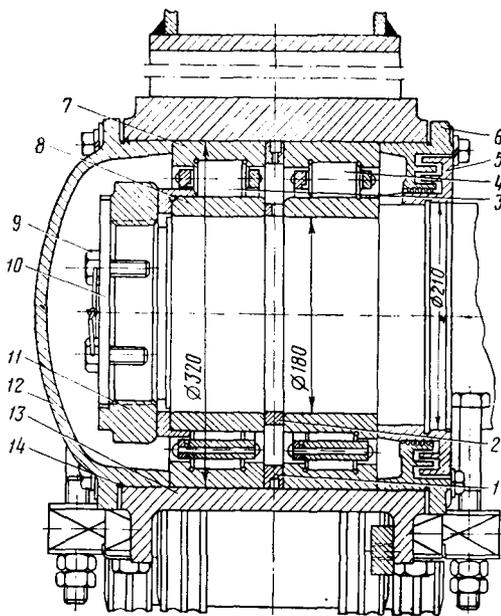


Рис. 22. Буксовый подшипник электровозов

42536ЛМ и 3 типа 52536ЛМ содержат по 18 роликов каждый. Каждый подшипник состоит из одного внутреннего 8 и одного наружного 7 колец. Внутренние кольца насаживают на шейку оси колесной пары в горячем состоянии при температуре 100—120° С.

Между подшипниками расположены два дистанционных кольца 1 и 2 (в трехосной тележке на среднюю ось с разбегом подшипники устанавливают без дистанционных колец). Изменяя толщину этих колец, можно регулировать продольный разбег буксы на оси колесной пары в пределах 0,2—0,6 мм. Для большей гарантии от осевого защемления

подшипников в последнее время осевой разбег букс увеличен до 0,5—1 мм. Радиальный зазор подшипников в свободном состоянии составляет 0,11—0,175 мм. Положение наружного кольца подшипника относительно корпуса буксы фиксируется крышкой 6, расположенной с задней стороны подшипника, а с передней стороны — крышкой 12. Перемещения внутреннего кольца ограничены упорным кольцом 5, насаженным на предподступичную часть оси колесной пары, а с торца оси гайкой 11, развинчивание которой предотвращают с помощью замочной пластины 10 и двух болтов 9.

Крышка 6 и упорное кольцо 5 образуют лабиринт, который препятствует выбрасыванию смазки наружу; корпус буксы 13 закрыт передней крышкой 12, имеющей уплотнение 14 в виде пенькового шнура. Все пространство внутри буксы заполнено смазкой 1ЛЗ. Общее количество смазки — около 4 кг.

Для обеспечения надежной работы механического оборудования электровозов переменного тока с бесчелюстными буксовыми узлами необходима сравнительно высокая точность обработки деталей и их сборки. Так, непараллельность осей отверстий в поводках допускается не более 0,1 мм. Трапециевидные поверхности валика и буксы или кронштейна рамы тележки должны плотно прилегать одна к другой. Для контроля плотности посадки под узкой частью клина необходимо предусмотреть зазор не менее 0,5 мм.

На электровозах ВЛ82<sup>м</sup> букса с одной стороны колесной пары несколько отличается по конструкции от обычной. На такой буксе размещают устройство заземления для тока тяговых двигателей, когда электровоз работает на линиях постоянного тока. Это устрой-

ство предотвращает ускоренный износ подшипников, возникающий при протекании тока через подшипники.

Устройство (рис. 23) состоит из коробки ввода 7 со стойками, к которым подводится кабель. Ток замыкается на корпус 6, щеткодержатель 3 и через щетку 2 на диск 1, прикрепленный к торцу оси колесной пары 10. На корпусе 6 по окружности расположены три щеткодержателя, укрепленных гайками 4. Щеткодержатель выполнен в виде стакана, внутри которого имеется пружина, создающая необходимое нажатие на щетку 2 по мере ее износа. Стальной диск 1 совместно с меднографитовыми щетками образуют пару трения. Корпус 6 от буксы отделен изоляционной шайбой 8, а все устройство лабиринтом 9, который предупреждает проникновение масла из подшипниковой камеры. Корпус закрывается крышкой 5.

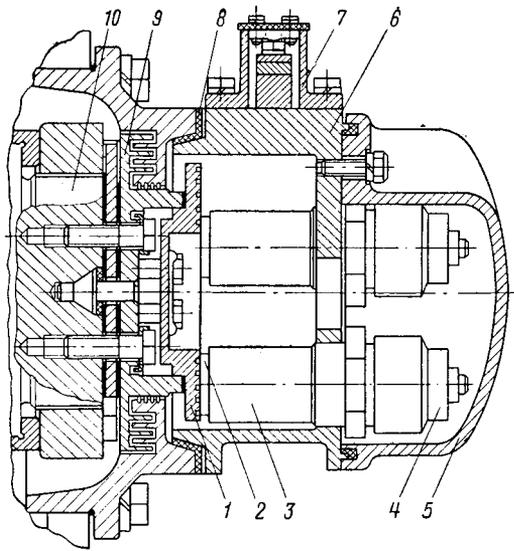


Рис. 23. Заземляющее устройство на буксе

## § 11. Рессорное подвешивание

На рельсовом пути имеются неровности, стыки рельсов, крестовины и стрелки. Вследствие этого, а также из-за неправильной формы поверхности катания бандажа при движении электровоза возникают толчки и удары. Толчки и удары вызывают повышенный износ и даже разрушение деталей электровоза и верхнего строения пути. Поэтому на электровозе предусмотрены устройства, которые обладают необходимой упругостью и способностью поглощать (гасить) вертикальные и боковые усилия, возникающие при его движении. Такие устройства называют рессорным подвешиванием. Рессорное подвешивание поддерживает также равномерное распределение нагрузки между отдельными колесными парами.

Система рессорного подвешивания может быть одно- или двухступенчатой. В одноступенчатом рессорном подвешивании принято между рамой тележки электровоза и буксовым узлом колесной пары располагать рессоры из листовых или цилиндрических пружин или из тех и других вместе. Система двухступенчатого рессорного подвешивания предусматривает размещение упругих устройств из листовых и цилиндрических рессор как между рамой тележки и буксой, так и между рамой кузова и рамой тележки. Под действием вертикальных сил, возникающих при движении электровоза, рессора

начинает прогибаться вначале очень быстро, а затем медленнее. В прогибающейся рессоре возникают напряжения, возрастающие по мере того, как увеличивается прогиб. Наибольшей величины напряжение в рессоре достигнет в момент, когда она перестанет прогибаться (в момент наибольшего прогиба).

Таким образом, благодаря системе рессор сила возникшего удара нарастает постепенно и создаются условия для постепенной передачи этих сил на рамы тележки и другие элементы наддресорного строения электровоза. При этом часть силы удара (до 6—8%) будет поглощена в рессорах, так как между отдельными листами рессор при прогибе возникают силы трения.

Система рессорного подвешивания должна обладать достаточной механической прочностью, чтобы выдерживать все нагрузки от наддресорного строения электровоза, и вместе с тем иметь необходимую гибкость, которая обусловит поглощение и смягчение ударов. Необходимо также, чтобы рессоры принимали первоначальное состояние после того, как прекратится действие силы, вызвавшей их прогиб.

Если наддресорное строение опирается на отдельные рессоры, друг с другом не соединенные, то нагрузка, передаваемая на колесные пары, зависит от состояния рессор, их прогиба, затяжки подвесок и т. п. Изменение одной из этих величин приводит к нарушению равномерного распределения веса электровоза по осям. Это в свою очередь повышает вероятность боксования электровоза, так как отдельные оси могут оказаться сильно разгруженными. Рессоры довольно часто соединяют друг с другом вдоль продольной оси электровоза балансирами.

Обычно листовой рессоре при изготовлении придают форму дуги. Высота изгиба рессоры, называемая фабричной стрелой, уменьшается под нагрузкой. Величину, на которую уменьшается фабричная стрела рессоры от сил, воздействующих на нее, называют прогибом рессоры. Если система рессорного подвешивания является двухступенчатой с последовательным действием каждой ступени, то гибкость ее равна сумме гибкостей каждой ступени.

Листовые рессоры, обладающие большим трением, недостаточно сглаживают удары, возникающие при прохождении небольших неровностей пути, вследствие чего на наддресорное строение передаются колебания в виде частых вибраций. Чтобы избежать этого, в рессорном подвешивании применяют цилиндрические пружины, в которых нет трения между элементами.

Различно расположенные на раме тележки соединенные друг с другом листовые рессоры, цилиндрические пружины и балансиры образуют определенную схему рессорного подвешивания. На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> (рис. 24) применено нижнее комбинированное рессорное подвешивание, состоящее из листовых рессор 6 и цилиндрических пружин 8.

Листовые рессоры 6 стянуты хомутами 5, имеющими проушины, необходимые для соединения рессор с буксами валиками 2. Эти рессоры опорами 3 и стойками 4 соединены с балансирами 1, которые в свою очередь присоединены к раме тележки валиком. Рессоры

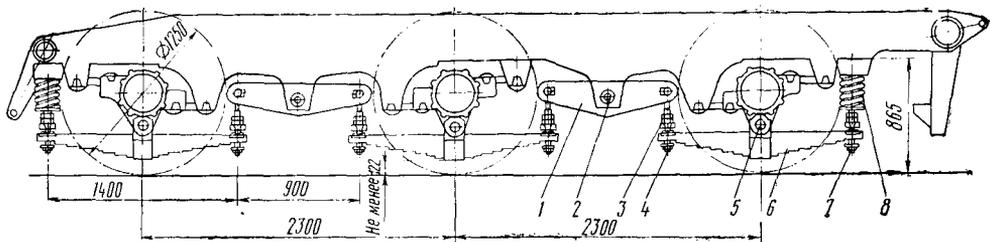


Рис. 24. Рессорное подвешивание электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

прикреплены к раме тележки через концевые стойки 7 и цилиндрические пружины 8.

Листовая рессора состоит из десяти листов разной длины сечением  $120 \times 16$  мм, изготовленных из специальной рессорной высокопрочной стали.

Листы имеют продольные желоба посередине, что противодействует боковым сдвигам их друг относительно друга. Жесткость<sup>1</sup> листовой рессоры равна  $127,5$  кГ/мм.

Балансир выполнен из двух стальных листов, соединенных дистанционными валиками и втулками. В местах, где возникает трение балансиров о валики, установлены втулки. Втулки устанавливают и в месте подвески листовой рессоры в буксе. Изготавливают втулки из износостойчивой марганцовистой стали способом точного литья без последующей механической обработки, а валики — из стали 45 или стали 50. Трение валика о марганцовистую втулку обеспечивает длительную работу этой пары без смазки.

Цилиндрические пружины изготавливают из прутка пружинно-рессорной стали диаметром 40 мм. В рессорном подвешивании они работают на сжатие, поэтому предусмотрены просветы между их витками. Пружины электровоза ВЛ60<sup>к</sup> имеют 5 витков, из них 3,5 — рабочих. Средний диаметр витка 160 мм. Высота пружины в свободном состоянии составляет 236 мм, жесткость  $178$  кГ/мм.

Листовые и цилиндрические рессоры подвергают термической обработке для придания им необходимой упругости, а затем испытывают. Зависимость между нагрузкой на рессору и прогибом прямо пропорциональная, т. е. с увеличением нагрузки растет величина прогиба.

Стойка (рис. 25, а), которая соединяет балансир 1 с листовой рессорой 8, верхним концом подвешена к балансиру с помощью валика 2 и втулки 3. Передача усилия на листовую рессору осуществляется через стержень 4 и призматическое устройство, состоящее из опоры 6 и подкладки 7. В средней части стойки расположены гайки 5, непосредственно воздействующие на опору 6. На нижней части стержня 4, проходящего через отверстие в листовой рессоре, имеется резьба, на которую наворачтывают гайку 9. Она предохраняет

<sup>1</sup> Жесткостью рессоры называют величину груза в кГ, под действием которого рессора дает прогиб в 1 мм.

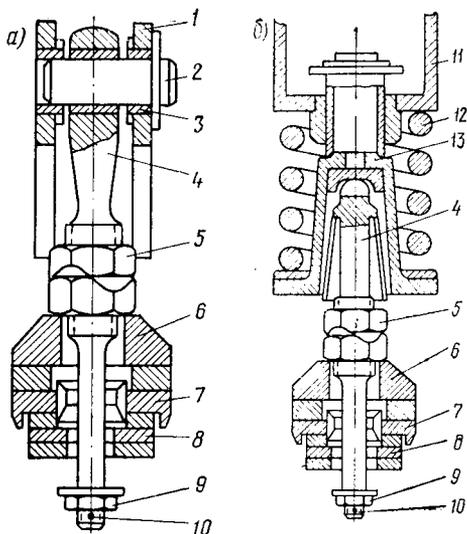


Рис. 25. Средняя (а) и концевая (б) стойки рессорного подвешивания электроваз ВЛ60<sup>к</sup>

стержень от выскакивания из отверстия рессоры при разгрузке и удерживает концы рессоры в случае их поломки. Гайка 9 фиксирована шплинтом 10.

Концевые стойки (рис. 25, б) служат для передачи усилия от рамы тележки 11 на листовую рессору 8. При этом цилиндрическая пружина 12 воздействует на стакан 13. Затем это воздействие передается на стержень 4 и через гайку 5 на призматическое устройство, аналогичное показанному на рис. 25, а.

На рис. 26 отчетливо видно, как устроены подвески и как они соединены с листовой рессорой призматическими устройствами.

Отличия рессорного подвешивания восьмиосных электровазов (рис. 27) от применяемого

на электровазах ВЛ60<sup>к</sup> определяются главным образом тем, что первые имеют двухосные тележки, а вторые — трехосные.

Система рессорного подвешивания ВЛ80<sup>к</sup> и других восьмиосных электровазов является несбалансированной. Каждая ось имеет самостоятельное подвешивание. Рессорное подвешивание состоит из листовой рессоры 1, шарнирно подвешенной хомутом в проемах буксовой коробки, и цилиндрических пружин 5. Пружина одним концом через шайбы 2 и 4 опирается на конец рессоры, а другим через гайки 6 — на стойку 3, шарнирно подвешенную на кронштейне 7 рамы тележки. На электровазах первых выпусков вместо цилиндрических пружин устанавливали комплекты пружин, состоящие из резиновых шайб, разделенных металлическими шайбами.

Рессорное подвешивание электроваза ЧС4 (рис. 28) — индивидуальное для каждой оси и аналогично применяемому на электровазе ВЛ80<sup>к</sup>. Оно состоит из балансира 1, шарнирно подвешенного к буксовой коробке 3, и цилиндрических пружин 5. Пружина одним концом через гайки 4 опирается на балансир, а другим — на кронштейн 6 рамы тележки. Кроме того, имеется гидравлический амортизатор 2 для поглощения энергии ударов, вызывающих колебания цилиндрических пружин, которые могут продолжаться длительное время из-за недостаточных сил трения у таких пружин.

Системы индивидуального, несбалансированного рессорного подвешивания нуждаются в тщательной регулировке развески электровазов по осям; такая, в частности, регулировка может осуществляться на восьмиосных электровазах гайкой 6 (см. рис. 27), а на ЧС4 гайкой и контргайкой 4 (см. рис. 28).

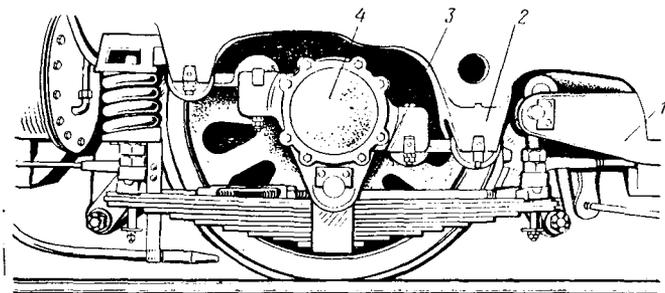


Рис. 26. Буксовое подвешивание электровоза ВЛ60<sup>К</sup>:  
 1 — балансир; 2 — стойка; 3 — листовая рессора; 4 — крышка  
 буксы

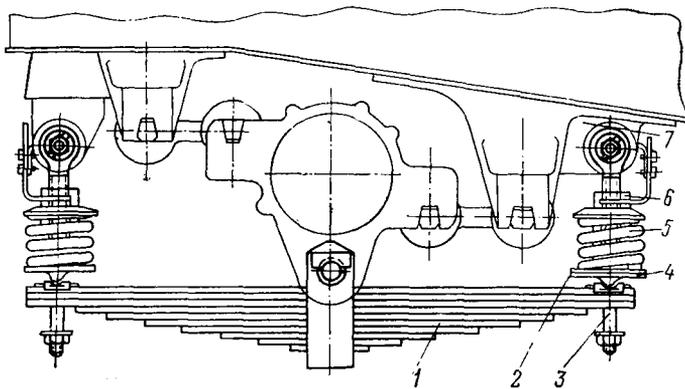


Рис. 27. Рессорное подвешивание восьмиосных электровозов

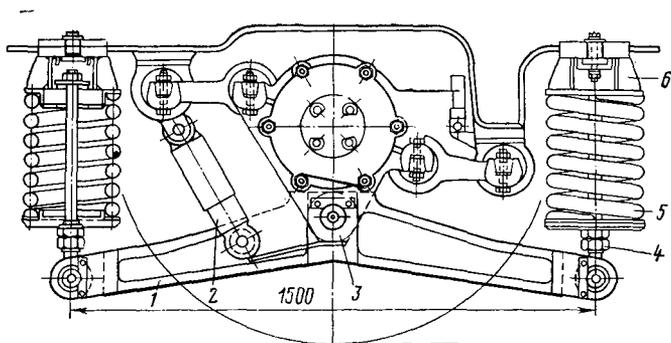


Рис. 28. Рессорное подвешивание электровоза ЧС4

## § 12. Тяговые передачи

Систему механической связи, при которой вращающий момент от тягового двигателя передается на колесную пару электровоза, называют тяговым приводом.

Одним из основных элементов тягового привода является зубчатая передача, которую выполняют так, что скорость вращения двигателя значительно больше, чем колесной пары. При этом можно получить двигатель с меньшими размерами. Поскольку расстояние между осью колесной пары и валом тягового двигателя (называемое централью) невелико, тяговые передачи, как правило, выполняют с непосредственным сцеплением зубьев шестерни и зубчатого колеса.

Большие зубчатые колеса насаживают на оси колесных пар или удлиненные ступицы колесных центров, а шестерни — на конец вала тягового двигателя или при двусторонней передаче — на оба конца вала двигателя.

На электровозах переменного тока применяют индивидуальный тяговый привод, при котором на каждую ведущую колесную пару передается вращающий момент от соответствующего ей тягового двигателя. Системы тяговых передач выполняют или двусторонними (шестерни, передающие вращающий момент от якоря двигателя, расположены на валу с двух сторон от двигателя), или односторонними (только с одной стороны двигателя).

Большие и малые зубчатые колеса могут быть прямозубыми или косозубыми. Прямозубые двусторонние передачи снабжают упругими элементами. Это обеспечивает одновременную работу двух больших зубчатых колес, расположенных на одной оси. Кроме того, удары от колеса при движении электровоза по неровностям пути воспринимаются упругими элементами и плавно передаются на якорь двигателя.

Большие колеса косозубой передачи не имеют упругого элемента. В этом случае равномерное распределение вращающего момента достигается тем, что якорь двигателя благодаря осевому смещению занимает такое положение, при котором обе стороны передачи работают одинаково. При отсутствии упругих элементов все вертикальные удары от колесной пары, движущейся по неровностям пути, стрелкам и т. п., жестко передаются на тяговый двигатель.

Тяговые передачи всегда являются понижающими. Отношение числа зубьев большого колеса к числу зубьев шестерни называют передаточным числом. Оно показывает, во сколько раз скорость вращения якоря двигателя больше скорости вращения колесной пары.

Тяговые передачи необходимо разместить в стесненных условиях, поэтому они имеют сравнительно небольшие размеры (габариты). Большие мощности, которые достигнуты сейчас в электровозостроении (свыше 800 квт на ось), определяют высокие нагрузки, происходящие на зубья тяговых передач. Зубья передач (рис. 29) при работе испытывают давление в месте контакта *А*; кроме того, нагрузки вызывают изгиб зуба в его основании *Б*.

При передаче нагрузки от одного зубчатого колеса к другому большое значение имеет, какое количество зубьев принимает участие

в передаче. В зависимости от величины передаточного числа одновременно в работе может участвовать до трех зубьев. Чем больше число зубьев, участвующих одновременно в передаче вращающего момента от двигателя на ось колесной пары, тем лучше условия работы тяговой передачи в отношении износоустойчивости контактной поверхности зубьев.

Зубчатые колеса цилиндрических тяговых передач выполняют с эвольвентным зацеплением, при котором очертание зуба соответствует кривой, называемой эвольвентой. Такое зацепление является наиболее надежным, так как обеспечивает перекатывание зубьев без их скольжения друг относительно друга. При этом вращающий момент тягового двигателя передается с наименьшими потерями и сопровождается минимальным износом зубчатой передачи.

На электровозе ВЛ60<sup>к</sup> применена двусторонняя косозубая тяговая передача. Число зубьев большого зубчатого колеса 88, шестерни 23, а передаточное число, равное отношению  $88 : 23$ , составляет 3,826. Передаточное число зубчатой передачи электровоза ВЛ60<sup>п</sup> пассажирского исполнения равно  $82 : 30 = 2,73$ .

Шестерню (рис. 30) электровоза ВЛ60<sup>к</sup> изготавливают из хромоникелевых сталей. С внешней стороны шестерни сделана выточка глубиной 15 мм, в которую входит гайка, предохраняющая шестерню от сползания с конуса вала. По наружной поверхности шестерни нарезаны косые зубья.

Поверхности зубьев подвергают тщательной механической и термической обработке. Затем производят шлифовку зубьев шестерни, устраняя все неточности, образовавшиеся во время термической обработки зубьев. Шлифуют также и конусное отверстие шестерни.

Шестерню, нагретую до  $160^{\circ}\text{C}$ , насаживают с натягом на конец обточенного на конус (1 : 10) вала тягового двигателя. Холодная шестерня не доходит до своего окончательного положения на валу на 2,0—2,5 мм. После нагревания диаметр отверстия ее увеличивается и она занимает нормальное положение. При охлаждении шестерня плотно обхватывает вал электродвигателя и передача вращающего момента осуществляется благодаря трению, возникающему между поверхностью вала и внутренней поверхностью шестерни.

Конической внутренней поверхностью шестерни выполняют для облегчения посадки ее при сборке и снятия при разборке. При сборке

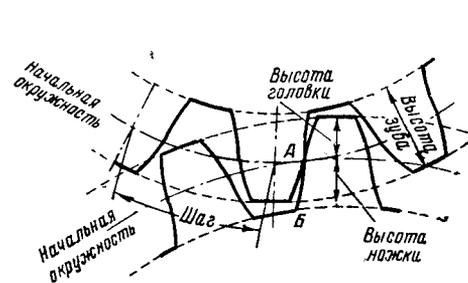


Рис. 29. Зубчатое зацепление

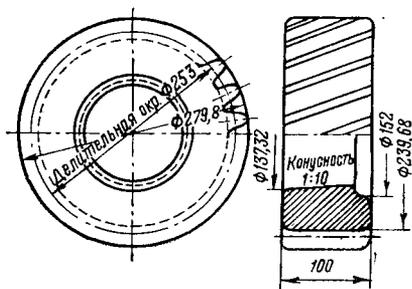


Рис. 30. Шестерня электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

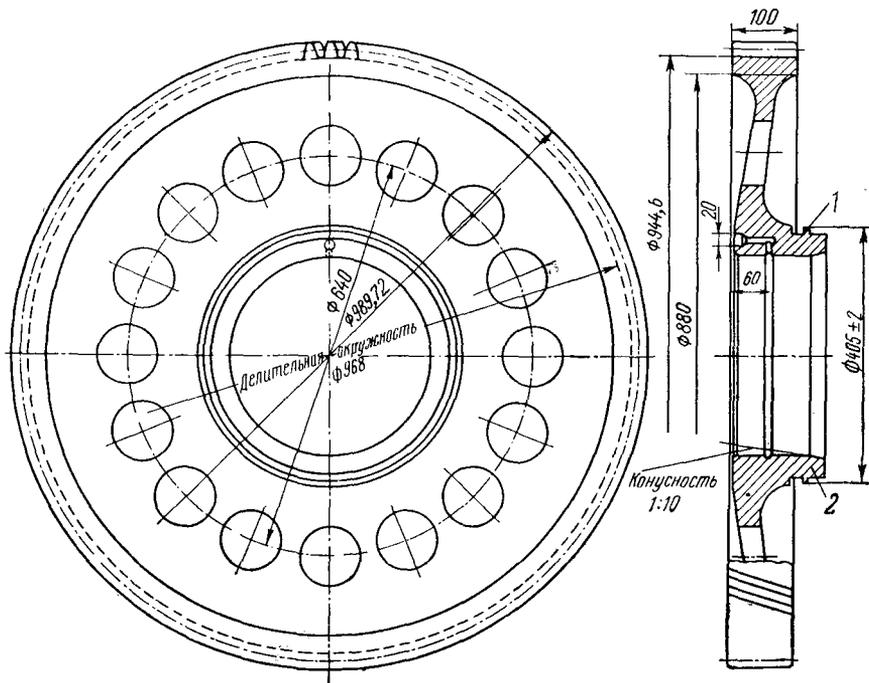


Рис. 31. Зубчатое колесо электровозов

незначительная подача шестерни обеспечивает прилегание ее по всей площади, чего нельзя получить, если внутренняя поверхность шестерни цилиндрическая. При разборке, немного сдвинув шестерню в осевом направлении, легко снять ее с вала, не повредив поверхности конусов вала и шестерни.

Большие зубчатые колеса электровоза ВЛ60<sup>к</sup> (рис. 31) изготовляют из стали 50, раскисленной феррованадием. Их запрессовывают на удлиненную ступицу центра колесной пары. Для уменьшения веса колеса по окружности диска сделано 16 отверстий. На ступице 2 зубчатого колеса имеется кольцо 1 шириной 4 мм и высотой 10 мм, которое вместе с кожухом зубчатой передачи образует лабиринт, что предупреждает вытекание смазки из кожуха. Зубья большого зубчатого колеса нарезают на специальных станках и затем подвергают шевингованию для придания им необходимой чистоты поверхности.

Конструкция, качество материалов, способы механической и термической обработки тяговой передачи восьмиосных электровозов те же, что и у электровозов ВЛ60<sup>к</sup>. Большое зубчатое колесо у электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ82 имеет 88 зубьев, а малое — 21, передаточное число составляет 4,19. Соответственно у электровоза ВЛ82<sup>м</sup> — 88 и 26, передаточное число — 3,38.

Как пример тяговых прямозубых передач с пружинными элементами, рассмотрим зубчатую передачу электровоза переменного

тока Ф. Здесь применены односторонние прямозубые зубчатые передачи с пружинными элементами в большом зубчатом колесе. В данном случае упругие элементы уменьшают динамические усилия, передающиеся на вал тягового двигателя при прохождении колесами неровностей пути, т. е. только улучшают условия работы тяговых двигателей.

Между центром зубчатого колеса *б* (рис. 32) и венцом *1* помещено девять пружинных элементов, каждый из которых состоит из наружных цилиндрических пружин *2*, внутренних пружин *3* и двух направляющих (сухарей) *4*.

Во время сборки зубчатого колеса венец *1* нужно располагать около центра *б* так, чтобы хвостовики венца оказались против окон центра. Затем венец надевают на центр и поворачивают до тех пор, пока не совпадут окна центра и венца. В окна вставляют предварительно сжатые пружинные элементы. После освобождения пружины с некоторым усилием прижимают направляющие *4* с одной стороны к хвостовикам венца *1*, а с другой — к стенкам окон центра *б*.

На направляющих *4* имеются наружные и центральные выступы, предупреждающие сдвиг и выпадание пружинных элементов. Усилие от шестерни, действующее на венец *1* через хвостовики, передается на пружинные элементы, а от последних — к центру *б*; при этом пружины *2* и *3* несколько сжимаются. При изломе основных рабочих пружин *2* пружины *3* прижимают к венцу и центру сухари *4*. Отверстие *5* в ступице центра предназначено для маслосъема.

Зубчатые передачи электровозов помещены в кожух. Кожух позволяет создать масляную ванну, в которой должна работать передача, и, кроме того, предотвращает попадание в нее пыли, грязи и др.

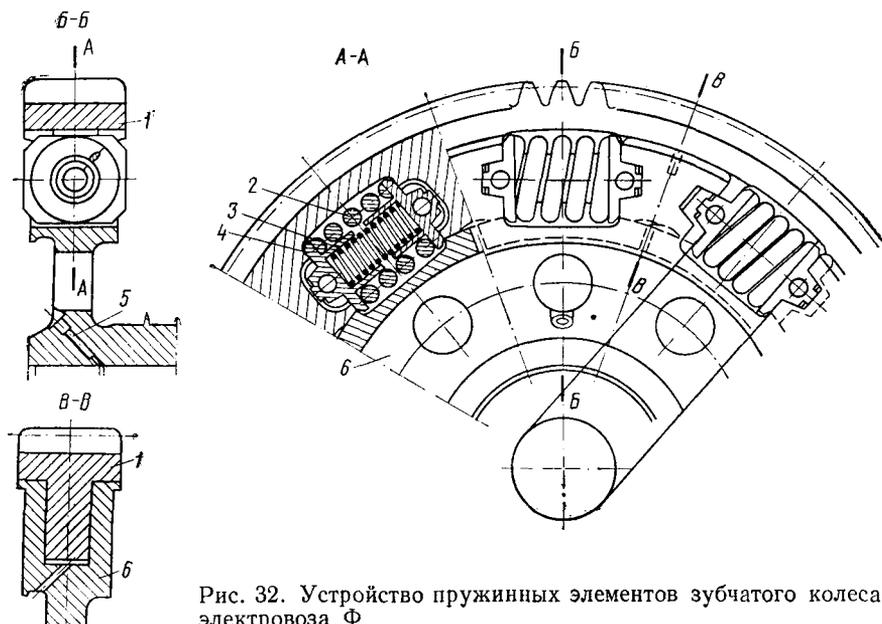


Рис. 32. Устройство пружинных элементов зубчатого колеса электровоза Ф

Кожух зубчатой передачи электровоза ВЛ60<sup>к</sup> (рис. 33, а) состоит из верхней 2 и нижней 5 половин. Для лучшего уплотнения кожуха по линии разъема делают особые желоба, в которые закладывают уплотнительные войлочные или резиновые прокладки. В верхней половине кожуха имеется заправочная горловина 1, надежно закрываемая крышкой, и люк 4 для осмотра зубчатой передачи. К люку приварена трубка-сапун 3, обеспечивающая выравнивание давления внутри кожуха с атмосферным. На нижней половине кожуха находится трубка 6, закрываемая гайкой 7 со шупом для определения уровня смазки в кожухе. Половины кожуха стянуты болтами 8.

К остоу тягового двигателя кожух присоединяют тремя болтами. На некоторых других электровозах (например, серии К) один конец кожуха крепят болтами к специально устраиваемому кронштейну моторно-осевого подшипника, а другой — к приливам на подшипниковом щите или остоу тягового двигателя.

Кожуха зубчатых передач изготавливают из листовой стали. В последнее время для этого применяют стеклопластики. Так, из них изготавливают прессованием образующей 9 и боковины 10 кожуха зубчатых передач для восьмиосных электровозов (рис. 33, б).

Работа передачи без смазки или с недостаточным количеством ее вызывает быстрый износ зубьев и поэтому не допускается. Для зубчатых передач применяют осерненную смазку или трансмиссион-

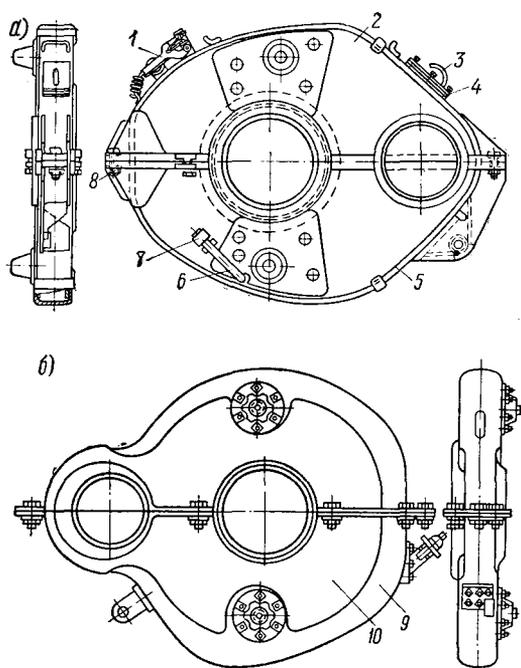


Рис. 33. Кожух зубчатой передачи электровоза ВЛ60<sup>к</sup> (а) и восьмиосных электровозов (б)

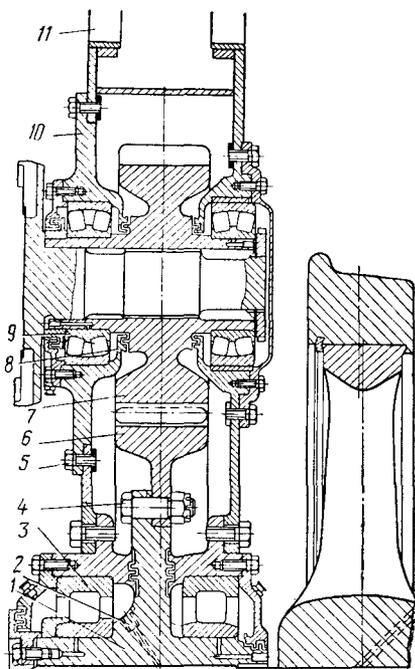


Рис. 34. Тяговая передача электровоза ЧС4

ные автотракторные масла летом марки Л и зимой марки З. Избыток смазки в кожухе нежелателен, так как масло может попасть внутрь тягового двигателя, а также на бандажи колесных пар, что ухудшает условия сцепления колеса с рельсами.

Тяговая передача пассажирского электровоза ЧС4 (рис. 34) значительно отличается от таких передач на других электровозах переменного тока. Она является односторонней прямозубой и не имеет пружинных элементов в большом зубчатом колесе. Все возможные перемещения колесной пары относительно тягового двигателя обеспечивает конструкция передачи вращающего момента от двигателя к шестерне (см. главу III).

Центр 1 зубчатого колеса с развитой ступицей и каналом 2 для маслосъема запрессован на ось колесной пары. Венец 6 большого зубчатого колеса соединен с центром болтами 4. На ступице центра 1 установлены роликовые подшипники 3, на которые опирается одним концом (со стороны большого зубчатого колеса) редуктор (кожух) 10. Другим концом 11 (со стороны шестерни 7) редуктор подвешивается к кронштейну поперечной балки рамы тележки. Редуктор состоит из двух частей: верхней и нижней. Обе части цельносварные и соединены болтами 5. Шестерня 7 установлена в редукторе на роликовых подшипниках 9.

Большое зубчатое колесо находится в масляной ванне редуктора и, разбрызгивая масло, подает его в зону работы зубьев и шестерни. В нижней части редуктора находятся магнитные пробки, которые притягивают стальные частицы, образующиеся в результате износа зубчатой передачи. Для смазки подшипников качения 3 и 9 применяют консистентные смазки. Камеры этих подшипников отделены от редуктора лабиринтными уплотнениями 8.

### § 13. Подвеска тяговых двигателей

Тяговые двигатели с индивидуальным приводом устанавливаются в тележке на двух опорах. На грузовых электровозах одной опорой является ось колесной пары, другой — поперечная балка тележки. Такая система подвески тяговых двигателей называется опорно-осевой, или трамвайной. Опорно-осевое подвешивание двигателя всегда обеспечивает параллельность оси вала тягового двигателя и оси колесной пары, что благоприятно влияет на работу зубчатой передачи электровоза. На электровозах пассажирских и высокоскоростных применяют опорно-рамное подвешивание тяговых двигателей.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> применено опорно-осевое подвешивание, при котором двигатель с одной стороны опирается моторно-осевыми подшипниками на ось колесной пары, а с другой — с помощью специальной пружины траверсы на поперечную балку рамы тележки.

Траверса (рис. 35) состоит из двух балок 3, между которыми установлены четыре пружины 2. Внутри крайних пружин находятся стержни 1. Балочки в рабочей части имеют сменные накладки; при износе их заменяют новыми. Для фиксации пружин на балках 3 имеются направляющие втулки 4. Стержни 1 проходят как через от-

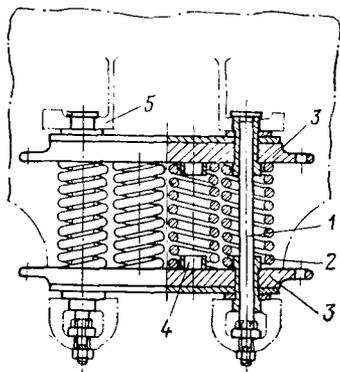


Рис. 35. Траверса электро-  
воза ВЛ60к

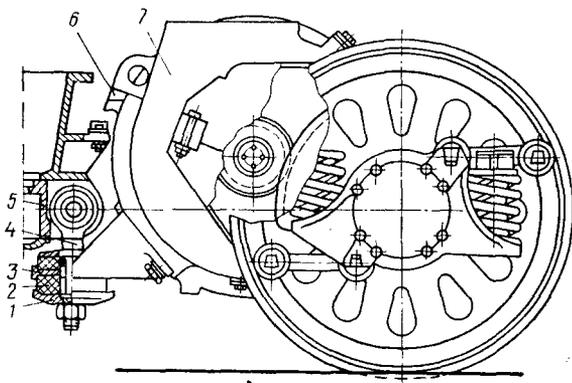


Рис. 36. Подвешивание тягового двигателя вось-  
миосных электровозов

верстия в балках, так и через отверстия в кронштейнах 5 поперечной балки рамы тележки и не позволяют траверсе смещаться. На наружные поверхности балок 3 опираются кронштейны тягового двигателя.

Для того чтобы траверсу установить на место, необходимо сжать пружины 2, что осуществляют с помощью двух болтов. После того как траверса установлена на место между кронштейнами поперечных балок рам тележек и кронштейнами тяговых двигателей, болты снимают. При снятии траверсы также необходимо предварительно стянуть две балки болтами, после чего ее можно свободно вытащить.

На восьмиосных электровозах применено опорно-осевое подвешивание. Тяговый двигатель при таком подвешивании опирается с одной стороны на ось колесной пары через моторно-осевые подшипники, а с другой — на люлечное устройство, в котором в качестве амортизаторов вертикальных сил применяют резиновые шайбы.

Люлечное устройство (рис. 36) состоит из подвески 4, шарнирно соединенной со шкворневой балкой 5 рамы тележки, нижнего и верх-

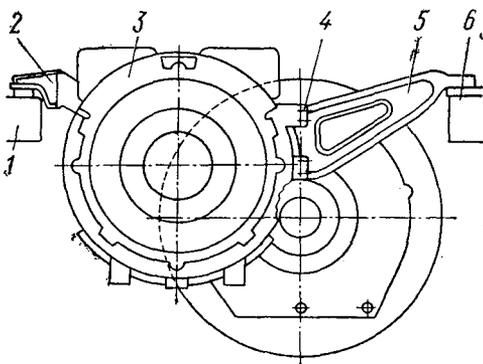


Рис. 37. Опорно-рамное подвешивание  
тягового двигателя электровоза ЧС4

него дисков 1, двух резиновых шайб 2. Между шайбами 2 находится кронштейн 3 тягового двигателя 7. Все эти элементы насаживают на подвеску в свободном состоянии. Конец подвески имеет резьбу, на которую навинчивают гайку для создания предварительного натяга резиновых упругих шайб. Расстояние между внутренними поверхностями дисков 1 в свободном состоянии равно 180 мм, а после предварительного натяга составляет 155 мм.

Такая подвеска обеспечивает возможность перемещения двигателя в осевом направлении. Усилия от кронштейна 3 передаются через шайбы 2 на верхний или нижний диск 1 и через него на подвеску 4. На остове двигателя имеется прилив 6. В случае обрыва подвески 4 или основного кронштейна 3 двигатель не упадет вниз, а будет удерживаться приливом 6 на раме тележки.

Устройство и сборка моторно-осевых подшипников принципиально одинаковы для электровозов всех типов с опорноосевым подвешиванием.

Подвешивание тяговых двигателей пассажирского электровоза ЧС4 опорно-рамное (рис. 37). Тяговый двигатель 3 через кронштейны 2 и 5, соединенные с остовом двигателя болтами 4, опирается на поперечные балки 1 и 6 рамы тележки.

## § 14. Ударно-цепные приборы

Автосцепка обеспечивает автоматическое сцепление электровоза с вагонами или другими локомотивами, а также принимает на себя все горизонтальные усилия, возникающие в момент соединения с вагонами (сжимающие усилия), при тяге поезда (растягивающие усилия) и ударные нагрузки на маневрах и при следовании с поездом.

Автосцепка может работать как буферное устройство, т. е. передавать только сжимающие усилия, действующие вдоль оси. Для этого рукоятку расцепного привода устанавливают в горизонтальное положение.

На всех электровозах переменного тока горизонтальные усилия (тяги и торможения) передаются через раму кузова. Поэтому автосцепку устанавливают в буферном брусе рамы кузова в соответствии с требованиями ПТЭ. Высота продольной оси автосцепки от уровня головки рельсов должна составлять 1040—1080 мм и может отличаться до 980 мм в зависимости от износа (проката) бандажей и состояния рессорного подвешивания. Разность высот продольных осей автосцепок в поезде не должна превышать 100 мм.

На всех электровозах как отечественного, так и зарубежного производства устанавливают автосцепку типа СА-3. Автосцепка состоит из головки с механизмом сцепления, расцепного привода и поглощающего аппарата (рис. 38). При сцеплении электровоза с вагонами или другими локомотивами происходит сжатие, при котором хвостовик 9 головки автосцепки 12 упирается в плиту 8.

Продольная сила от плиты передается на нажимной конус 7, а от него — на фрикционные клинья 6, образующие шестигранник. Последние, действуя на нажимную шайбу 5, сжимают пружины 3 и 4 поглощающего аппарата, расположенные в стакане 2. Один конец стакана опирается на задние упоры буферного бруса 1, другой — связан стяжным болтом 19 с нажимным конусом 7. Этим же болтом устанавливают предварительный натяг пружин поглощающего аппарата. При ударе вследствие трения фрикционных клиньев 6 о внутренние

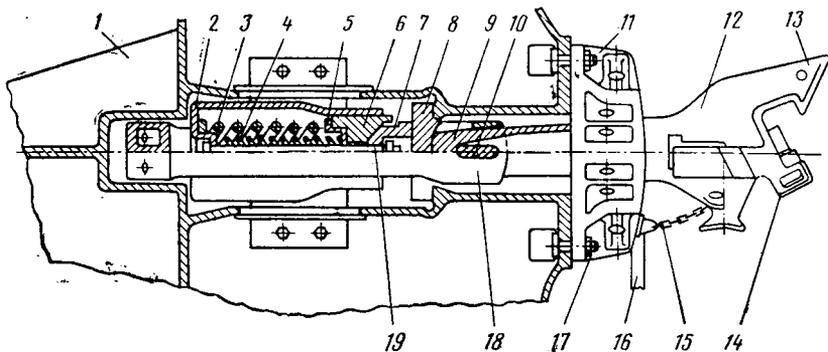


Рис. 38. Автосцепное устройство

стенки стакана 2 происходит поглощение значительной части энергии удара, достигающей 85%.

В режиме тяги хвостовик 9 головки автосцепки через клин 10 и хомут 18 передает силу тяги на стакан 2, пружины 3 и 4, затем на фрикционные клинья 6, нажимной конус 7 и через плиту 8 на передние упоры буферного бруса. Таким образом, в режиме тяги также происходит упругая передача нагрузок благодаря трению фрикционных клиньев о стенки стакана. Головку автосцепки 12 с механизмом сцепления вставляют в розетку 11 и соединяют клином 10 с хомутом 18. Розетку крепят к буферному брусу болтами 17. Автосцепка рассчитана на силу тяги 100 Т.

Для расцепления автосцепки необходимо, приподняв рукоятку 16, вынуть ее из углубления в кронштейне и повернуть в горизонтальное положение для натяжения цепи 15.

Сцепной механизм автосцепки (рис. 39) состоит из замка 4, замкодержателя 1, его противовеса 2, собачки (предохранителя замка) 3 и полочки 5. При сцеплении малый зуб 14 (см. рис. 38) одной головки скользит по скошенной поверхности большого зуба 13 другой головки, а замки 4 (см. рис. 39) перемещаются внутрь головок авто-

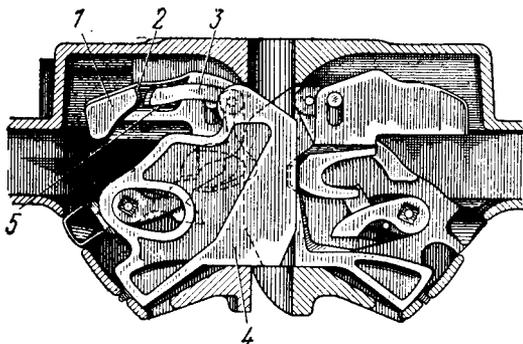


Рис. 39. Положение механизмов сцепленных автосцепок

сцепок. После того как малый зуб одной автосцепки войдет в зев (пространство между большим и малым зубьями) другой автосцепки, замки под действием собственного веса опускаются и запирают автосцепки. Для предупреждения саморасцепления верхнее плечо собачки 3 располагают против противовеса 2 замкодержателя 1.

Расцепление автосцепки происходит тогда, когда замок одной головки может

переместиться внутрь нее (рис. 40). Для этого предусмотрен расцепной привод, который вращает подъемник. Последний верхним пальцем 3 нажимает на плечо 5 собачки, в результате чего другое верхнее плечо 4 поднимается и занимает положение выше противовеса замкодержателя 6.

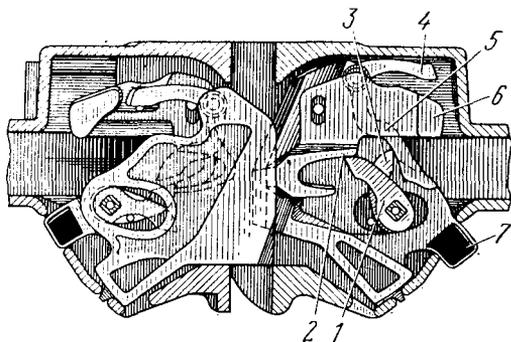


Рис. 40. Положение механизма при расцеплении автосцепки

При дальнейшем движении палец 3 подъемника нажимает на выступ замка и отводит его в положение расцепа, а палец 1 подходит к расцепному углу 2 замкодержателя 6 и нажимает на него снизу. Замкодержатель под действием собственного веса опускается вниз, при этом сигнальный отросток 7 замка выходит из отверстия наружу, что характеризует расцепленное положение автосцепки.

В последнее время создана новая автосцепка СА-Д более совершенная, чем СА-3. Новая автосцепка исключает возможность возникновения явления «опережение», т. е. преждевременного включения собачки (предохранителя замка) при сцеплении автосцепки. Износ контура зацепления не влияет на надежность работ предохранителя. Допускается большее смещение продольных осей автосцепок: до 150 мм вместо 100 мм.

Автосцепка СА-Д имеет иную схему механизма сцепления. Все детали механизма разделены на две группы: замковую и замкодержателя. Первая, замковая, служит для запираения сцепленных автосцепок, вторая, замкодержателя, — для удержания замка в нижнем положении (предохраняет от саморасцепа), а также для удержания механизма расцепленных автосцепок в верхнем положении до отведения электровозов от вагонов. Автосцепка СА-Д постепенно внедряется на подвижном составе железных дорог СССР.

Автосцепки СА-Д и СА-3 взаимозаменяемы и могут сцепляться друг с другом, так как контур зацепления у них стандартный, а размеры хвостовика и отверстия для клина приняты одинаковыми.

## § 15. Кузов и его опоры

Кузова электровозов цельнометаллические, собирают их из отдельных элементов. Материал основных деталей — сталь Ст.3 или М16С. Листы обшивки стенок изготовляют из тонколистовой стали. Элементы кузовов соединяют с помощью электросварки.

Рама кузова электровоза ВЛ60<sup>к</sup> (рис. 41) охватывающего типа. Она состоит из двух боковин 1 и двух буферных брусьев 2. Боковины изготовлены из двух швеллеров № 16 и 30, соединенных одним об-

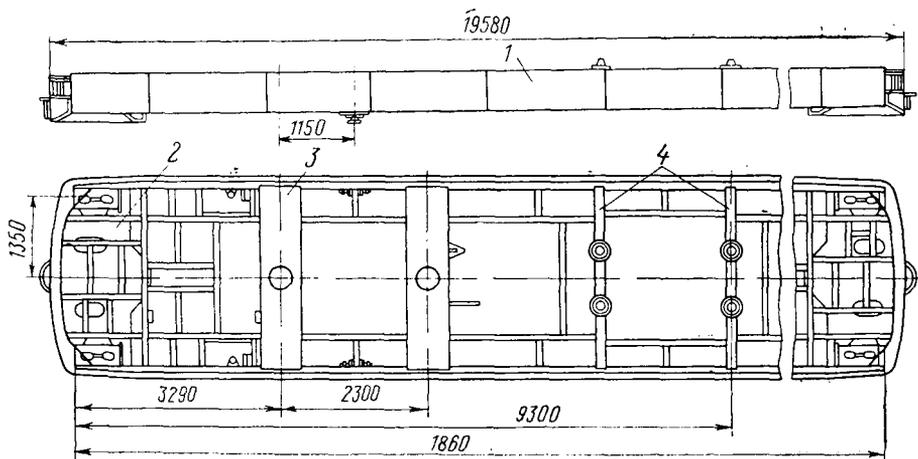


Рис. 41. Рама кузова электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

щим листом толщиной 8 мм. Боковины соединяют четырьмя шкворневыми балками 3 коробчатого сечения, на которых установлены центральные опоры, и двумя двутавровыми балками 4, на которых расположен силовой трансформатор. К продольным балкам приваривают кронштейны для боковых опор кузова.

Рама кузова электровоза ВЛ80<sup>к</sup> также охватывающего типа. Она состоит из двух продольных балок, связанных двумя буферными брусками по концам. Кроме того, продольные балки соединены двумя шкворневыми балками коробчатого сечения, изготовленными из листовой стали, и двумя балками двутаврового сечения. На последних установлен силовой трансформатор, как и на электровозе ВЛ60<sup>к</sup>.

На поперечном разрезе рамы кузова по шкворневой балке (рис. 42) хорошо видно, что продольные балки состоят из двух швеллеров 1 и 3 и вертикального листа 2, соединенных электросваркой. Шкворень 5 служит для восприятия тяговых усилий, передаваемых с рамы

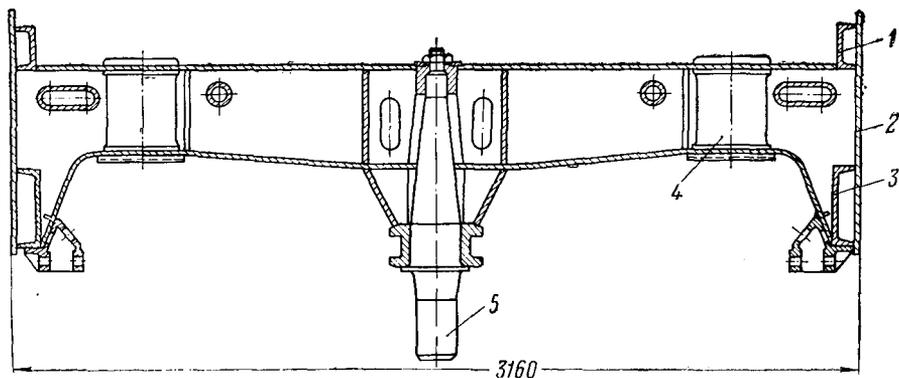


Рис. 42. Поперечный разрез рамы кузова восьмиосных электровозов

тележки на раму кузова. Кузов электровоза ВЛ80<sup>к</sup> опирается на тележку с помощью боковых опор 4.

Боковые и поперечные стены и потолки кузовов электровозов ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup> представляют собой каркасы, обшитые листовой сталью. Для получения большей жесткости обшивку делают гофрированной. В лобовых и боковых стенках предусмотрены окна, имеются также входные двери.

Так же устроены кузова электровозов ВЛ80<sup>т</sup>, ВЛ82 и ВЛ82<sup>м</sup>.

Несколько отличается устройство кузова электровоза ЧС4. Рама кузова состоит из двух продольных балок, заканчивающихся буферными брусками. Наружная обшивка кузова электровоза выполнена не из листов тонкой стали, а из стеклопластика. На стальной каркас в виде металлической фермы из профильной стали наложены и закреплены болтами толстые плиты из стеклопластика. Стены и потолок кабины машиниста утеплены специальными пакетами из теплоизоляционного материала, расположенными между наружной и внутренней обшивками. Пол кабины покрыт досками и линолеумом. На крыше имеются люки для удобства монтажа внутрикузовного оборудования. На электровозах предусмотрены металлические трапы и поручни.

Песок засыпают через горловины, расположенные на крыше. Они снабжены сетками и крышками. Из песочниц песок подается под колеса через форсунки и трубы. На лобовых концах кузовов устанавливают путеочистители.

Все части кузова окрашивают с целью предохранения металла от коррозии. Окраску наружных стен кузова производят особо тщательно, предварительно подготавливая поверхности стен под окраску.

Кузова электровозов ВЛ60<sup>к</sup> опираются на тележки системой центральных 1 и боковых 2 опор (рис. 43). Центральные опоры служат для передачи тяговых и тормозных усилий от тележки на кузов. Эти опоры выполняют маятникового (на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>) или шкворневого (на ВЛ80<sup>к</sup>) типа. Они допускают всевозможные перемещения тележки относительно кузова и обеспечивают возвращение кузова в исходное положение в случае перемещения его в поперечном направлении.

Центральные опоры маятникового типа передают часть веса кузова на тележки, а шкворневого — совсем не передают этого веса. Боковые пружинные опоры, помимо передачи всего веса или части веса кузова на тележки, также обеспечивают необходимую поперечную устойчивость кузова. При этом чем больше отклонение кузова относительно тележки, тем больше сила, возвращающая его в исходное положение.

Все центральные опоры имеют возвращающие устройства, создающие упругую связь кузова и тележки и допускающие поперечные относительные перемещения их до 30 мм в одну сторону. После того как силы, вызвавшие это перемещение, перестают действовать, кузов принимает исходное положение под воздействием возвращающего устройства. Возвращающие устройства центральных опор способствуют плавному, без виляния, ходу электровоза в прямых участках

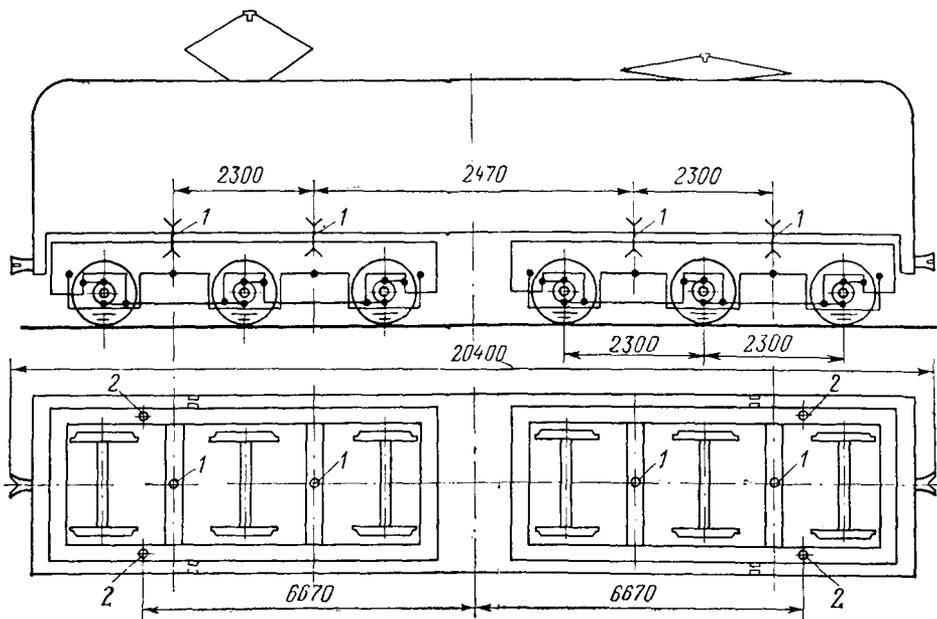


Рис. 43. Расположение опор кузова электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

пути. Если тележки будут перемещаться относительно кузова, не поворачиваясь, то пружины возвращающих устройств создадут силы, стремящиеся вернуть тележки в первоначальное положение, и таким образом будут препятствовать вилянию тележек в прямых участках пути. Вместе с тем возвращающие устройства несколько ухудшают условия вписывания электровозов в кривые, увеличивая горизонтальные давления на рельсы от направляющих осей электровоза. При вписывании электровоза в кривую тележки поворачиваются относительно кузова. Опоры наклоняются в разные стороны, пружины возвращающего устройства 3 (рис. 44) сжимаются и создают усилия, побуждающие опоры занять исходное вертикальное положение.

Рассмотрим устройство центральной опоры маятникового типа на электровозе ВЛ60<sup>к</sup>. Центральная опора 1 представляет собой фасонную отливку из стали. На концах ее имеются два конуса, обрабатываемых под углом 30° к вертикальной оси опоры. В средней части, вдоль оси электровоза, к опоре крепят накладки 4 из марганцовистой стали, обладающей высокой износоустойчивостью. Между конусом 7 и опорой 1 расположен резиновый конус 2. Такой узел имеется как между кузовом 10 и опорой 1, так и между опорой и тележкой 9. Внизу конус защищен от попадания грязи чехлом 8.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> через каждую центральную опору передается вертикальная нагрузка, примерно равная 11 Т.

Тяговые и тормозные усилия в горизонтальном направлении передаются через жестко соединенный с рамой кузова кронштейн 6,

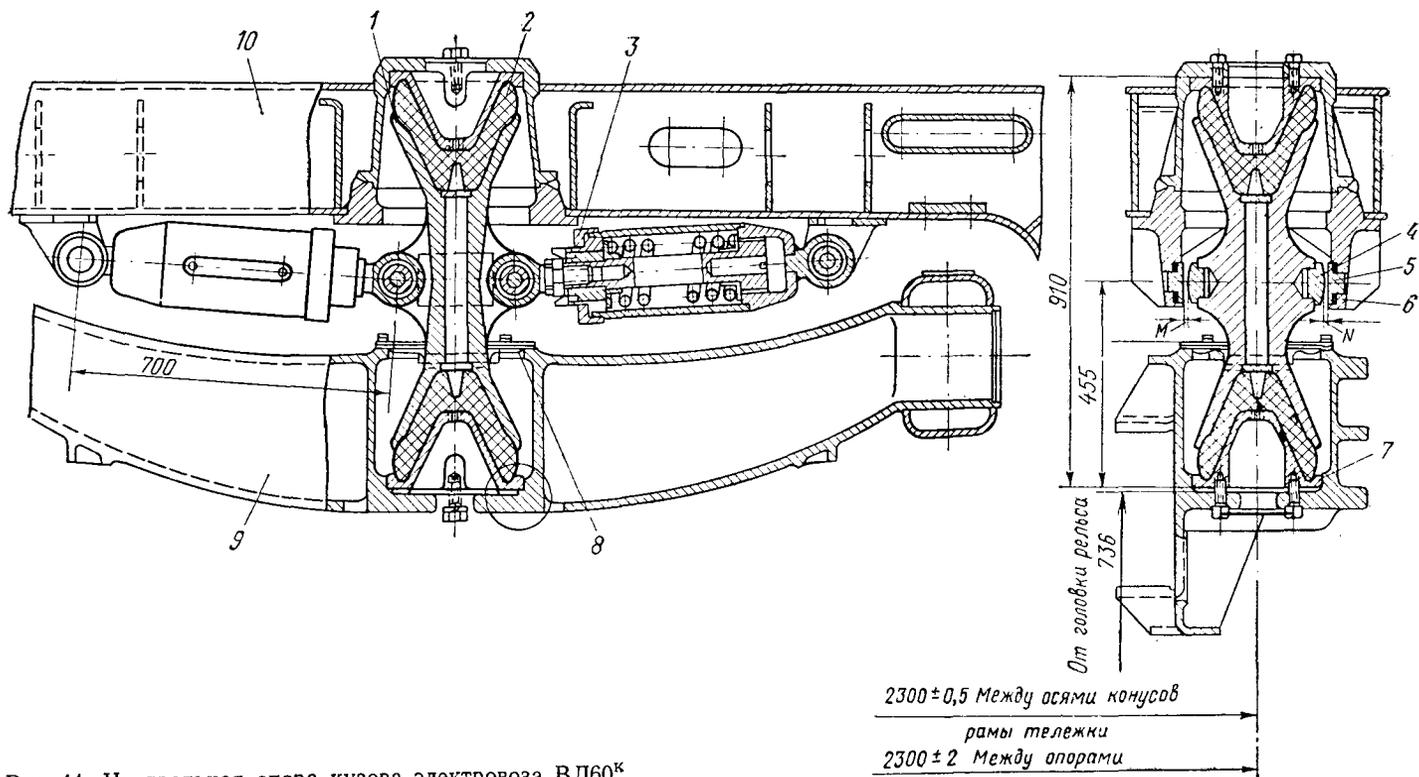


Рис. 44. Центральная опора кузова электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

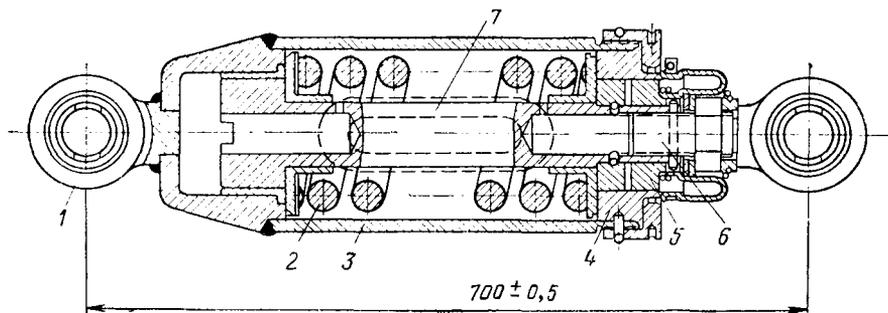


Рис. 45. Возвращающее устройство электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

который в месте соприкосновения с опорой 1 имеет накладки 5 из марганцовистой стали. Тяговые (горизонтальные) усилия при таком устройстве опоры передаются от рамы тележек 9 через резиновый конус 2 на опору 1, а от нее через тяговый кронштейн 6 — на раму кузова. Расстояние  $M$  и  $N$  между накладками не должно превышать 0,8 мм, при этом будут одновременно работать все четыре опоры.

Возвращающее устройство (рис. 45) электровоза ВЛ60<sup>к</sup> состоит из пружин 2, расположенных внутри цилиндра 3. С одного конца цилиндр имеет прилив 1, который валиком соединен с кронштейном, жестко укрепленным на раме кузова. На другом конце цилиндра нарезана резьба под гайку 4. Этой гайкой создают первоначальный натяг пружин (около 1200 кг); кроме того, она препятствует выпаданию пружин 2 из цилиндра. Внутри цилиндра пружина сжата с двух концов стаканами 5, которые соединены стержнями 7.

Со стороны опоры в стержень ввернут специальный болт 6 с кольцом на другом конце. Этим кольцом возвращающее устройство присоединено к опоре с помощью валика. Цилиндры с пружинами присоединены к опоре с двух сторон.

Величину первоначального натяга регулируют поворотом гайки 4 в цилиндре 3. Гайка, нажимая на стаканы, сдвигает их, в результате чего уменьшается или увеличивается расстояние между ними. При увеличении этого расстояния величина натяга уменьшается, а при уменьшении — увеличивается. Первоначальный натяг пружин 2 соответствует их сжатому состоянию, придающему нормальное вертикальное положение опоре.

На электровозе ВЛ60<sup>к</sup> установлены четыре боковые опоры. Боковая опора (рис. 46) состоит из двух узлов; один из них расположен на раме кузова, другой — на раме тележки. Связь между узлами осуществляется стержнем 5. Нижний конец стержня опирается на вкладыш 3, установленный в кронштейне 7 рамы тележки 9. На другой конец стержня 5 опирается стакан 4. Между ними находится вкладыш 3, изготовленный из марганцовистой стали, а между стаканом 4 и основанием кронштейна 10 рамы кузова 1 — пружина 2. Если электровоз находится на ровном участке пути, то пружина 2 боковой опоры должна быть сжата примерно до 47 мм.

Через каждую боковую опору передается вертикальная нагрузка от кузова на тележку, равная 5,5—6 Т. Эту нагрузку можно регулировать пробкой 8 в кронштейне 7.

На электровозах последних выпусков дополнительно установлены скользящие опоры трения, которые поглощают энергию, возникающую при колебаниях кузова, и тем самым способствуют прекращению колебаний кузова при движении электровоза.

На восьмиосных электровозах ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>г</sup> и ВЛ82 система опор кузова на тележки одинакова. Каждая секция имеет свою систему центральных опор шкворневого типа и боковых опор трения. Тяговые и тормозные усилия передаются от тележки на кузов через шкворневую опору, а вертикальная нагрузка от кузова на тележки — только через боковые опоры трения. Горизонтальные тяговые усилия действуют на раму кузова через шкворень и кронштейны на шкворневой опоре.

Центральная опора ВЛ80<sup>к</sup> (рис. 47) состоит из шаровой связи и возвращающего устройства. Один конец шкворня 14 запрессовывается в кузов с усилием около 60 Т, на втором конце шкворня свободно сидит втулка 12, запрессованная в шаровой вкладыш 11, который может поворачиваться в кольце 10, установленном в корпусе 8 и зафиксированном стопорным кольцом 9. Корпус 8 воздействует на упор 7 и через него на опорные шайбы 6. Между шайбами 6 и 2 находятся пружины 3 и 4, расположенные в стакане 5. Стакан закрыт крышкой 1. Предварительный натяг пружин создается усилием 2300 кГ и регулируется прокладками, установленными между пружинами и шайбами 2.

Конец шкворня в гнезде шкворневой балки рамы тележки имеет вместе с вкладышем поперечный разбег в направляющих балки по 30 мм в каждую сторону. Поперечный разбег обеспечивает возможность перемещения кузова в поперечном направлении, вследствие чего уменьшается боковое давление на рельсы, обусловленное массой кузова, особенно при вписывании электровоза в кривые. Пружины возвращающего устройства вследствие первоначального натяга стремятся установить шкворень в среднее положение. Максимальное возвращающее усилие пружин достигает 5500 кГ.

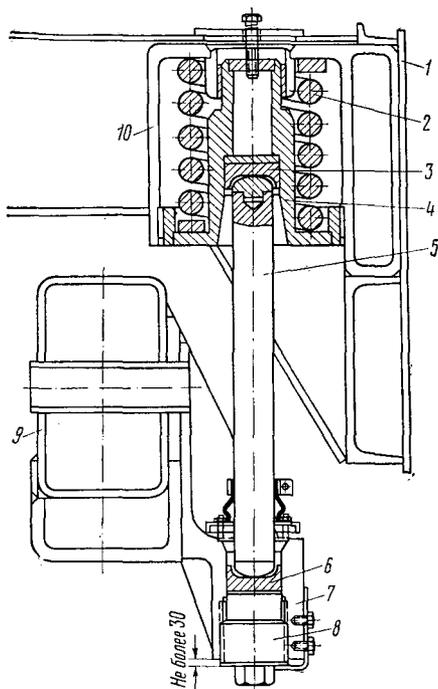


Рис. 46. Боковая опора кузова электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

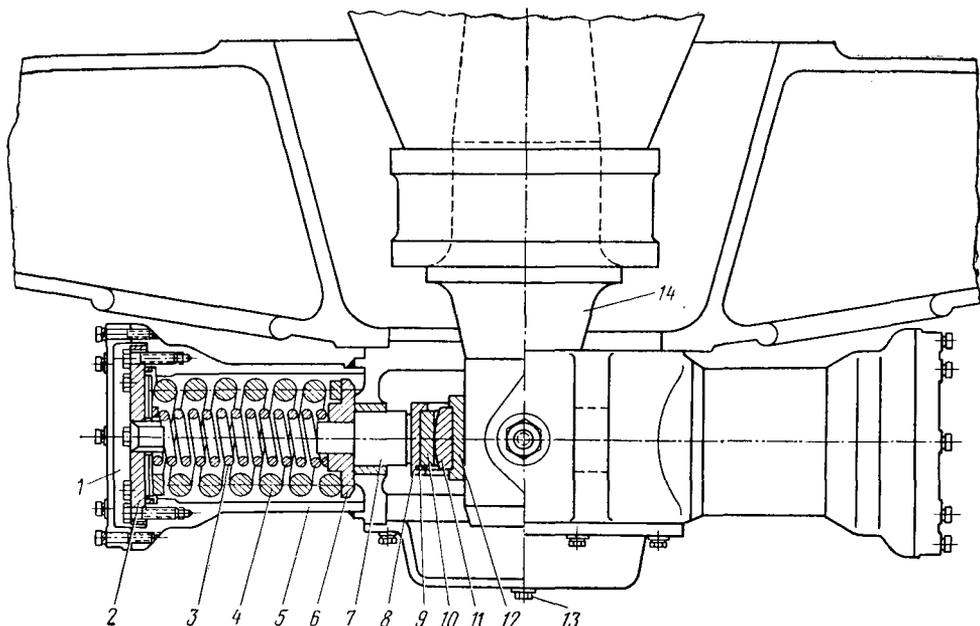


Рис. 47. Центральная (шкворневая) опора восьмиосных электровозов

Все внутреннее пространство гнезда шкворня заполняют трансмиссионным автотракторным маслом. Крышки снабжены уплотнительными шайбами, предупреждающими вытекание масла. Для спуска масла в центре крышки поставлена пробка 13.

Боковые опоры на восьмиосном электровозе расположены на продольных балках рам тележек по две на каждой стороне. К продольным балкам приваривают специальные накладки под подпятник 18 опоры 17 (рис. 48, а).

Боковая опора состоит из двух стаканов и пружин. Один стакан 4 жестко связан с рамой кузова болтами 3, а другой стакан 12 опирается на раму тележки. Между стаканами помещены пружины 8. Вес кузова через площадки стакана 4 и пружину 8 передается на площадки стакана 12. Это делает боковую опору вторичной рессорной системой подвешивания электровоза ВЛ80<sup>к</sup>, так как допускается перемещение кузова относительно тележки и поэтому между ними имеется вертикальный зазор, равный 34 мм.

Стакан 12 опирается сферической поверхностью на опору 17, на которой предусмотрены канавки для циркуляции смазки с целью уменьшения износа трущихся поверхностей. Опора 17 через шайбы 19 воздействует на подпятник 18, опирающийся на накладки продольной балки рамы тележки. Он может скользить по ним в масляной ванне полости Б. Масло к поверхностям трения стакана 12 и опоры 17 подводится из полости А фитилем 6 по трубе 7 с крышкой 5. Чтобы в полость А не попадали посторонние предметы, ее закрывают диском

2, прикрепленным к стакану 4 винтами 1, а полость Б — гибким чехлом 14. Последний укреплен на стороне кузова ободом 13, а на стороне тележки — ободом 15 и гайкой 16. В полость А заливают 0,8 кг, в полость Б — 1,5 кг осевого масла через специальные масленки.

Пружина 8 рассчитана на нормальную передачу усилия примерно 6400 кг, при этом высота пружины равна 280 мм. Если пружина имеет меньшую высоту, подкладывают шайбы 9, 10, 11.

Для обеспечения правильной развески электровоза по осям в случае необходимости регулируют боковые опоры, для чего под опору 17 подкладывают шайбы 19. Однако число таких шайб под каждой опорой не должно превышать семи.

В последнее время восьмиосные электровозы выпускают с несколько измененной системой подачи масла к поверхностям трения опор. Смазывание этих поверхностей осуществляется в одной масляной

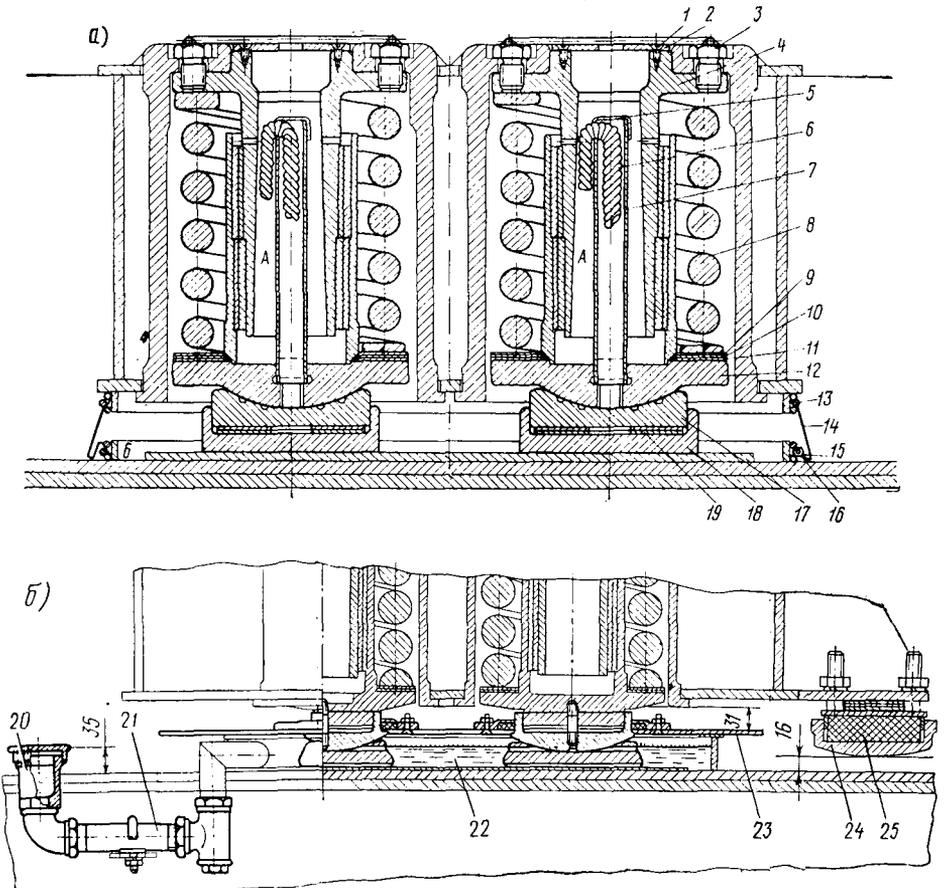


Рис. 48. Боксовая опора восьмиосных электровозов (а) и система подачи масла к боковым опорам трения (б)

ванне. Масло из масленки 20 (рис. 48, б) по трубе 21 подается в ванну 22, в которой расположены две пары трения: опора стакана — подпятник и подпятник — накладки на продольной балке тележки. Ванна 22 закрыта крышкой 23. Упор 24 ограничивает вертикальные отклонения кузова. Между упором и рамой тележки имеется воздушный зазор 16 мм. Вначале кузов отклоняется в пределах этого зазора, а затем под действием упругих свойств резины 25 упора до 35 мм.

Кузов может также опираться на раму тележки, через так называемую систему люлечного подвешивания. Такая система является вторичным рессорным подвешиванием локомотива и впервые была применена на нескольких электровозах ВЛ80<sup>к</sup>, а затем на электровозах ВЛ82<sup>м</sup> и ВЛ80<sup>г</sup>. Люлечное подвешивание, помимо передачи вертикальных сил от кузова на тележки, также воспринимает и передает горизонтальные поперечные усилия, возникающие под действием ветра, центробежных сил и др. Известно, что центробежные силы, как правило, возникают при вписывании электровоза в кривые участки пути, следовательно, наличие люлечного подвешивания обеспечивает плавный вход экипажа в кривые и выход из них. При отклонении кузова из центрального положения люлечное устройство создает усилия, возвращающие кузов в исходное положение.

Расположение опор кузова восьмиосных электровозов с люлечным устройством показано на рис. 49.

Рассмотрим устройство люлечного подвешивания на электровозах ВЛ82<sup>м</sup> (рис. 50). Оно состоит из двух узлов: верхнего, конструктивно связанного с рамой тележки, и нижнего, связанного с рамой кузова. Оба узла объединены одним стержнем 7. Верхний конец стержня имеет привалочный фланец 10, опирающийся на пружину 9, которая другим концом опирается на фланец стакана 8. Последний через систему шарнирных упоров 3, 4 опирается на кронштейн 11 рамы тележки. Между внутренней стенкой стакана 8 и стержнем 7 устанавливают втулки из марганцовистой стали для обеспечения работы этого узла трения без смазки.

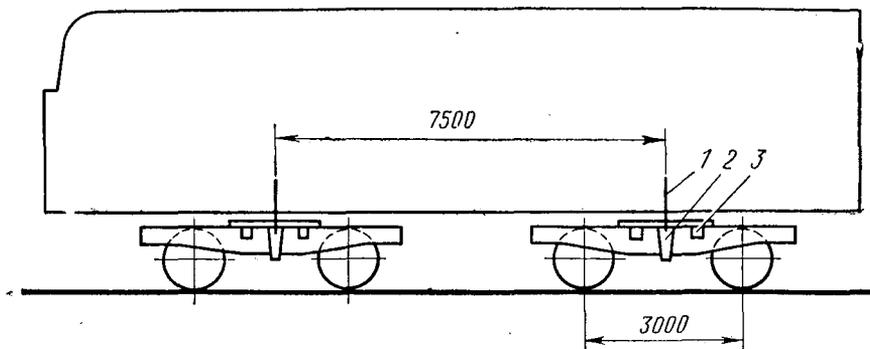


Рис. 49. Расположение опор кузова восьмиосных электровозов с люлечным подвешиванием (показана одна секция):

1 — центральный шкворень; 2 — кронштейн на раме тележки под люлечное устройство; 3 — кронштейн на раме тележки под амортизаторы

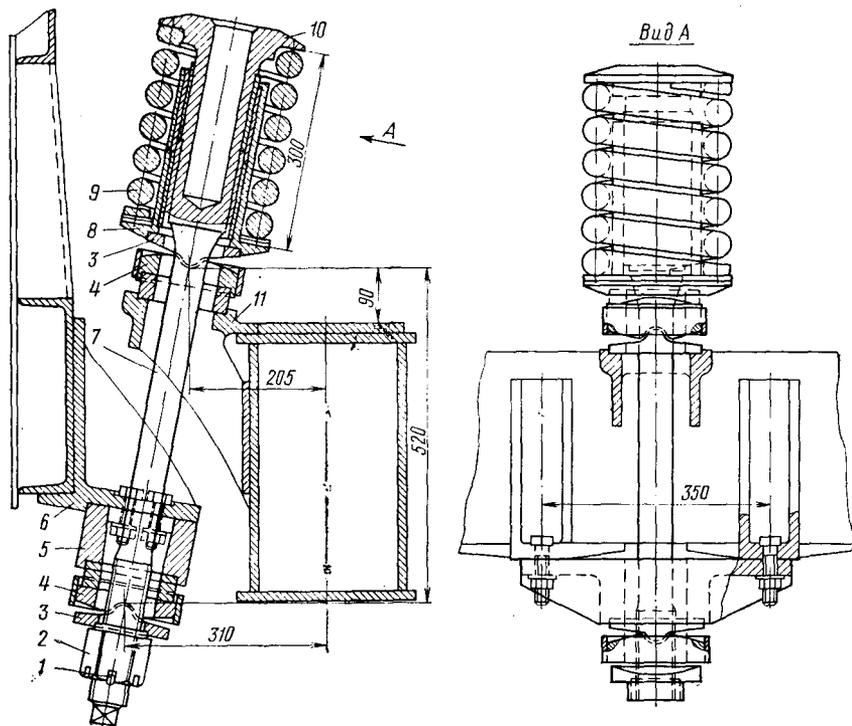


Рис. 50. Устройство люечного подвешивания кузова восьмиосных электрозвов

Нижний узел устройства состоит из балочки 5, прикрепленной болтами к кронштейну рамы кузова 6. Кузов опирается на балочку 5, затем нагрузка от него через систему шарнирных упоров 3, 4 передается на гайку 2, навинченную на нижний конец стержня 7 и закрепленную шплинтом 1. Таким образом, благодаря пружине 9 вес кузова упруго передается на тележки электровоза. Пружина 9 изготовлена из высококачественной стали. При рабочей высоте пружины 300 мм нагрузка на нее составляет 6700 кг.

Система шарнирных упоров 3, 4 обеспечивает перемещение кузова относительно тележек в поперечном направлении, а также поворот тележек под кузовом.

На электрозвозах с люечным подвешиванием кузова на раме тележки вместо накладок под скользящую плиту боковой опоры (см. рис. 48) приваривают по два кронштейна 2 (см. рис. 49) на внешней стороне продольной балки рамы тележки. Кроме того, шаровая связь центрального шкворня (см. рис. 47, а) выполняется без пружин 3, 4 и стакана 5, поскольку поперечные перемещения передаются люечным подвешиванием.

Поперечные отклонения кузова от центрального положения ограничиваются боковыми упорами 4 (рис. 51), установленными на раме кузова. Между упором и рамой тележки имеется зазор 20 мм.

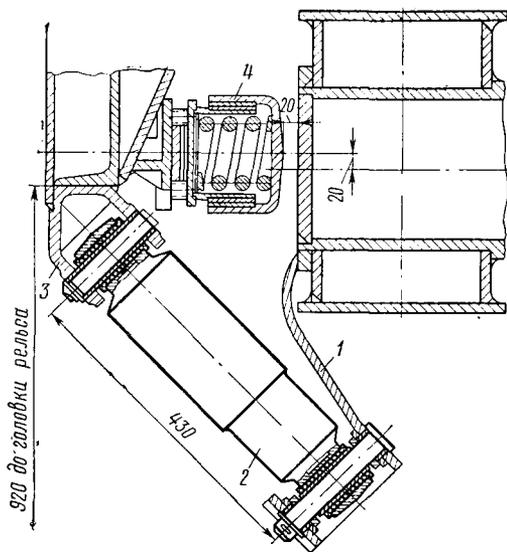


Рис. 51. Установка амортизаторов

действия такие же, как применяемые с этой целью на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>, но отличаются по конструкции.

На восьмиосных электровозах с целью выравнивания нагрузок на колесные пары при движении, а также повышения использования сцепного веса применяют противоразгрузочное устройство (рис. 52). Оно состоит из цилиндра 10, укрепленного на кронштейне буферного бруса кузова, и рычага 8, средняя часть которого шарнирно прикреплена валиком 7 к кронштейну 5, установленному на кузове. Один конец рычага 8 соединен со штоком цилиндра валиком 9, а на другом конце его установлен ролик 6, через который передаются нагрузочные усилия на специальные планки, расположенные на

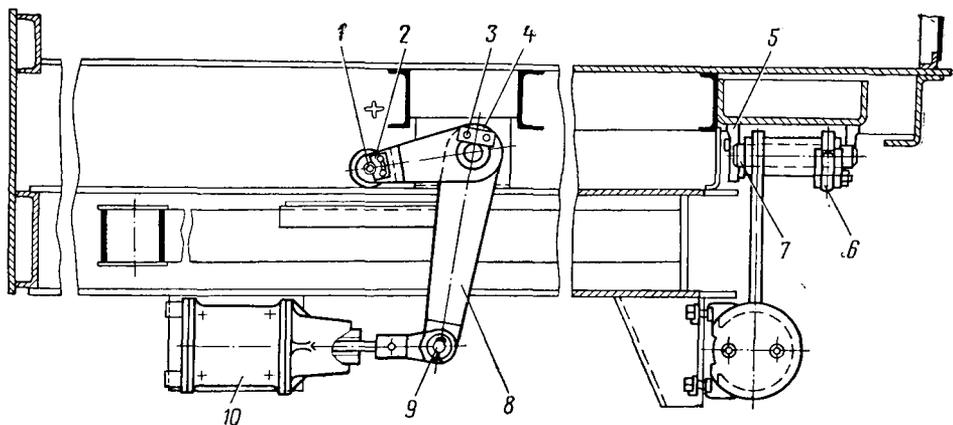


Рис. 52. Противоразгрузочное устройство восьмиосных электровозов

концевых поперечных балках рам тележек. Чтобы валик ролика 1 не мог выпасть, установлена планка 2, закрепленная болтами 3 и проволокой 4, проходящей через отверстия головок болтов.

Всего на электровозе установлено четыре противоразгрузочных устройства, из которых одновременно работают два. При движении электровоза в работу включаются передние по ходу тележек противоразгрузочные устройства, а задние выключаются. Усилие, с которым противоразгрузочное устройство действует на раму тележки, изменяется пропорционально силе тяги электровоза. В эксплуатации необходимо проверять наличие смазки в шарнирах противоразгрузочного устройства, так как при отсутствии ее это усилие будет изменяться под действием сил трения в шарнирах.

Если в системе рессорного подвешивания применены только цилиндрические пружины, приходится дополнительно устанавливать амортизаторы. Как известно, у цилиндрических пружин практически отсутствуют силы трения, поэтому колебания в них, вызванные внешними силами, могут продолжаться длительное время. Для того чтобы предупредить возможность возникновения незатухающих колебаний кузова или рамы тележки электровоза, устанавливают гасители колебаний — амортизаторы. Назначение амортизаторов — поглощать энергию ударов, вызывающих колебания цилиндрических пружин. На восьмиосных электровозах во второй ступени рессорного подвешивания (между рамами кузова и тележек), где применены только цилиндрические пружины, дополнительно устанавливают гидравлические амортизаторы. На электровозах ЧС4 такие амортизаторы устанавливают в первой ступени рессорного подвешивания — между буксовым узлом и рамой тележки.

Гидравлические амортизаторы в отличие от амортизаторов других систем являются гасителями вязкого трения, т. е. поглощение сил удара в них происходит в процессе продавливания жидкости из одной полости в другую через калиброванное отверстие вследствие возникающего при этом сопротивления движению жидкости.

Гидравлические амортизаторы электровозов (рис. 53) состоят из двух частей, которые могут перемещаться друг относительно друга. Верхняя часть 2 амортизатора прикреплена к кронштейну 1 рамы кузова с помощью валика 3 и резиновой втулки 4. Нижняя часть 15 амортизатора прикреплена к кронштейну 16 рамы тележки таким же образом.

В случае возникновения вертикальных колебаний кузова относительно тележки (или тележки относительно буксового узла на электровозе ЧС4) шток 5, прикрепленный винтом 21 к верхней части 2 амортизатора, с поршнем 17 может перемещаться вверх или вниз. При движении штока с поршнем вниз происходит процесс сжатия, и жидкость (масло) из подпоршневой полости В рабочего цилиндра 11 продавливается через дросселирующее отверстие в нижнем клапане 14 в полость А внешнего цилиндра 12. Одновременно открывается отверстие в верхнем клапане 13, и жидкость переходит в надпоршневую полость Б рабочего цилиндра. При движении штока с поршнем вверх (процесс растяжения) верхний клапан 13 опускается

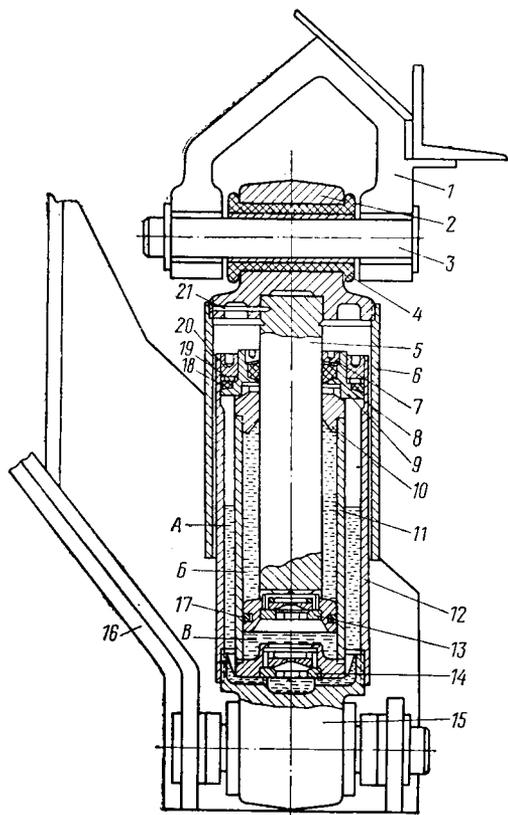


Рис. 53. Гидравлический амортизатор восьмиосных электровозов

Гидравлические амортизаторы, устанавливаемые в первой ступени рессорного подвешивания электровозов ЧС4, по принципу действия аналогичны описанному и отличаются конструкцией.

## § 16. Вентиляционные устройства

В процессе работы электрического оборудования электровоза — тяговых двигателей, выпрямительных установок, трансформаторов, вспомогательных машин, аппаратуры — происходят потери энергии, которые обычно выделяются в виде тепла. Это тепло необходимо отвести от машины или аппарата во внешнюю среду. На электровозах предусматривают специальные вентиляционные устройства, обеспечивающие интенсивную подачу необходимого количества воздуха для охлаждения трансформатора, тяговых двигателей, выпрямительной установки, сглаживающих реакторов. Устройства вентиляции состоят из вентиляторов, воздухопроводов прямоугольного

и жидкость перетекает из полости Б в полость В через дросселирующие отверстия в клапане 13. Наряду с этим поднимается нижний клапан 14, и жидкость из полости А поступает в полость В.

В качестве рабочей жидкости применяют трансформаторное масло в количестве 0,6 л.

Для заполнения амортизатора маслом необходимо отвернуть защитный цилиндр 6, затем гайки 7 и 20, освободить резиновые уплотнения цилиндров 8 и 18, металлическое кольцо 19, крышку 9 и направляющую штока 10. После того как амортизатор будет заполнен маслом, прибор необходимо собрать в обратном порядке. В системе люлечного подвешивания гидравлические амортизаторы 2 (см. рис. 51) устанавливают под углом  $45^\circ$ .

Одним концом они шарнирно связаны с кронштейном 3 рамы кузова, а другим — с кронштейном 1 рамы тележки.

сечения, фильтров и специальных заслонок. Вентиляторы приводятся во вращение электродвигателями. Воздухопроводы выполнены из тонколистовой стали, фильтры — из металлических сеток, регулирующие заслонки (шиберы) — из листовой стали.

Схема вентиляции электровоза ВЛ60<sup>к</sup> (рис. 54, а) предусматривает четыре параллельных воздушных потока, направленных сверху электровоза вниз. Каждый воздушный поток независим от других. Два крайних воздушных потока симметричны, их используют для охлаждения выпрямительных установок и части тяговых двигателей *ТД I*, *ТД II*, *ТД V* и *ТД VI*. Воздух засасывается через жалюзи 4, затем проходит через фильтры, очищающие его от пыли, и после этого поступает в камеру для охлаждения выпрямительных установок 3. Далее вентиляторы 2 (*МВ I*, *МВ 2*, *МВ 5* и *МВ 6*) нагнетают воздух в тяговые двигатели со стороны коллектора. Воздух выходит из двигателя наружу, в атмосферу, с противоположной стороны.

Два других воздушных также параллельных потока от вентиляторов. *МВ 3* и *МВ 4*, расположенных в середине электровоза, охлаждают сглаживающие реакторы 7, индуктивные шунты 8, теплообменники 6 тягового трансформатора и тяговые двигатели *ТД III* и *ТД IV*. Воздух через жалюзи и фильтры поступает в камеры, где расположены сглаживающие реакторы и индуктивные шунты, а после вентилятора разветвляется по двум направлениям: к теплообменнику трансформатора и к тяговому двигателю. Распределяют воздух между тяговым двигателем и теплообменником тягового трансформатора регулирующими заслонками.

Кроме того, в кожухе вентиляторов и воздуховоде устроены патрубки 1, 5 и 9 с заслонками, через которые некоторая часть воздуха выбрасывается внутрь кузова. Таким образом внутри кузова создают избыточное давление, препятствующее проникновению через неплотности кузова наиболее запыленной части воздуха, находящегося непосредственно над железнодорожным полотном, а также охлаждают оборудование, расположенное внутри кузова.

Система вентиляции (рис. 54, б) и ее устройства в каждой секции электровоза ВЛ80<sup>к</sup> одинаковы. Охлаждающий воздух засасывается через расположенные на крыше воздухозаборные устройства 12 (жалюзи и фильтры) и поступает в осевые вентиляторы 11. Вентиляторы нагнетают воздух в выпрямительную установку 10, откуда часть воздушного потока направляется в кузов, а часть поступает для охлаждения сглаживающего реактора 8 и по двум воздуховодам в теплообменники 5 тягового трансформатора. Нагретый воздух выбрасывается наружу в атмосферу.

Оборудование, расположенное внутри кузова, охлаждается воздухом, поступающим через патрубки 4 и 9. Из кузова воздух выходит наружу через дефлекторы 6, установленные на крыше. Отверстия для выхода воздуха в дефлекторах выбраны с таким расчетом, чтобы давление в кузове было выше атмосферного: это предупреждает проникновение пыли внутрь кузова через неплотности.

Для регулирования расхода воздуха через сглаживающий реактор используют заслонку 7.

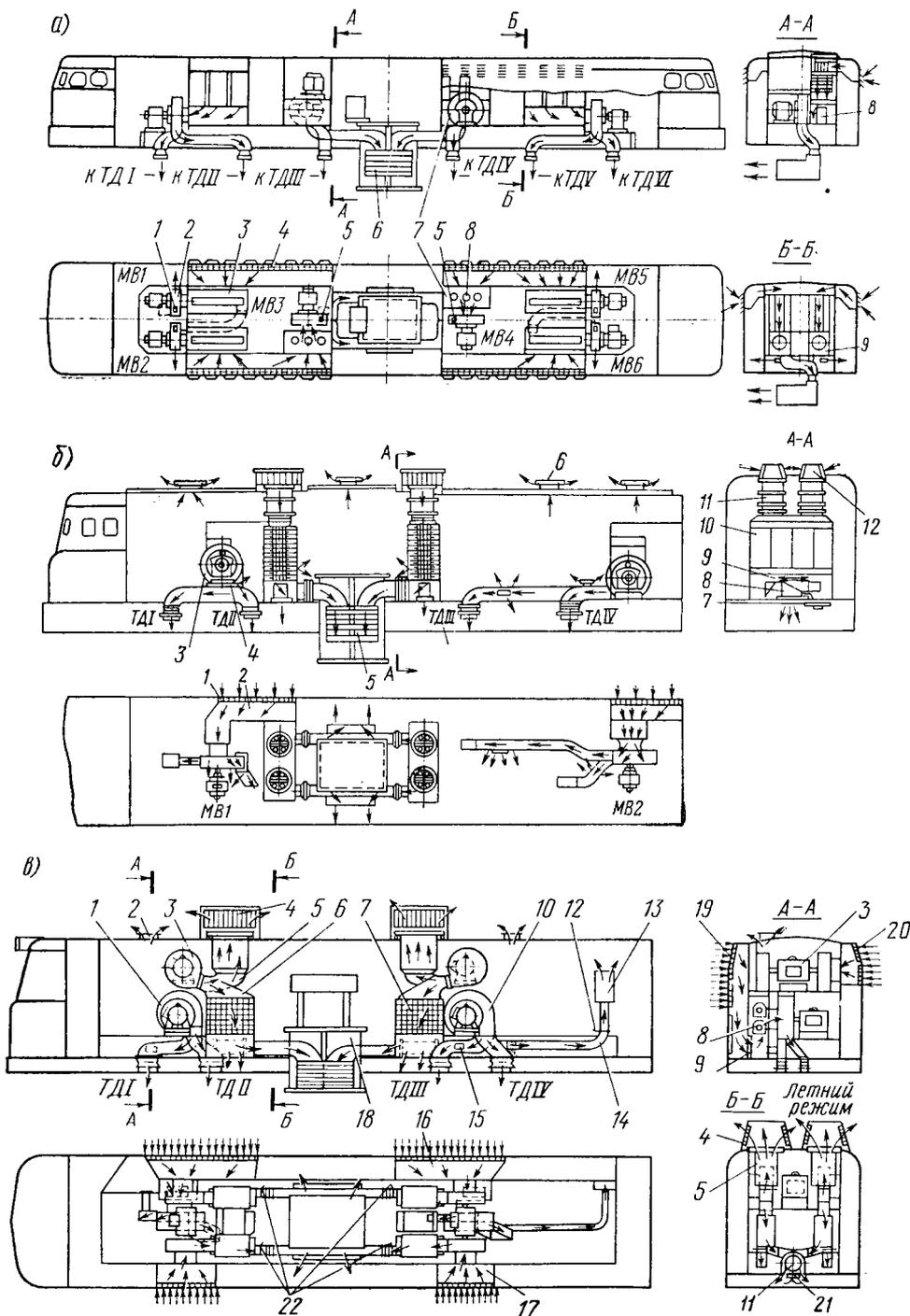


Рис. 54. Схемы вентиляции электровозов ВЛ60<sup>к</sup> (а), ВЛ80<sup>к</sup> (б) и ВЛ80<sup>т</sup> (в)

Вентиляция двигателей осуществляется воздухом, засасываемым через воздухозаборные устройства 1. Далее воздух проходит через форкамеру 2, где очищается от пыли и капельной влаги. Вентиляторы 3 (*МВ1* и *МВ2*) по воздуховодам нагнетают воздух в двигатели.

На электровозе ВЛ80г в машинном помещении установлен центробежный вентилятор 1 (рис. 54, в). Забор воздуха производится через жалюзи 19. На пути до вентилятора воздух охлаждает индуктивные шунты 8, а после вентилятора — тяговые двигатели *ТД1* и *ТД11*; выбрасывается воздух под кузов.

Два центробежных вентилятора с одномоторным приводом 3, установленные в том же конце машинного помещения, где и вентилятор 1, производят забор воздуха через жалюзи 19 и 20. Специальное устройство переключения 6 позволяет воздух от вентиляторов направить на охлаждение или блока тормозных реостатов 5 (при работе электровоза в режиме электрического торможения), или выпрямительной установки 7, трансформатора 18 и сглаживающего реактора 11 (в режиме тяги). Распределение воздуха между ними осуществляется заслонками 22 (на трансформатор) и 21 (на реактор). После охлаждения блока тормозных реостатов воздух выходит через жалюзи 4 на крыше электровоза.

В другом конце машинного помещения установлены такие же вентиляторы, и охлаждение аппаратов и тяговых двигателей *ТД111* и *ТД114* производится аналогичным образом. Некоторое отличие заключается в том, что от вентилятора 10, охлаждающего двигатель *ТД114*, часть воздуха по воздухопроводу 14 направляется на охлаждение блока выпрямительной установки возбуждения 13. Количество необходимого воздуха для нее устанавливается заслонкой 12, фиксируемой в определенном положении.

В воздуховодах к тяговым двигателям *1* и *111* имеются заслонки 15, через которые производится выброс воздуха в кузов для создания противодавления с целью предупреждения проникновения в кузов пыли через неплотности. Из кузова воздух выходит через дефлекторы 2, расположенные на крыше. Перед вентиляторами в кузове предусмотрены форкамеры 16, 17 и малая 9.

Система вентиляции имеет летний и зимний режимы работы. Зимой на воздухозаборные жалюзи устанавливаются фильтры—шторы.

## § 17. Песочницы

На всех электровозах имеются устройства, осуществляющие подачу песка на рельсы под колеса электровоза, в результате чего значительно увеличивается коэффициент сцепления колес с рельсами, а следовательно, и сила тяги электровоза. Песок применяют также и в тех случаях, когда необходимо предупредить или остановить боксование колес электровоза, а также при экстренном торможении.

Песок, применяемый в песочных устройствах электровоза, должен свободно и равномерно проходить по трубам, иметь зерна размером от 0,1 до 2 мм (зерна меньше 0,1 мм относятся к пыли). Песок должен

обладать достаточной твердостью и прочностью. Последнее свойство определяется количеством кварца, содержащегося в нем: в песке нормального качества кварца должно быть не менее 70%, а повышенного качества — не менее 90%. Песок не должен изменять своих качеств при нагревании в сушильных печах и легко отдавать содержащуюся в нем влагу.

Песочные устройства на электровозах состоят из бункера, форсунки и труб, проводящих песок. Емкость бункеров на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ82 составляет примерно 2500 л, а на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и ЧС4 равна 1600 л. Бункер заполняют песком через люки, расположенные на крыше электровозов. Из бункера песок поступает в форсунку по трубопроводу.

Рассмотрим, как работает песочное устройство, например, на электровозе ВЛ80<sup>к</sup> (рис. 55). Когда приводят в действие ручной клапан 3 песочницы, воздух из питательной магистрали 4 через разобщительный кран 2, клапан 3, переключающий клапан 5 поступает к форсунке 6. При этом песок подается только под 1-ю колесную пару той секции электровоза, из кабины которой ведется управление.

В том случае, когда требуется подать песок под несколько колесных пар электровоза или когда электровозы работают по системе многих единиц, управление песочными устройствами осуществляется с помощью электропневматических клапанов 1. Эти клапаны получают питание от выключателей песочниц, установленных в кабинах машиниста, через блокировки реверсора *Вп* или *Наз*, после чего воздух из питательной магистрали через разобщительные краны, клапаны 1, переключающий клапан 5 поступает в форсунки колесных пар I, III, V и VII электровоза и под эти же колесные пары подается песок.

Форсунка (рис. 56) имеет отверстие I для ввода и отверстие II для вывода песка через трубы. Трубы присоединяют к корпусу форсунки 6 накидными гайками 4 и кольцами 5, привариваемыми к тру-

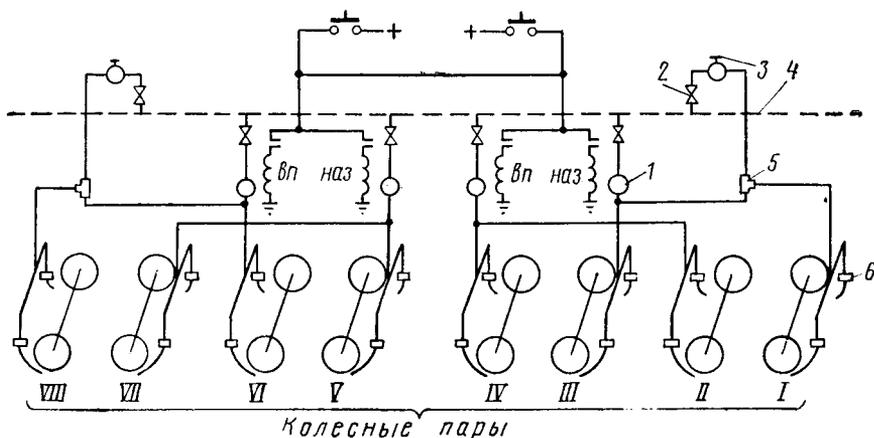


Рис. 55. Схема пескоподачи на восьмиосных электровозах

бам. Третье отверстие предназначено для чистки форсунки, оно нормально закрыто крышкой 1, привинченной болтами 3, и уплотнительной резиной 2.

Через отверстие в корпусе с регулирующим болтом 9 перепускают поступающий воздух из магистрали в сопло 7, а оттуда в отверстие в для рыхления песка, находящегося в камере а. Воздух из сопла 7 поступает в камеру б, засасывает песок из камеры а и дальше по трубам поступает вместе с песком на рельсы. Вращая болт 9, регулируют подачу песка от 400 до 500 г в 1 мин на одну форсунку.

По каналу (с заглушкой 8) воздух проходит вокруг наружной поверхности сопла, чем достигается повышение давления в камере б. При этом увеличивается скорость истечения песка, однако без увеличения расхода песка.

Подобные устройства имеются и на электровозах других типов.

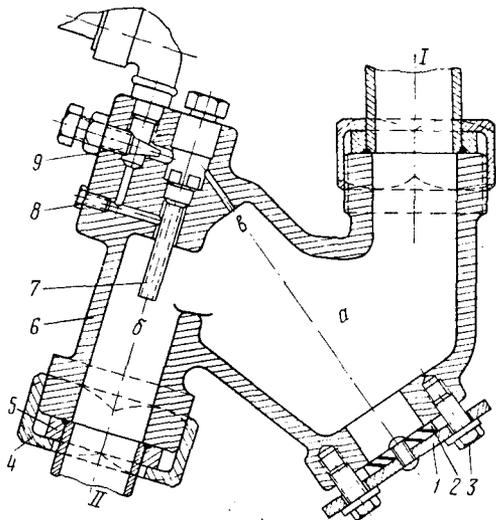


Рис. 56. Форсунка песочницы

## ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

### § 18. Условия работы тяговых двигателей

Тяговые двигатели электровозов переменного тока работают в условиях резких изменений нагрузок и скоростей вращения (в широких пределах).

Это обусловлено частыми пусками электровозов, преодолением ими подъемов, а также значительными колебаниями напряжения в контактной сети.

На тяговые двигатели воздействуют, кроме того, механические силы, возникающие от сотрясений и ударов при движении электровоза. Особенно велики динамические усилия, воздействующие на двигатели с опорно-осевым подвешиванием. Динамические нагрузки большой величины через зубчатую передачу передаются на якорь двигателя, причем только часть их поглощается в пружинных элементах прямозубой передачи.

Эти силы усложняют условия работы ряда узлов двигателя и, в частности, щеточного аппарата.

На работу двигателя также оказывает влияние окружающая среда — снег, пыль и т. п. Пыль, поднимающаяся с пути при движении подвижного состава, угольная пыль от истирающихся щеток и влажность воздуха способствуют загрязнению, отсыреванию и снижению электрической прочности изоляции узлов двигателей.

Поэтому к тяговым двигателям предъявляют особые требования, обеспечивающие их надежную работу в эксплуатации.

Так, необходимо, чтобы тяговые двигатели выдерживали значительные перегрузки, температура нагрева их обмоток не превосходила допустимую для изоляции определенного класса, коммутация была надежной, устойчивой. Кроме того, тяговые двигатели должны быть механически прочными, особенно в местах подвески к раме тележки и оси колесной пары. Мощность тягового двигателя желательно иметь по возможности большей при наименьших его весе и размерах, ограничиваемых шириной рельсовой колеи 1520 мм и диаметром колеса 1250 мм. Этим требованиям удовлетворяют тяговые двигатели постоянного тока последовательного возбуждения. Они допускают большие перегрузки и устойчиво работают при резких колебаниях напряжения в контактной сети.

При параллельном соединении таких двигателей, обычно выполняемом на электровозах переменного тока, обеспечивается равномерное распределение нагрузок между ними.

## § 19. Характеристики тяговых двигателей

В двигателе электрическая энергия преобразуется в механическую. Для целей тяги очень важно знать электромеханические характеристики двигателя — зависимость его механических параметров (скорости вращения, силы тяги  $F$  и коэффициента полезного действия  $\eta$ ) от электрических (тока  $I$  двигателя при номинальном напряжении на коллекторе машины).

Электромеханические характеристики строят для двигателей каждого типа. По горизонтальной оси (абсцисс) откладывают значения тока якоря в амперах, по вертикальной (ординат) значения скорости, силы тяги и к. п. д. (рис. 57—60).

Скоростная характеристика двигателя с последовательным возбуждением (зависимость скорости от тока) является крутопадающей. Чтобы обеспечить равномерное распределение тока между параллельно соединенными двигателями, необходимо для электровоза подобрать двигатели, у которых скоростные характеристики почти одинаковы. ГОСТ 2582—66 допускает отклонение скорости вращения двигателя от номинальной не более чем на  $\pm 4\%$ . Обычно для тяговых двигателей эта величина не превышает  $\pm 3\%$ . При значительной разнице в скорости вращения двигателей одного электровоза двигатель с большей скоростью будет иметь меньшую нагрузку.

Тяговые двигатели в номинальных режимах характеризуются мощностью, напряжением, током и скоростью вращения якоря.

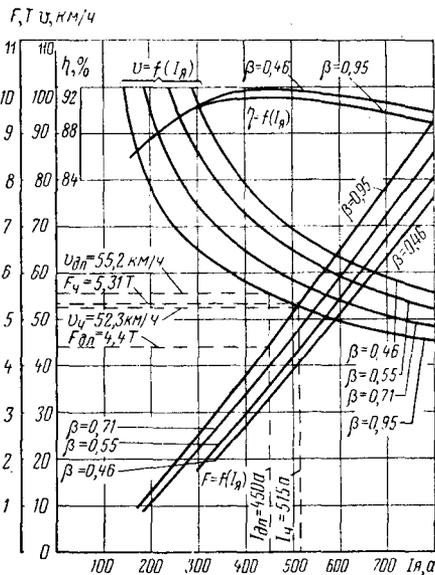


Рис. 57. Электромеханические характеристики тягового двигателя НБ-412К:  
 $\beta$  — коэффициент ослабления поля

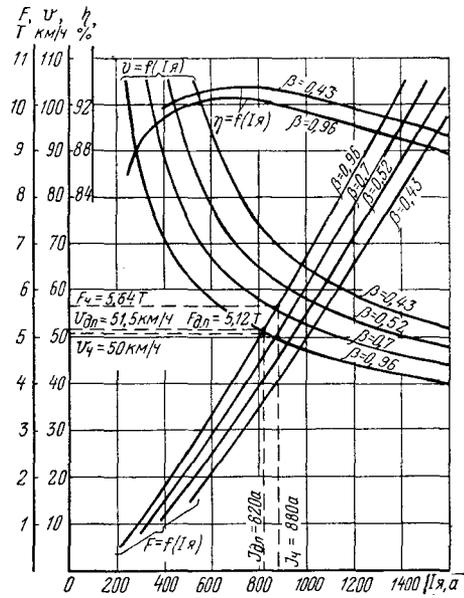


Рис. 58. Электромеханические характеристики тягового двигателя НБ-418К6

Под номинальным понимают напряжение, на которое рассчитан тяговый двигатель. Оно указано на его щитке.

Различают длительную и часовую мощность тяговых двигателей. Длительной называют мощность, с которой двигатель может работать в течение длительного времени, и при этом температура нагрева его отдельных частей не превысит допустимую. Часовой называют мощность, с которой двигатель может работать в течение 1 ч, и его обмотки за это время нагреваются под действием тока от температуры окружающей среды до предельно допустимой температуры. Часовая мощность всегда несколько больше длительной. В соответствии с длительной и часовой мощностью различают ток двигателя длительный и часовой. Работоспособность двигателя определяется нагреванием обмоток якоря и катушек полюсов. Поэтому для них установлены допустимые пределы температур, определяемые ГОСТ 2582—66.

ГОСТ 2582—66 устанавливает применительно к двигателям с опорно-осевым подвешиванием допустимое превышение температуры обмоток якоря над температурой окружающего воздуха, равное  $105^{\circ}\text{C}$  для изоляции класса В и  $180^{\circ}\text{C}$  для изоляции класса Н. Температуру окружающего воздуха принимают равной  $+25^{\circ}\text{C}$ .

Превышение температуры обмоток катушек главных и дополнительных полюсов над температурой окружающего воздуха допускается на  $10^{\circ}\text{C}$  больше, чем для обмоток якоря. Это объясняется тем, что при движении электровоза более интенсивно охлаждаются катушки полюсов, чем обмотки якоря.

На заводе-изготовителе для двигателя каждого нового типа строят кривые нагревания и охлаждения. Обычно снимают и строят такие кривые для отдельных частей двигателя. На оси ординат откладывают превышение температуры  $\tau$  в  $^{\circ}\text{C}$ , а на оси абсцисс — время

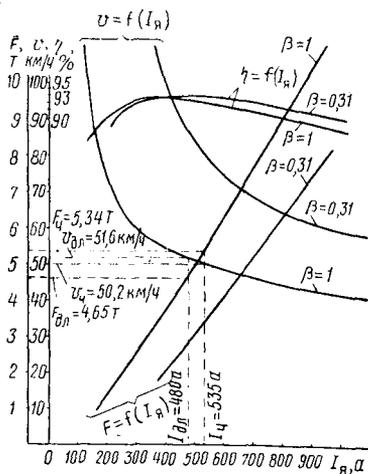


Рис. 59. Электромеханические характеристики тягового двигателя НВ-407Б

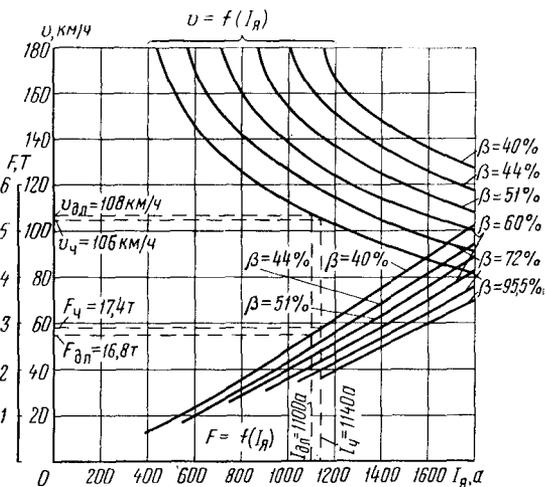


Рис. 60. Электромеханические характеристики тягового двигателя АЛ-442П

$t$  в часах. Так как нагрев обмоток тягового двигателя зависит от его тока, кривые нагревания и охлаждения строят для ряда значений тока  $I_{я}$ .

Чтобы определить, какая устанавливается температура обмотки при данной продолжительности работы двигателя и заданном значении нагрузки, пользуются кривыми нагревания. Так, по кривой нагревания и охлаждения обмотки якоря (рис. 61) можно определить, что при токе  $I_{я} = 515$  а, соответствующем часовому режиму, допустимое превышение температуры обмоток  $105^{\circ}\text{C}$  наступает через 1 ч работы тягового двигателя. Если двигатель будет продолжать работать, температура обмотки якоря превысит допустимую.

При токе 410 а, соответствующем длительному режиму работы, температура обмотки якоря не превышает допустимых значений для любой продолжительности работы двигателя. В этом случае кривая нагревания идет параллельно горизонтальной оси. Это значит, что тепло, выделяемое в двигателе, полностью отводится от него охлаждающим воздухом, т. е. наступает тепловое равновесие машины.

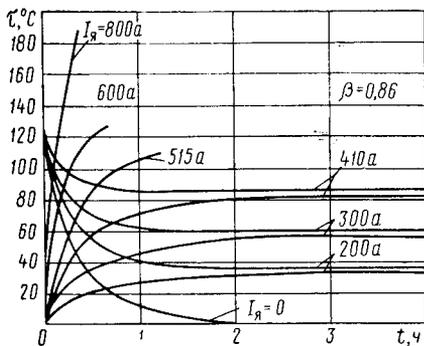


Рис. 61. Кривые нагревания и охлаждения обмотки якоря двигателей НБ-412К при количестве охлаждающего воздуха  $Q = 110$  м<sup>3</sup>/мин и различных значениях тока якоря

## § 20. Особенности коммутации тяговых двигателей

На электровозах переменного тока со статическими выпрямителями тяговые двигатели питаются выпрямленным током, пульсация которого достигает больших значений. Условия коммутации таких двигателей более тяжелые, чем у тяговых двигателей, питаемых постоянным током. Под коммутацией тока понимают процесс изменения направления тока в секции обмотки якоря при переходе ее из одной параллельной ветви обмотки в другую.

Рассмотрим сущность явления коммутации на примере двигателя с простой петлевой обмоткой якоря при условии, что ширина электрощетки равна ширине коллекторной пластины.

Ток  $2i$ , проходящий через электрощетку, когда она стоит на пластине коллектора 2 (рис. 62, а), распределяется между двумя параллельными ветвями А и Б. В каждой ветви проходит ток  $i$  (положительным будем считать направление тока влево): в секции А ток  $-i$ , а в секции Б ток  $+i$ .

Допустим, что якорь двигателя переместился и электрощетка установилась на пластине 1 (рис. 62, б). Тогда ток  $+i$  протекает по секции В, а по секции Б проходит ток  $-i$ , т. е. ток в секции Б изменил направление. Таким образом, секция Б перешла из одной параллельной ветви в другую. При переходе секция Б занимала

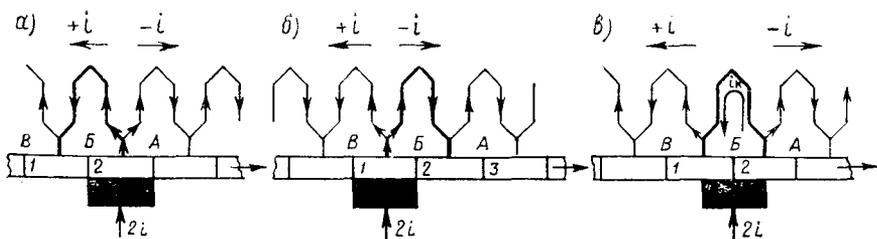


Рис. 62. Схемы, поясняющие процесс коммутации тока при различных положениях электрощетки

промежуточное положение, когда электрощетка перекрывала обе пластины 2 и 1 (рис. 62, в). В этот момент она оказалась замкнутой накоротко, и в ней вследствие изменения тока  $i$  от конечного значения до нуля появилась э. д. с. самоиндукции, или реактивная э. д. с. Величина э. д. с. тем больше, чем быстрее изменяется (убывает) ток в короткозамкнутой секции Б. Как известно, э. д. с. самоиндукции стремится препятствовать изменению тока  $i$  в короткозамкнутой секции Б. Можно представить себе, что под влиянием э. д. с. самоиндукции в секции Б возникает дополнительный ток коммутации  $i_k$ , который направлен встречно по отношению к току  $i$  в секции Б, но совпадает по направлению с током в секции А.

Это вызывает понижение плотности тока под набегающим концом электрощетки и повышение ее под сбегающим концом. В момент, когда щетка сходит с пластины коллектора 2, прерывается цепь короткозамкнутого контура секции Б и появляется искрение. При определенных условиях искрение может перейти в круговой огонь.

Искрение и круговой огонь являются внешними признаками неудовлетворительной коммутации тягового двигателя.

В соответствии с ГОСТ 183—66 установлены следующие пять степеней искрения, называемые классами коммутации: класс 1 — искрение отсутствует (темная коммутация); класс  $1^{1/4}$  — слабое точечное искрение приблизительно под четвертью длины щетки у небольшого количества щеток; класс  $1^{1/2}$  — слабое искрение под большей частью щетки примерно у половины щеток; класс 2 — искрение под всем краем щеток у большей части щеток; класс 3 — значительное искрение под всем краем щетки у всех щеток.

Классы коммутации до  $1^{1/2}$  считают допустимыми для всех номинальных режимов работы, класс 2 — только при кратковременных толчках нагрузки и перегрузки, класс 3 — недопустимым, кроме случаев прямых (без реостатов) включений или реверсирования при условии, что коллектор и щетки после этого пригодны для дальнейшей работы.

Для того чтобы обеспечить надежную, безыскровую коммутацию в тяговых двигателях, предусмотрены дополнительные полюсы. Когда короткозамкнутая секция пересекает магнитный поток дополнительного полюса, в ней возникает так называемая коммутирующая э. д. с., которая всегда направлена встречно по отношению к э. д. с. само-

индукции. Коммутирующая э. д. с. компенсирует реактивную э. д. с. и в результате создаются условия для удовлетворительной коммутации тягового двигателя.

Значительное влияние на качество коммутации тяговых двигателей оказывают потенциальные условия на коллекторе. Коммутация тягового двигателя будет протекать нормально, если между двумя соседними пластинами коллектора возможное наибольшее напряжение не превысит такой величины, при которой происходит перекрытие пластин электрической дугой. Допустимая величина напряжения между соседними пластинами коллектора находится в пределах 30—40 в.

Известно, что при работе тягового двигателя магнитный поток главных полюсов искажается магнитным потоком реакции якоря. Это приводит к неравномерному распределению магнитного потока под главными полюсами: под набегающим краем магнитное поле будет усиленным, а под сбегающим — ослабленным (рис. 63).

Когда секция обмотки якоря проходит под главными полюсами в той части, где магнитное поле усиленное, в ней индуцируется э. д. с., величина которой примерно в 1,5 раза больше той э. д. с., которая возникла бы в равномерном магнитном поле. Следовательно, и напряжение между коллекторными пластинами, находящимися в этой зоне, также будет примерно в 1,5 раза больше.

Для того чтобы магнитное поле было равномерным под всей поверхностью главного полюса, а в секциях наводилась э. д. с. практически одной величины, тяговые двигатели снабжают компенсационными обмотками. Магнитный поток, создаваемый этими обмотками, компенсирует (поэтому они получили такое название) поток реакции якоря, в результате чего создаются условия для практически равномерного магнитного поля под всей поверхностью главного полюса.

Компенсационная обмотка является наиболее действенным средством, обеспечивающим улучшение коммутации тяговых двигателей, обычно работающих в условиях резко переменных нагрузок.

На качество коммутационного процесса тягового двигателя большое влияние оказывает степень чистоты обработки поверхности коллектора, точность сборки магнитной системы двигателя, марка и состояние электрощеток. Чтобы

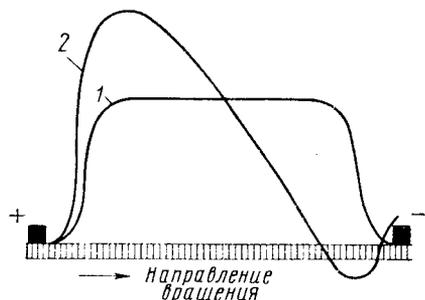


Рис. 63. Кривые распределения потенциала напряжения по коллектору: 1 — при наличии компенсационной обмотки; 2 — при отсутствии этой обмотки

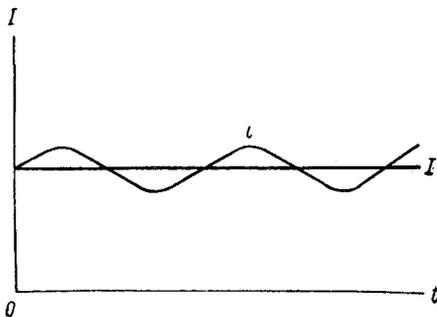


Рис. 64. Кривые выпрямленного тока

исключить влияние механических факторов на качество коммутации при производстве тяговых двигателей, устанавливают определенные допуски на обработку и сборку. Строго соблюдая эти допуски и другие требования при изготовлении тяговых двигателей и их ремонте, можно обеспечить в условиях эксплуатации удовлетворительную коммутацию машины.

На электровозах переменного тока со статическими преобразователями и двигателями постоянного тока условия коммутации еще более усложняются, так как к двигателям подведено пульсирующее напряжение.

Можно считать, что пульсирующий ток состоит из двух токов (рис. 64): постоянного  $I$  и переменного  $i$ . Пульсирующий ток в обмотках катушек главных полюсов создает пульсирующий магнитный поток, который также имеет постоянную и переменную составляющие.

Под влиянием переменной составляющей этого потока в короткозамкнутой секции обмоток якоря индуктируется так называемая трансформаторная э. д. с. Наличие ее осложняет коммутационный процесс в тяговом двигателе, так как при этом может нарушиться компенсация реактивной э. д. с. Кроме того, под действием пульсирующего магнитного потока в сплошном массивном остова тягового двигателя возникают вихревые токи, которые понижают индуктивное сопротивление двигателя и повышают пульсацию тока якоря. Чтобы исключить переменную составляющую из магнитного потока и уменьшить пульсацию выпрямленного тока, последовательно в цепь якоря тягового двигателя  $D$  (рис. 65) включают дополнительную индуктивность  $CP$  (сглаживающий реактор) и параллельно обмотке возбуждения  $OB$  — резистор  $R$ . Переменная составляющая тока проходит по резистору, а постоянная — по обмотке главных полюсов; в результате создается практически постоянный магнитный поток.

Переходные (нестационарные) процессы в цепях тяговых двигателей возникают при прекращении питания двигателей и быстром его восстановлении, например в случае отрыва токоприемника от контактного провода, при внезапных толчках тока нагрузки и резких переходах двигателя в генераторный режим. Поэтому тяговый двигатель рассчитывают таким образом, чтобы коммутация его была благоприятной при всевозможных нагрузках в переходных процессах.

## § 21. Общие сведения о конструкции тяговых двигателей

По конструкции двигатели электровоза переменного тока, работающие на пульсирующем токе, принципиально ничем не отличаются от двигателей постоянного тока. Электродвигатель состоит из двух основных частей: неподвижного остова и вращающегося якоря. Остов машины является магнитопроводом. На нем расположены главные и дополнительные полюсы, подшипни-

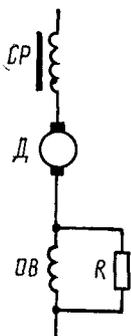


Рис. 65. Схема включения сглаживающего реактора и шунтирующего резистора

ковые щиты и щеточный аппарат. Якорь имеет сердечник, коллектор и обмотку, по которой протекает ток якоря.

Обычно тяговые двигатели выполняют шести-полюсными. Такой двигатель имеет шесть главных *ГП* (рис. 66) и шесть дополнительных *ДП* полюсов.

Катушки главных полюсов соединены друг с другом внутри двигателя, а с обмоткой якоря — снаружи. Соединение катушек дополнительных полюсов с компенсационной обмоткой и обмоткой якоря через щетки выполнено внутри машины. Концы катушек обмотки возбуждения и обмотки якоря выведены наружу. Это позволяет подключать к ним устройства, осуществляющие изменение направления движения электровоза, электрическое торможение, а также присоединять к катушкам главных полюсов резисторы различного сопротивления с целью регулирования скорости движения и улучшения работы двигателя.

Компенсационные обмотки *КО*, применяемые в основном для улучшения коммутации, обычно помещают в пазы сердечников главных полюсов и соединяют последовательно с катушками дополнительных полюсов *ДП* и обмоткой якоря *Я*, причем таким образом, чтобы магнитный поток, создаваемый компенсационной обмоткой, был направлен встречно магнитному потоку реакции якоря.

Все тяговые двигатели выполняют с независимой принудительной вентиляцией, для чего устанавливают специальные вентиляторы. Чем интенсивнее вентиляция, тем с большими токами (соответственно и мощностью) может работать двигатель, тем больше номинальный ток. При такой системе охлаждения скорость подачи воздуха в двигатель постоянна. При отсутствии вентиляции используемая мощность обычно не превышает 20—25% номинальной.

Для двигателя НБ-412К необходимое количество воздуха  $Q$ , при котором он развивает номинальную мощность, составляет 110 м<sup>3</sup>/мин при противодавлении в коллекторной камере, равном 75 мм вод. ст. Если количество воздуха, подводимого к двигателю НБ-412К, уменьшить до 80 м<sup>3</sup>/мин, то уменьшится и допустимый ток с 515 (номинальный в часовом режиме) до 400 а. Чем интенсивнее вентиляция, тем больше значение длительной мощности приближается к часовой. Отношение длительной мощности к часовой для двигателей разных типов различно. Так, для двигателей НБ-412К оно равно 0,85, а для двигателей А1-4442пР, устанавливаемых на электровозах серии ЧС4, составляет 0,96.

В двигателях всех типов, применяемых на электровозах переменного тока, вход воздуха устраивают со стороны коллектора. Воздух, поступающий в коллекторную камеру, обычно распределяется на несколько параллельных потоков. Это позволяет наиболее эффективно охлаждать различные части двигателя.

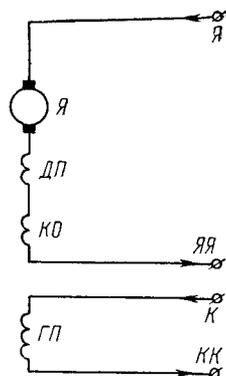


Рис. 66. Схема соединений обмоток двигателя последовательного возбуждения

Например, воздух внутри двигателя НБ-412К распределяется на три параллельных потока. Один поток идет под коллектор, затем проходит через вентиляционные каналы в сердечнике якоря и выходит через отверстия в подшипниковом щите со стороны, противоположной коллектору. Другой поток охлаждает поверхность якоря, проходит через воздушный зазор и выходит через отверстия в остове и подшипниковом щите. И, наконец, третий поток проходит между катушками полюсов двигателя и выходит наружу через отверстия в остове.

Чтобы не допустить попадания снега, пыли, грязи и других посторонних предметов внутрь тягового двигателя, нижние отверстия в его остове и подшипниковом щите защищают специальными кожухами и заглушками. В последнее время не делают отверстий в остове и подшипниковых щитах, а выброс воздуха производится вверх через специальные люки (двигатели НБ-418К6 и другие).

В узлах тяговых двигателей необходимо применять электрическую изоляцию, обладающую высокими механическими и тепловыми свойствами, а также высокой электрической прочностью и влагостойкостью. В тяговом электромашиностроении обычно применяют изоляцию классов В и Н. Изоляция класса Н имеет высокую нагревостойкость.

Используя эту изоляцию, можно создать при прочих равных условиях электродвигатели большей мощности (на 15%), чем в случае применения изоляции класса В. В двигателях НБ-412К для обмотки якоря применена изоляция класса В, а для катушек полюсов — изоляция класса Н.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> устанавливают тяговые двигатели типа НБ-412К (рис. 67). Остов 4 двигателя является магнитопроводом. На нем укреплены болтами сердечники главных 5 и дополнительных 12 полюсов, на полюсы насажены катушки 6 и 11, а также компенсационная обмотка 7. С обоих торцов остова установлены подшипниковые щиты 1 и 8. К остову прикреплена поворотная траверса 2, на которой расположено шесть щеткодержателей. Вращение траверсы осуществляется с помощью шестерни поворота 3. Якорь 10 тягового двигателя вращается в роликовых подшипниках 9 тяжелой серии.

Тяговый двигатель типа НБ-418К6 (рис. 68), устанавливаемый на восьмиосных электровозах ВЛ80<sup>к</sup>, подобен по устройству двигателю НБ-412К и состоит из аналогичных узлов и элементов. Отличается он лишь устройством остова (см. стр. 82) и якорными подшипниками средней серии.

Аналогично выполнен остов тягового двигателя НБ-420Б, устанавливаемого на электровозах двойного питания ВЛ82 (рис. 69). У двигателя НБ-420Б четыре полюса, нет траверсы. Для доступа к электрощеткам предусмотрены два люка в остове. Коллектор опрессован пластмассой.

На электровозах двойного питания ВЛ82<sup>м</sup> устанавливают тяговые двигатели типа НБ-407Б. Конструкция якоря этих двигателей подобна якорю НБ-412К: металлический коллектор, подшипники

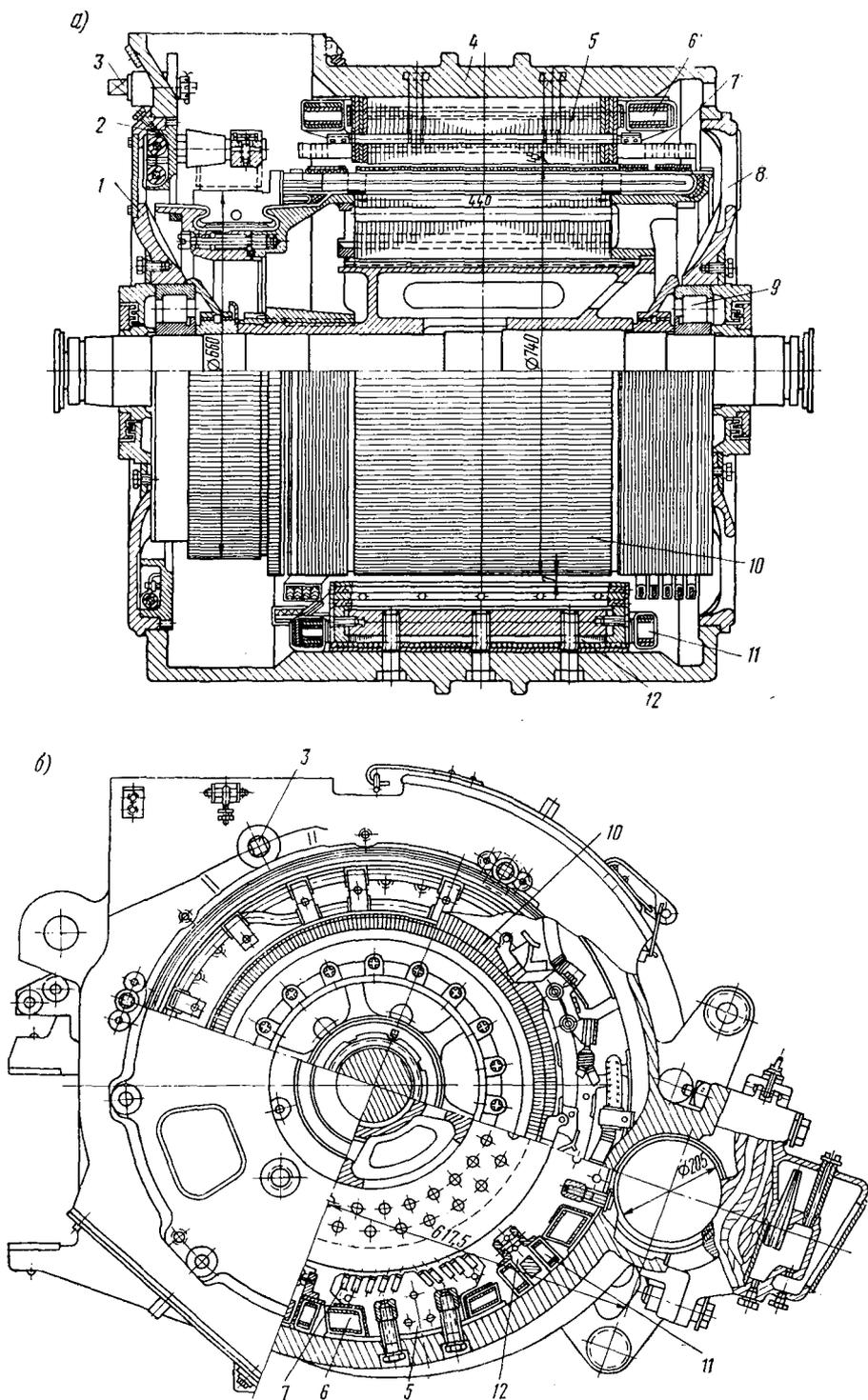


Рис. 67. Продольный (а) и поперечный (б) разрезы тягового двигателя НБ-412К

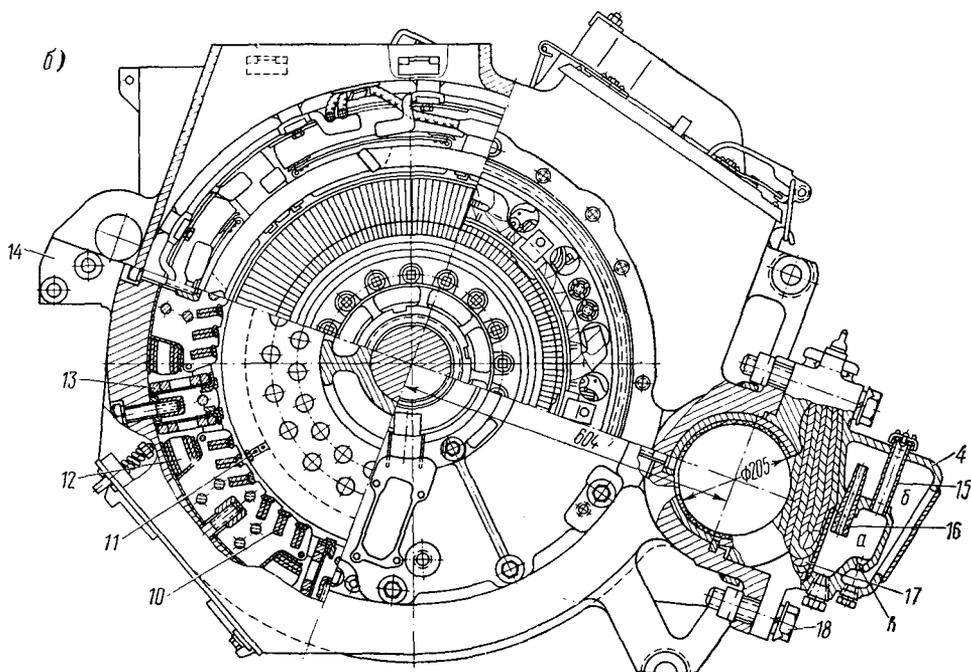
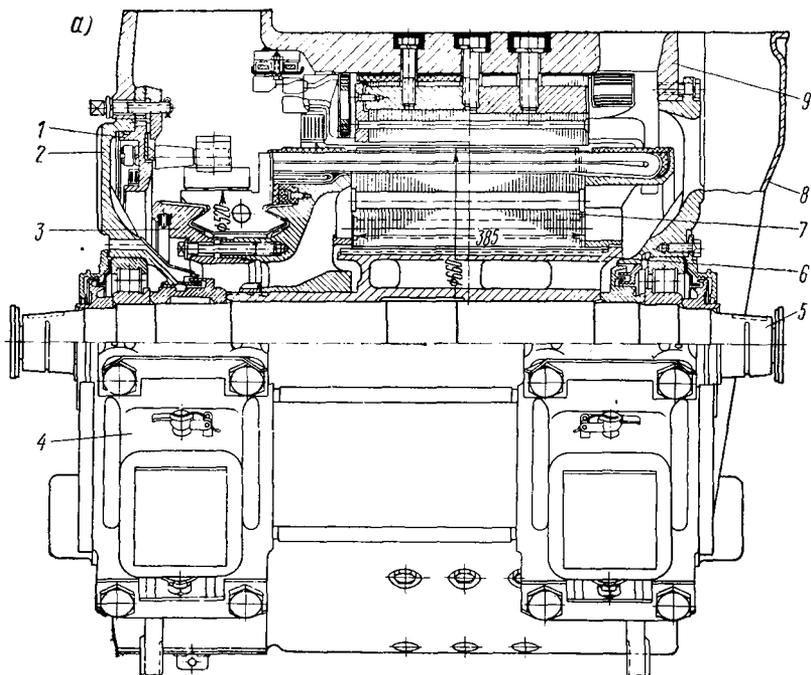


Рис. 68. Продольный (а) и поперечный (б) разрезы тягового двигателя НБ-418К6

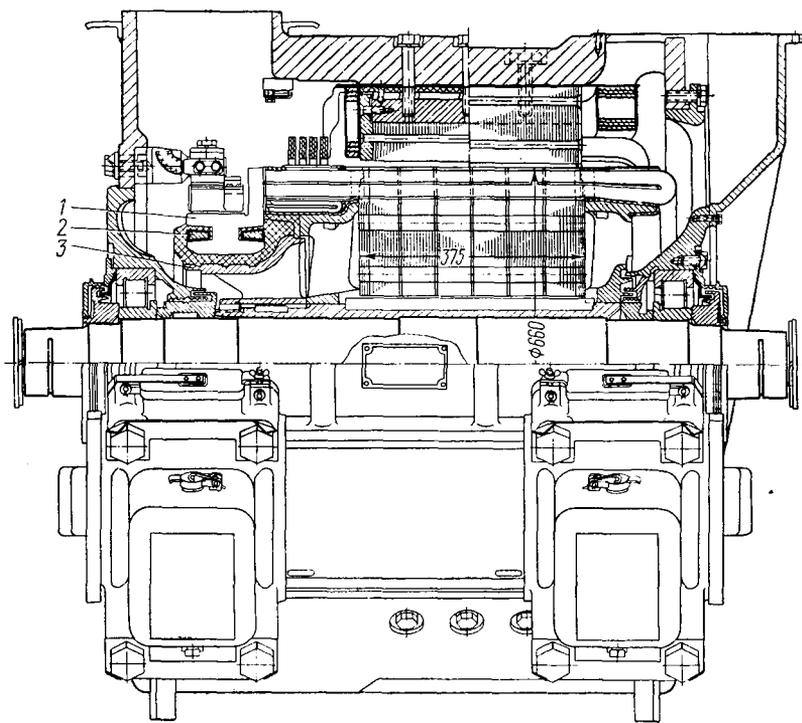


Рис. 69. Продольный разрез тягового двигателя НБ-420Б

тяжелой серии, те же диаметры якоря и коллектора и др. Остов же двигателей НБ-407Б по конструкции больше соответствует остову двигателя НБ-418К6: выброс воздуха производится вверх через специальные люки, имеется коробка выводов и др.

От тяговых двигателей опорно-осевого подвешивания, применяемого на грузовых электровозах переменного тока, значительно отличаются по конструкции двигатели АЛ-4442пР опорно-рамного подвешивания, устанавливаемые на пассажирском электровозе ЧС4. Втулки якоря и коллектора у этого двигателя (рис. 70) представляют собой пустотелый цилиндр со сравнительно большим центральным отверстием, внутри которого проходит карданный вал, соединяющий двигатель с шестерней редуктора. Такая зубчатая передача выполняется только односторонней (см. стр. 89). В остальном двигатель принципиально ничем не отличается от коллекторных машин постоянного тока: он шестиполюсный, с последовательным возбуждением, имеет дополнительные полюсы, но у него нет компенсационной обмотки.

В табл. 2 приведены основные технические данные тяговых двигателей, установленных на электровозах переменного тока основных серий, находящихся в эксплуатации на железных дорогах СССР.

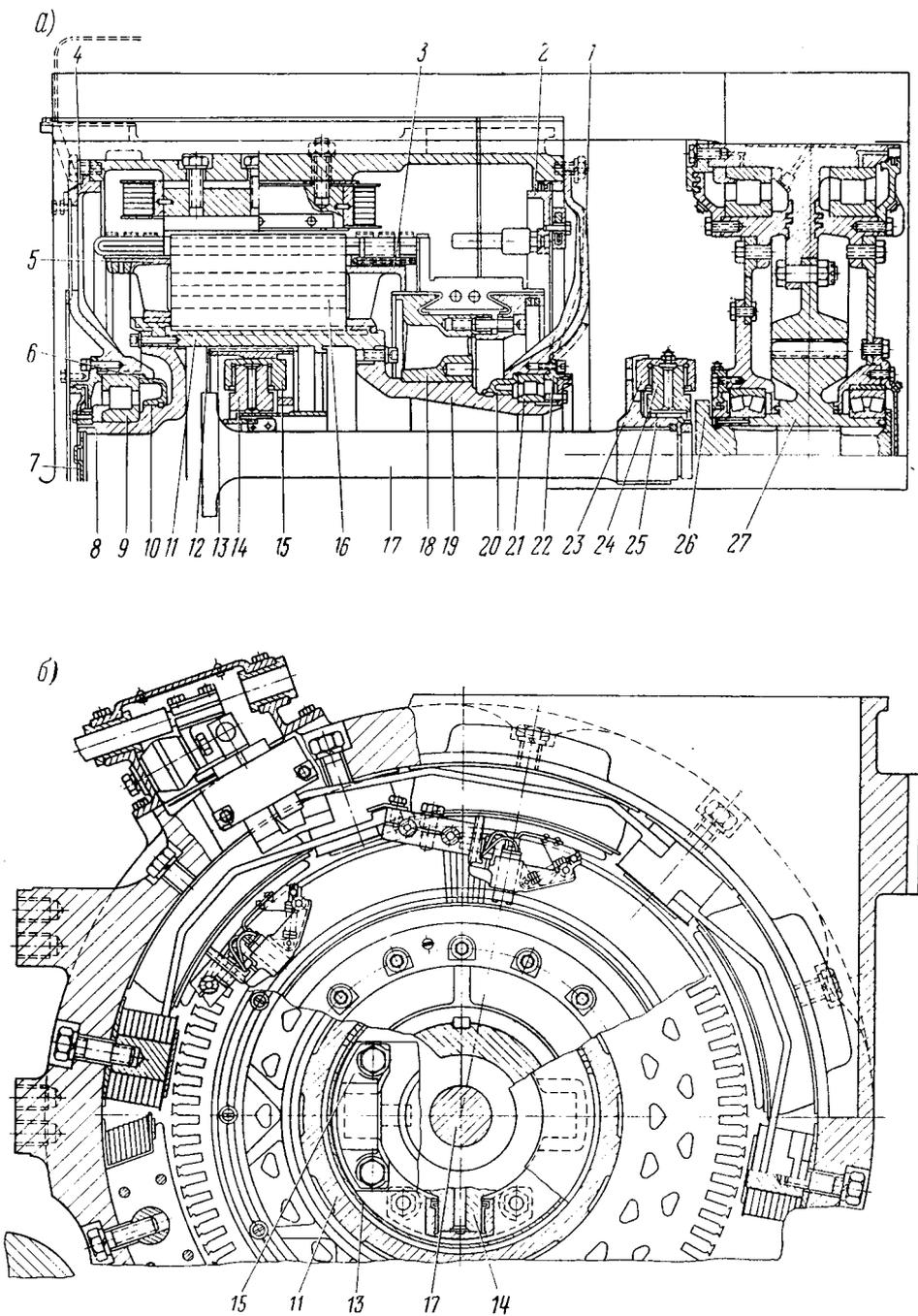


Рис. 70. Продольный (а) и поперечный (б) разрезы тягового двигателя АЛ-4442пР

Наименование показате- лей	Характеристика двигателя типа				
	НБ-412К	НБ-418К6	НБ-420Б	НБ-407Б	АЛ-444пР
Напряжение на зажи- мах двигателя в в	1600	950	1500	1500	800
Часовой режим:					
мощность в квт	775	790	700	755	850
ток в а	515	880	500	535	1140
скорость вращения якоря в об/мин	850	890	905	760	1200
Длительный режим:					
мощность в квт	675	740	635	680	820
ток в а	450	820	450	480	1100
скорость вращения якоря в об/мин	895	915	935	795	1215
Вращающий момент при часовом режиме в кГ·м	888	865	750	967	735
Скорость вращения якоря максимальная в об/мин	1680	1950	2030	1640	1860
К. п. д. при часовом режиме в %	93,4	94,36	94,0	93,8	93,2
Число полюсов	6	6	4	6	6
Диаметр якоря в мм	740	660	660	740	710
Длина сердечника яко- ря в мм	440	385	375	395	280
Диаметр коллектора в мм	660	520	500	660	570
Длина рабочей поверх- ности коллектора в мм	117	121	100	97	142
Число коллекторных пластин	525	348	348	525	261
Класс изоляции:					
обмотки якоря	В	В	В	В	Н
обмоток катушки главных полюсов компенсационной об- мотки	Н	Н	Ф	Ф	Н
обмоток катушек до- полнительных по- люсов	В	В	В	В	—
обмоток катушек до- полнительных по- люсов	В	Н	Ф	Ф	Н
Сопrotивление двига- теля в ом:					
полное (при темпе- ратуре 110° С)	0,1181	0,0415	0,12365	0,1162	0,0215
обмоток якоря	0,0422	0,015	0,0409	0,0387	0,0092
катушек главных по- люсов	0,0323	0,0103	0,036	0,0340	0,0071
катушек дополни- тельных полюсов	0,0136	0,0162	0,04675	0,0435	0,0052
компенсационной об- мотки	0,030				
Коэффициент постоян- ного ослабления поля	0,95	0,96	0,96	0,97	0,955

Наименование показателя	Характеристика двигателя типа				
	НБ-412К	НБ-418К6	НБ-4Э0Б	НБ-407Б	АЛ-4442ПР
Зазор под полюсами в мм:					
главными	4,5	4,7	5,15	5,0	5,0
дополнительными <sup>1</sup>	7+8	10+7	10+11,5	7+12	7,5+4
Количество охлаждающего воздуха в м <sup>3</sup> /мин	110	105	115	95	100
Количество щеткодержателей	6	6	4	6	6
Количество щеток в щеткодержателе	2	3	2	2	4
Размер щеток в мм	2 (8××50)	2 (12,5××32)	2 (12,5××40)	2 (10×40)	2 (12,5××32)
Марка электрощеток	ЭГ-2а	ЭГ-74а	ЭГ-61	ЭГ-61	ЭГ-74
Централь в мм	617,5	604	604	632	—
Тип якорного подшипника	42428	42330Л <sub>1</sub> М	42330Л <sub>1</sub> М	8Н42428	НН421 и N01034-42
Вес двигателя в кг	4850	4350	4500	5000	2950

<sup>1</sup> Первая цифра относится к зазору между полюсом и сердечником якоря, вторая — к зазору между полюсом и остовом (толщина диамагнитных прокладок).

## § 22. Остов и полюсы

Остовы тяговых двигателей литые, неразъемные. Ту часть остова, которая является магнитопроводом, как правило, выполняют утолщенной. В качестве примера рассмотрим конструкцию литого остова тягового двигателя НБ-418К6. В средней части остова 9 (см. рис. 68) для повышения жесткости сделаны два концентрически расположенных ребра, а также дополнительные приливы. Со стороны коллекторной камеры в остове имеется раструб, через который входит воздух, и два смотровых люка: один в верхней, а другой в нижней части против коллектора. Через эти люки производят осмотр коллектора и щеточного аппарата, осуществляют уход за ними в эксплуатации.

Люки плотно закрыты крышками. Крышка верхнего люка имеет пружинный замок, с помощью которого она плотно прижата к остову, а крышка нижнего люка — болтовое крепление. Для лучшего уплотнения между крышками люков и остовом предусмотрены войлочные прокладки. С наружной стороны остова сделаны приливы, к которым крепят шайки моторно-осевых подшипников, кронштейны для кожухов зубчатой передачи и пружинной подвески двигателя к раме тележки. На случай поломки пружинной подвески на остове предусмотрены предохранительные приливы 14. Остов имеет приливы с отверстиями, в которые вставляют крюк крана при подъеме остова.

Внутреннюю поверхность остова растачивают для установки полюсов и катушек. К остову тремя болтами каждый крепят шесть главных и шесть дополнительных полюсов, а также поворотную траверсу 1 с шестью щеткодержателями и щиты 2 с роликовыми подшипниками, в которых вращается якорь. Главные полюсы, которые создают основной магнитный поток, состоят из сердечника и катушки 12, на них также расположена компенсационная обмотка 10. Дополнительные полюсы, создающие магнитный поток в зоне коммутации, состоят из сердечника и катушки 13.

Сердечник главного полюса (рис. 71, а) выполнен шихтованным. Он собран из стальных штампованных листов 4 электротехнической стали толщиной 0,5 мм; крайние листы 3 имеют толщину 1,5 мм. Такой пакет собирают на пяти стержнях-заклепках 2, которые после сборки расклепывают по торцам под прессом. Листы перед сборкой покрывают изоляционным лаком. В полюсных сердечниках со стороны якоря при штамповке вырублено шесть пазов 1; в них укладывают компенсационную обмотку. В средней части полюса имеется окно для стержня 5. Стержень запрессовывают в сердечник полюса. В стержне имеются отверстия с резьбой под болты, которыми полюс крепят к остову.

Сердечник дополнительного полюса (рис. 71, б) шихтованный. Он набран из стальных листов 6 толщиной 0,5 мм, покрытых с обеих сторон изоляционным лаком, и боковин 8. Сердечник насаживают на центральный стержень 7 прямоугольной формы и после опрессовки скрепляют стержнем-заклепкой 9. К остову сердечник прикрепляют болтами  $\varnothing 20$  мм.

При переходных процессах, т. е. тогда, когда в цепи изменяется ток и магнитный поток машины, а также при кратковременном прекращении и затем восстановлении напряжения на зажимах тягового

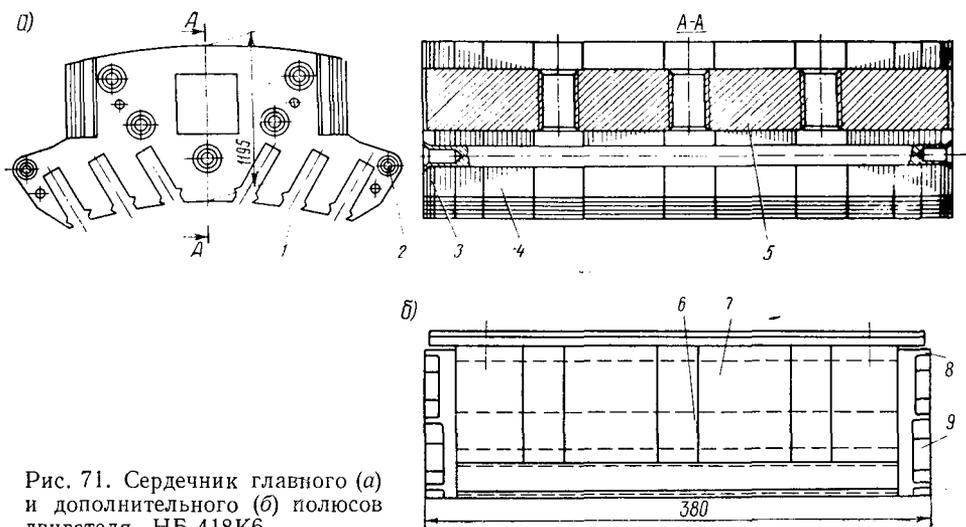


Рис. 71. Сердечник главного (а) и дополнительного (б) полюсов двигателя НБ-418К6

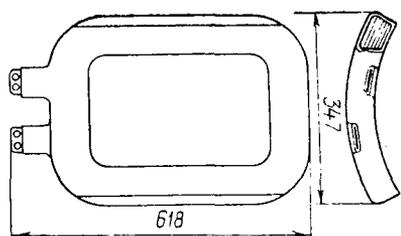


Рис. 72. Катушка главного полюса двигателя НВ-418К6

шего в зоне коммутации, и он будет отставать от изменения магнитного потока якоря, т. е. будут ухудшаться условия коммутации двигателя.

Кроме того, для улучшения коммутации зазор под дополнительным полюсом делают больше, чем под главным. Этим предупреждают возможное насыщение магнитной цепи дополнительного полюса. Чтобы уменьшить рассеяние дополнительных полюсов, зазор под ними делят на два: зазор между якорем и наконечником дополнительного полюса и зазор между сердечником полюса и остовом. Для этого в остове применяют прокладки из немагнитного материала.

Катушка главного полюса (рис. 72) имеет 11 витков из полосовой меди сечением  $4 \times 65 \text{ мм}^2$ , намотанных на ребро. Катушки главных полюсов изогнуты по форме остова, имеющего цилиндрическую форму. Катушки дополнительных полюсов (рис. 73) выполнены из полосовой меди  $12,5 \times 12,5 \text{ мм}^2$ , имеют 8 витков. Изоляция катушек главных и дополнительных полюсов одинакова и состоит из асбестовой бумаги толщиной 0,3 мм, проложенной между витками, и стекломикаленты толщиной 0,13 мм, уложенной в пять слоев в полуперекрышу на поверхности катушек. В качестве покровной изоляции применена лента стеклянная электроизоляционная толщиной 0,2 мм, намотанная одним слоем в полуперекрышу. Выводные концы катушек припаяны меднофосфористым припоем.

Катушка компенсационной обмотки (рис. 74) намотана из шинной меди прямоугольного сечения  $4,4 \times 35 \text{ мм}^2$ . Катушку укладывают в открытые пазы полюсных сердечников со стороны якоря: в каждый паз по два проводника, изолированных одним слоем микаленты тол-

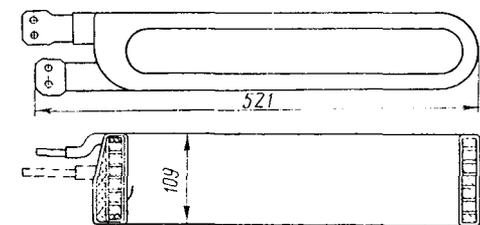


Рис. 73. Катушка дополнительного полюса двигателя НВ-418К6

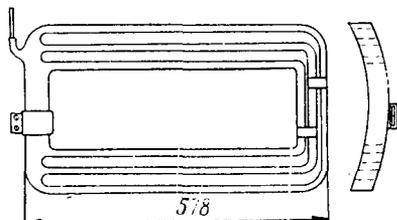


Рис. 74. Катушка компенсационная двигателя НВ-418К6

щиной 0,1 мм в полуперекрышу. Корпусная изоляция катушки состоит из четырех слоев той же микаленты, положенной также в полуперекрышу, и одного слоя изоляционной стеклянной ленты толщиной 0,1 мм. После укладки катушек пазы закрывают клиньями из текстолита. Изолированные катушки опрессовывают и запекают в автоклавах, а затем покрывают электроизоляционной эмалью. При сборке между катушкой главного полюса и остовом ставят стальную прокладку (0,5 мм), а при посадке катушки дополнительного полюса на сердечник с торцов устанавливают пружинные стальные фланцы толщиной 2 мм.

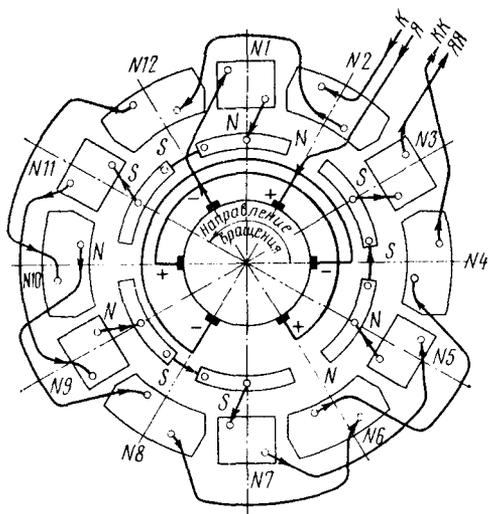


Рис. 75. Схема соединения катушек и якоря двигателя НБ-418К6

Катушки главных, дополнительных полюсов и компенсационной обмотки соединяют межкатушечными соединениями в соответствии со схемой рис. 75. Через отверстия в остове концы катушек главных полюсов  $K-KK$  и якоря  $Я-ЯЯ$  выводят в коробку, расположенную на остове. Соединения внутри коробки выполнены из проводов сечением  $95 \text{ мм}^2$  с одним наконечником на два провода. Провода в коробке укреплены на опорных изоляторах, изготовленных из пластмассы марки АГ-4В. После монтажа силовых кабелей коробку выводов закрывают крышкой из пластмассы с резиновыми уплотнениями.

Аналогично устроены полюсы других тяговых двигателей. Они отличаются только размерами сердечников полюсов, сечением катушек, числом их витков и электрической прочностью изоляции, которая зависит от величины рабочего напряжения.

Вал якоря тягового двигателя вращается в роликовых подшипниках. Обычно подшипники, установленные с обеих сторон вала, выбирают одного типа и одинаковых размеров. Но если принята односторонняя передача вращающего момента от двигателя к оси, то размеры подшипника со стороны шестерни должны быть больше, чем у подшипника с противоположной стороны. На всех электровазах отечественного производства применяют двустороннюю передачу.

В двигателях НБ-418К6 в качестве якорных установлены радиальные подшипники средней серии с цилиндрическими роликами.

Якорные подшипники устанавливают в специальных подшипниковых щитах (рис. 76), которые запрессованы в остов двигателя и прикреплены к нему двенадцатью болтами с пружинными шайбами. Через подшипниковые щиты на остов передаются усилия от веса якоря и усилия, возникающие во время тягового режима электровоза. По форме подшипниковый щит 1 напоминает шайбу, в центральном

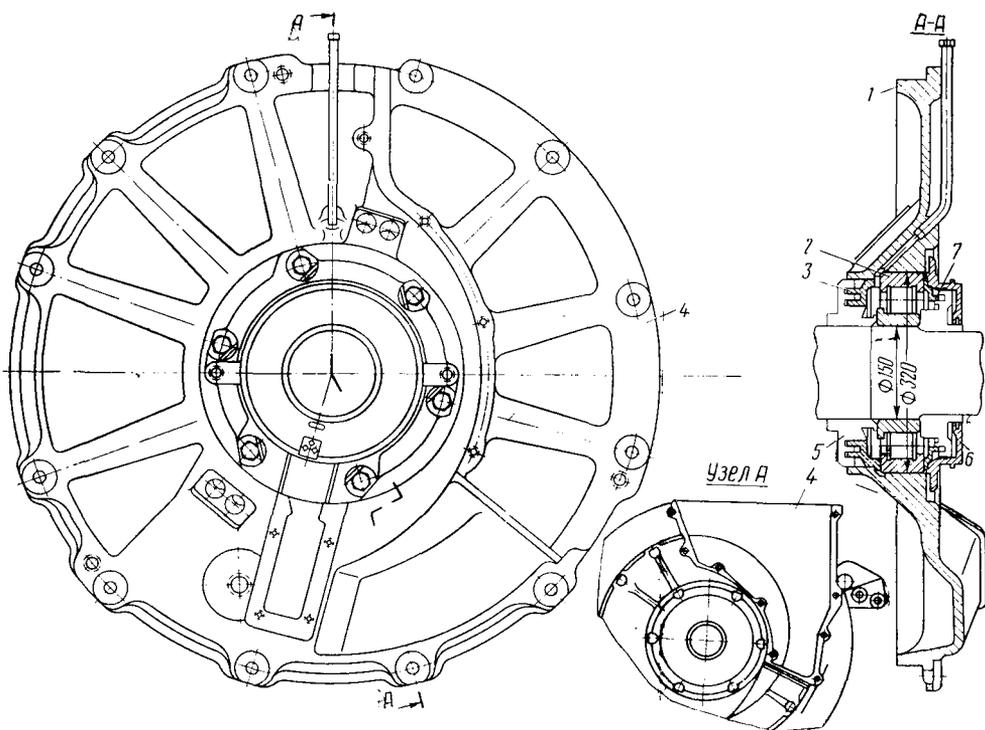


Рис. 76. Щит подшипниковый двигателя НБ-418К6

отверстия его монтируют подшипник 2. Наружное кольцо подшипника запрессовано в подшипниковый щит, а внутреннее — напрессовано на вал якоря. Щит, расположенный со стороны коллектора, обычно имеет люк для осмотра креплений кабельных перемычек. В подшипниковом щите со стороны, противоположной коллектору, нет окон, и весь вентилирующий воздух из двигателя выходит вверх, под кузов электроваза, для чего предусмотрен специальный люк 8 (см. рис. 68), образуемый отливкой 4 (см. рис. 76) с сечением, расширяющимся кверху, как это показано (в другой проекции) на узле А. Отливка 4 присоединяется к подшипниковому щиту.

Роликовые подшипники заполняют консистентной смазкой 1ЛЗ. Уплотнения предупреждают утечку смазки из камер. В подшипниковый щит 1 после запрессовки подшипника 2 запрессовывают крышку 6, на внутренней поверхности которой проточены жировые канавки. На упорную втулку вала якоря напрессовано кольцо 7, которое вместе с крышкой образует лабиринтно-щелевое уплотнение. С внутренней стороны такие уплотнения образуют крышка 3 и втулка 5.

На электровозах с опорно-осевым подвешиванием тяговый двигатель с одной стороны приливами опирается с помощью траверсы или люлочного устройства на поперечную балку рамы тележки, а с другой на моторно-осевых подшипниках (см. рис. 68) установлен

непосредственно на ось колесной пары. Моторно-осевые подшипники состоят из шапки 4 с устройствами для смазки подшипников при помощи пряжи 17. Шапка прикреплена к приливам остова болтами 18. Вкладыши из латунного литья заливают баббитом марки Б-16 толщиной 3 мм.

Устройство, применяемое для смазки моторно-осевых подшипников, поддерживает в них постоянный уровень смазки. В шапке имеются две сообщающиеся камеры *a* и *б*. В масле камеры *a* погружена пряжа. Камера *б*, заполненная маслом, нормально не имеет сообщения с атмосферой. Если масло в камере *a* опустится ниже конца трубки 16, то воздух проходит через эту трубку в камеру *б* и масло из нее через отверстие *в* перетечет в камеру *a*. В результате уровень масла в камере *a* повысится и закроет нижний конец трубки 16. После этого камера *б* опять будет разобщена с атмосферой и перетекание масла из нее в камеру *a* прекратится. Для надежной работы этого устройства необходимо обеспечить герметичность камеры *б* в нормальных условиях.

Уровень масла определяется особым щупом, вставленным в трубку 15. На щупе нанесены риски: одна, соответствующая наибольшему уровню масла, и другая, соответствующая наименьшему уровню. Камеру заправляют маслом по трубке 15 под давлением с помощью специального шланга с наконечником.

Конструкция остовов, подшипниковых щитов, моторно-осевых подшипников у тяговых двигателей различных типов с опорно-осевым подвешиванием примерно одинакова.

## § 23. Якорь и щеточное устройство

Якорь тягового двигателя состоит из сердечника, обмотки, уложенной в пазы сердечника, нажимных шайб, коллектора, вала и якорной втулки.

Рассмотрим конструкцию и устройство узлов якоря применительно к тяговому двигателю НБ-418К6 (см. рис. 68). Сердечник 7 якоря набирают из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, изолированных друг от друга пленкой лака. Крайние листы выполнены из листа стали толщиной 1 мм, что придает большую жесткость сердечнику. В сердечнике есть два ряда отверстий, образующих вентиляционные каналы для прохода охлаждающего воздуха.

Все детали якоря собраны на втулке 6 коробчатого сечения. Кроме сердечника, на втулку посажены передняя 3 и задняя нажимные шайбы. Задняя шайба отлита из стали и представляет собой два кольца, соединенных ребрами. Внутреннее кольцо является втулкой, а наружное — упором для сердечника и обмоткодержателем. Передняя нажимная шайба, отлитая из стали, одновременно служит корпусом коллектора.

Вал 5 якоря изготовлен из легированной хромоникелевой стали. Он имеет плавные переходы от одного диаметра к другому. На каж-

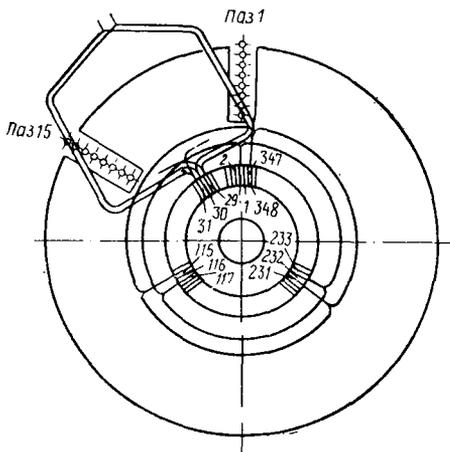


Рис. 77. Схема соединения катушек якоря и уравнивателей с коллекторными пластинами тягового двигателя НБ-418К6 (вид со стороны коллектора)

изолированных одним слоем в полуперекрышу микалентой толщиной 0,1 мм. Корпусная изоляция катушки состоит из четырех слоев той же микаленты и одного слоя стеклотенты толщиной 0,1 мм, намотанной встык.

Уравнители изготовлены из прямоугольной меди сечением  $1,68 \times 4,7 \text{ мм}^2$ . Каждая секция уравнивателей имеет три стержня, изолированных друг от друга одним слоем микаленты толщиной 0,1 мм, положенной в полуперекрышу. Корпусная изоляция секции уравнивателей состоит из одного слоя стеклотенты толщиной 0,1 мм, также положенной в полуперекрышу.

Обмотка якоря имеет следующие параметры: шаг обмотки по пазам равен 15, шаг обмотки по коллектору — 1, шаг уравнивателей по коллектору — 117. Уравнители уложены в передней лобовой части якоря под катушками.

В пазах сердечника обмотка якоря укреплена текстолитовыми клиньями, а лобовые части ее крепят стеклобандажами. После того как обмотка уложена и укреплена, концы секции и уравнивательных соединений впаивают в петушки коллекторных пластин. Затем якорь с обмоткой трижды пропитывают в изоляционном термореактивном лаке.

Коллектор тягового двигателя предназначен для изменения направления тока в проводниках якоря при переходе их через нейтраль под главный полюс другой полярности. Коллектор набран из 348 пластин, изготовленных из легированной меди с присадкой серебра. Пластины имеют форму ласточкиного хвоста и изолированы друг от друга миканитовыми прокладками. Чтобы уменьшить вес медных пластин, в средней части каждой из них вырубает отверстие, а петушки иногда выполняют приставными; тогда их припаивают

дом конце вала есть конус для посадки шестерен, резьба для закрепления шестерни и шпоночная канавка для установки муфты при контрольных испытаниях двигателей на стенде, а также специальные канавки, по которым подается смазка. На вал напрессована втулка якоря. Втулка позволяет заменять вал без разборки всего якоря.

Обмотка якоря 11 — простая петлевая, состоит из 87 шаблонных катушек и 58 секционных уравнивателей, концы которых впаяны в петушки коллектора (рис. 77). В каждой катушке имеются четыре отдельных стержня из прямоугольной меди сечением  $3,53 \times 6,9 \text{ мм}^2$ ,

меднофосфористым припоем. Для изоляции коллектора от нажимного конуса и корпуса установлены манжеты и цилиндр из миканита.

Кольцо, собранное из медных и изоляционных пластин, предварительно многократно спрессовывают в специальном приспособлении при температуре 170—180° С, затем насаживают на корпус коллектора, надевают изолировочные манжеты и зажимают между конусом и втулкой усилием 110 Т, после этого стягивают болтами.

Окончательную обточку коллектора и отделку якоря производят после сушки и пропитки якоря в лаке. При отделке якоря выполняют продорожку на глубину 1,2 мм, опиливают заусенцы на торцовых поверхностях пластин, а по длине пластин снимают фаски размером 0,25 мм. Рабочую поверхность коллектора шлифуют.

Якоря других тяговых двигателей имеют те же основные узлы, что и якорь двигателя НБ-418К6, но иное конструктивное выполнение некоторых узлов. Так, у сердечника якоря двигателя НБ-420Б пазы скошены на одно зубцовое (пазовое) деление относительно оси главного полюса. Это делается для того, чтобы улучшить условия работы щеток.

Коллектор двигателя НБ-420Б (см. рис. 69) выполнен из пластмассы АГ-4, обладающей высокими механическими свойствами. Нижняя часть втулки 3 коллектора и пластины 1 с армированными кольцами 2 опрессованы пластмассой. Такие коллекторы применяют главным образом в тех случаях, когда ограничены аксиальные размеры якоря, так как для них требуется меньше места.

Якорь двигателя АЛ-4442ПР (см. рис. 70) пассажирского электровоза ЧС4 по конструкции резко отличается от якорей двигателей с опорно-осевым подвешиванием, что объясняется различием систем передач вращающего момента. Втулка 11 якоря представляет собой пустотелый цилиндр, к концам которого присоединены втулки 8 и 19, тоже пустотелые. На втулку 11 напрессовывают сердечник якоря 16 и нажимные шайбы 3 и 5, на втулку 19 — корпус коллектора 18, внутреннее кольцо подшипника 21 и лабиринтное уплотнение 20, а на втулку 8 — внутреннее кольцо подшипника 9 и лабиринтные уплотнения 10. Наружные кольца подшипников и лабиринтных уплотнений запрессованы в подшипниковые щиты 4 и 1, в последнем имеется траверса 2. Снаружи роликовые подшипники закрыты крышками 6 и 22, а внутренняя полость втулки 8 — крышкой 7 с уплотнениями.

Внутри втулки 11 находится карданный вал 17 и кулачковая муфта, которой производится передача вращающего момента от якоря к карданному валу. На наружной поверхности цилиндра 13 кулачковой муфты имеется двенадцать шлицевых вырезов вдоль образующей цилиндра, в которые входит столько же пластин 12, жестко прикрепленных к внутренней поверхности втулки якоря.

На внутренней стороне цилиндра 13 имеются два подшипника 15, расположенных по диагонали, в которые входят пальцы АА (рис. 78) крестовины 14 (см. рис. 70) кулачковой муфты. Пальцы ББ той же крестовины входят в такие же подшипники 15, но уже расположенные (также по диагонали) на поводке карданного вала 17. Таким обра-

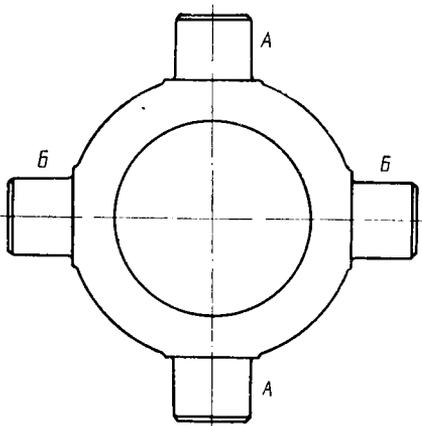


Рис. 78. Крестовина кулачковой муфты

зом, через крестовину 14 кулачковой муфты передается вращение то якоря к карданному валу.

Вращающий момент от карданного вала на малую шестерню передается через такую же кулачковую муфту, которая, однако, размещена вне тягового двигателя.

Два поводка (рис. 79 и 70): один 25 на конце карданного вала 17, а другой 26, прикрепленный к малой шестерне 27, расположены относительно друг друга под прямым углом таким образом, что пальцы АА крестовины 24 входят в подшипники 23 поводка 25 карданного вала, а пальцы ББ той же крестовины 24 — в подшипники 23 поводка 26 малой шестерни.

В этом случае вращение карданного вала передается малой шестерне также через крестовину кулачковой муфты. Такая система передачи вращающего момента двигателя допускает возможность некоторого перемещения колесной пары относительно рамы тележки, на которой укреплен тяговый двигатель.

Электрощетки осуществляют скользящий контакт между неподвижными электрическими цепями и вращающейся обмоткой якоря. Щетки представляют собой прямоугольные угольно-графитовые призмы с поверхностью, приточенной к коллектору (для более плотного контакта). Чем больше ток, на который рассчитан двигатель, тем больше сечение его токоведущих частей, в том числе и щеток. В двигателях используют разрезные щетки, обеспечивающие по срав-

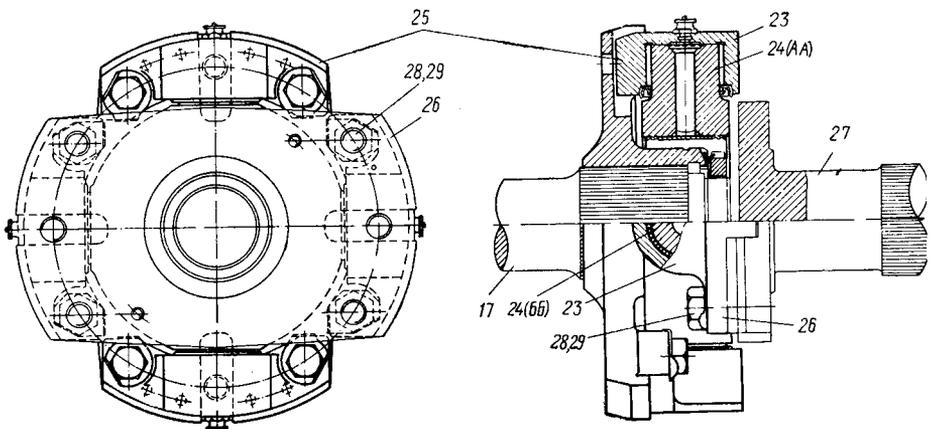


Рис. 79. Кулачковая муфта соединения карданного вала с шестерней

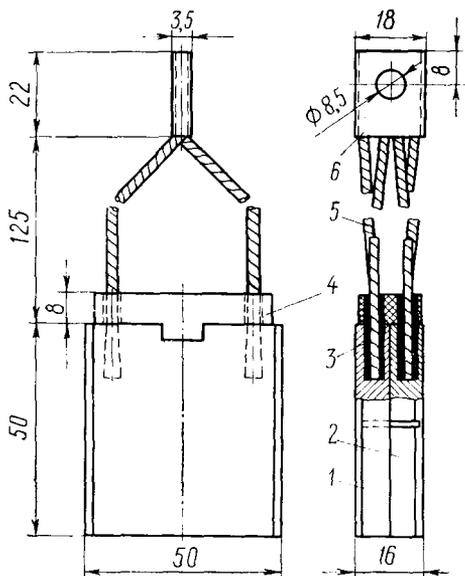


Рис. 80. Электрощетка двигателя НБ-412К

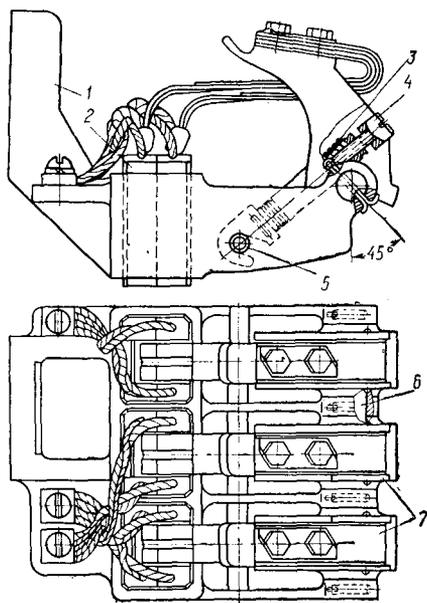


Рис. 81. Щеткодержатель двигателя НБ-418К6

нению с неразрезными лучшие условия коммутации, более равномерное распределение тока по сечению щетки и улучшение скользящего контакта.

Электрощетки (рис. 80) двигателя НБ-412К состоят из двух частей 1, 2, резинового амортизатора 4, гибких проводников 5 и кабельного наконечника 6. Проводники 5 заделывают в тело щетки способом конопатки медным порошком 3 для того, чтобы переходное падение напряжения между телом щетки и проводом не превышало установленной величины 50 мв. Для обеспечения механической прочности заделки проводов в щетке место выхода проводника заливают эпоксидной смолой.

Для каждого двигателя завод-изготовитель выбирает щетки соответствующей марки (определенный состав, способ приготовления и физические свойства). При замене изношенных щеток необходимо применять щетки, марка которых соответствует указанной на чертеже.

Щетки вставляют в специальные гнезда корпуса щеткодержателя. Рассмотрим щеткодержатель (рис. 81) двигателя НБ-418К6. Корпус 1 щеткодержателя, изготовленный из латуни литьем под давлением, имеет три сквозных окна, в каждое из которых помещена разрезная щетка 2. Нажатие на каждую щетку осуществляется отдельно пружинными пальцами 7. Под воздействием цилиндрической пружины 3 нажатие практически сохраняется постоянным независимо от износа щетки. Пружина работает на растяжение и закреплена одним концом на оси 5 в корпусе щеткодержателя, а другим — на оси на нажимном пальце 6 винтом 4.

Давление нажимного пальца должно быть строго определенным. При большем давлении недопустимо увеличится износ щеток и нагрев коллектора, а при меньшем ухудшится контакт между щеткой и коллектором, что может привести к усиленному искрению, а иногда к перебросам и круговому огню. Величину давления можно регулировать винтом 4. Если щетка достигает допустимого минимального размера, давление от пальца на нее прекращается и тем самым поверхность коллектора предохраняется от повреждения.

Между щетками и окном щеткодержателя предусмотрен небольшой зазор в пределах 0,3 мм по ширине и 0,6 мм по длине щетки, что обеспечивает свободное перемещение их по высоте. На тыльной стороне щеткодержателя для надежного крепления его к кронштейну сделана гребенка, которая позволяет выбрать и зафиксировать определенное положение щеткодержателя относительно коллектора. Между нижней кромкой корпуса щеткодержателя и рабочей поверхностью коллектора должен быть зазор в свету не менее 2 мм и не более 4 мм.

Щеткодержатели крепят к кронштейнам (рис. 82), которые посажены на специальные пальцы 2, представляющие собой шпильки, опрессованные пластмассой АГ-4. Такие пальцы имеют блестящую гладкую поверхность светло-коричневого цвета. Один конец пальца ввинчивают в траверсу, а на другой насаживают кронштейн. Пальцы, а значит и кронштейн изолированы от траверсы. Кронштейн состоит из корпуса 1 и накладки 3, которые укреплены на пальцах болтом 4. На лобовой стороне кронштейна имеется гребенка, соответствующая

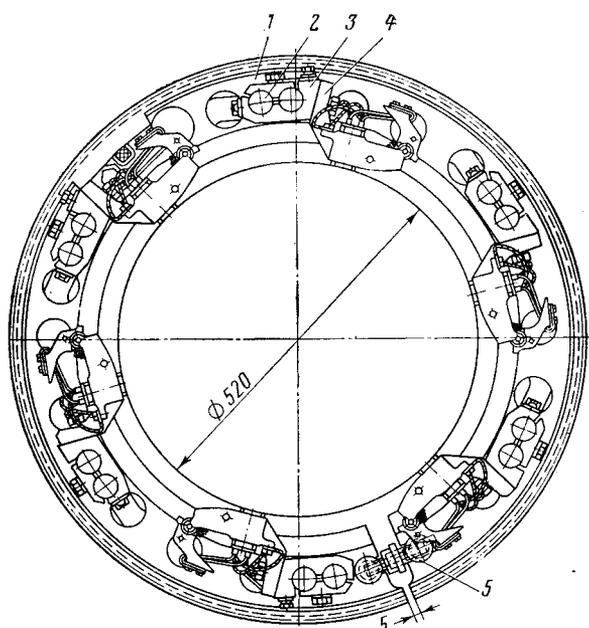
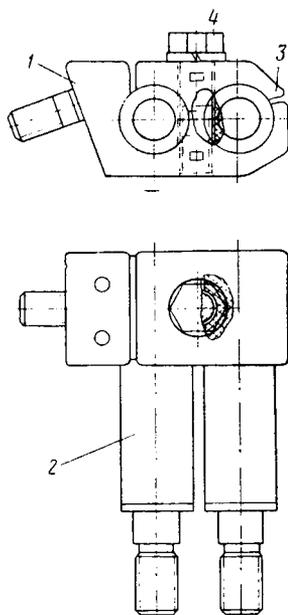


Рис. 82. Кронштейн щеткодержателя двигателя НБ-418К6

Рис. 83. Траверса двигателя НБ-418К6

гребенке на щеткодержателе, и шпилька, на которую насажен щеткодержатель.

Тяговые двигатели электровозов переменного тока — обычно шестиполюсные, поэтому имеют соответственно по шесть щеткодержателей и кронштейнов. Чтобы удобнее было осматривать щеткодержатели через коллекторный люк, их крепят на траверсе, которую можно поворачивать во время осмотра двигателя. Траверсы позволяют производить осмотр и смену электрощеток.

Траверса (рис. 83) выполнена в виде разрезного кольца 1 швеллерного сечения. Наружный обод этого кольца представляет собой зубчатый венец, который находится в зацеплении с шестерней поворотного механизма, расположенной на остова тягового двигателя. Шестерней осуществляется поворот траверсы. На траверсе имеются резьбовые отверстия, в которых крепят пальцы 2 кронштейна 3. Кронштейны одноименных полюсов присоединяют к расположенным на внутреннем ободе траверсы медным шинам, изолированным друг от друга и от корпуса траверсы. Верхние кронштейны щеткодержателей 4 соединяют кабелем с выводами двигателя.

В остове двигателя траверса закреплена фиксатором, установленным против верхнего коллекторного люка, и прижата к подшипниковому щиту двумя стопорными устройствами: одно из них расположено внизу двигателя, а другое — со стороны подвески двигателя к раме тележки. Разжимное устройство 5, расположенное против нижнего коллекторного люка, позволяет изменять размер щели в кольце 1: вращая шпильку, можно обеспечить размер щели не менее 5 мм в рабочем положении и не более 2 мм, когда требуется осуществлять проворот траверсы для осмотра щеткодержателей и смены электрощеток. Проворачивать траверсу допускается только до места, где кольцо имеет разрез.

После окончания осмотра щеткодержателя траверсу необходимо установить в рабочее положение: должны совпадать риски, нанесенные на траверсе и остове. Затем необходимо закрепить кабели, разжать траверсу и закрепить фиксаторы и стопорные устройства. Особое внимание следует обращать на точность установки и надежность крепления траверсы.

Выше была рассмотрена конструкция тягового двигателя НБ-418К6 для восьмиосных электровозов переменного тока, обладающего рядом существенных достоинств. Эти двигатели устанавливаются на всех электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup>, начиная с № 280. Однако этому двигателю предшествовало несколько модификаций. Так, двигатели НБ-418К1, К2, К3 и К4, установленные более чем на двухстах электровозах ВЛ80<sup>к</sup> (до № 279), не имели клеммовой коробки выводов, а выход охлаждающего воздуха осуществлялся через вентиляционные отверстия в подшипниковом щите. Друг от друга модификации незначительно отличаются по конструкции уплотнений подшипниковых узлов. Изоляция якоря и компенсационных обмоток на двигателях всех исполнений класса нагревостойкости В, а обмоток катушек главных и дополнительных полюсов класса Н.

СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ  
ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОВЗОВ

## § 24. Общие сведения.

## Основные электромеханические соотношения

Скорость движения электровоза прямо пропорциональна скорости вращения  $n$  якоря тягового двигателя, а последняя зависит от напряжения  $U$  на зажимах двигателя, магнитного потока главного полюса  $\Phi$  и тока двигателя  $I$ :

$$n = \frac{U - IR}{c\Phi}, \quad (1)$$

где  $R$  — суммарное омическое сопротивление двигателя;  
 $c$  — коэффициент, определяемый конструкцией двигателя.

Поскольку сопротивление  $R$  очень мало (сотые доли ома), то и произведение  $IR$  также мало. Оно во много раз меньше напряжения  $U$ , и в приближенных расчетах им можно пренебречь. Тогда получим более простую зависимость

$$n \approx \frac{U}{c\Phi}. \quad (2)$$

Следовательно, скорость вращения якоря двигателя приблизительно прямо пропорциональна напряжению, подводимому к тяговому двигателю, и обратно пропорциональна магнитному потоку главных полюсов. Практически это следует понимать так. При одном и том же магнитном потоке или при одном и том же токе тягового двигателя чем больше напряжение на зажимах двигателя, тем больше скорость вращения его якоря. В то же время вращающий момент двигателя и сила тяги электровоза зависят от тока и магнитного потока двигателей. Чем больше ток и чем больше магнитный поток, тем больше сила тяги независимо от того, при каком напряжении и с какой скоростью вращения работают тяговые двигатели.

Как следует из рассмотренных зависимостей, возможны два способа регулирования скорости вращения тягового двигателя, т. е. регулирования скорости движения электровоза. Первый способ — это изменение величины подводимого к тяговому двигателю напряжения  $U$  и второй — изменение величины магнитного потока главных полюсов  $\Phi$ .

На электровозах как постоянного, так и переменного тока используют оба способа. При трогании с места и во время разгона повышают напряжение на тяговых двигателях, чем обеспечивается увеличение скорости. После того как напряжение становится номинальным и

его дальнейшее увеличение недопустимо, скорость можно увеличить, уменьшая магнитный поток главных полюсов путем шунтирования обмотки возбуждения резисторами.

На электровозах постоянного тока напряжение на тяговых двигателях регулируют, изменяя сопротивление резисторов, включенных с ними последовательно, а также переключая двигатели с последовательного на последовательно-параллельное соединение. Если двигатели соединены последовательно, то на каждый из них приходится часть напряжения, равная полному напряжению, деленному на количество двигателей. Если уменьшать количество последовательно включенных двигателей, то напряжение на каждом из них будет увеличиваться.

Способы регулирования напряжения, применяемые на электровозах постоянного тока, имеют ряд серьезных недостатков. Так, в резисторах значительная доля энергии превращается в тепло, и это существенно снижает к. п. д. электровоза. Кроме того, резисторы, рассчитанные на значительную мощность, имеют большие габариты. Из-за нагрева ограничивается допустимая продолжительность использования реостатных ступеней регулирования. При последовательном и последовательно-параллельном соединениях двигателей тяговые свойства электровоза намного хуже, чем при параллельном соединении. Боксование колес электровоза в случае последовательного и последовательно-параллельного соединений двигателей более глубокое, и восстановить сцепление значительно труднее, чем при параллельном соединении.

На электровозах переменного тока регулирование напряжения тяговых двигателей осуществляется более совершенными способами. Здесь не применяют резисторы и, следовательно, нет потерь энергии в реостатах, а продолжительность использования ступеней регулирования не ограничена. Кроме того, одним из основных преимуществ электровозов переменного тока является то, что постоянно используется параллельное соединение двигателей. Это обуславливает лучшие тяговые качества электровоза как во время пуска, разгона, так и во время движения.

Регулирование напряжения на электровозах переменного тока осуществляют путем изменения коэффициента трансформации тягового трансформатора, т. е. изменения соотношения количества витков первичной и вторичной обмоток. На выпрямительных электровозах с управляемыми вентилями возможно регулировать напряжение с помощью выпрямителей. В этом случае процесс регулирования напряжения протекает без образования дуги (следовательно, отсутствует аппаратура с дугогашением) и может быть осуществлено плавное бесступенчатое регулирование напряжения в процессе разгона электровоза, что улучшает его тяговые свойства.

Наконец, возможен комбинированный способ регулирования напряжения, сочетающий изменение коэффициента трансформации и регулирование напряжения управляемыми вентилями.

Рассмотрим, как осуществляют регулирование напряжения на двигателях путем изменения коэффициента трансформации.

Известно, что чем больше напряжение вторичной обмотки трансформатора  $U_2$ , тем больше выпрямленное напряжение  $U$  (напряжение на двигателях). Ориентировочно можно принять, что

$$U = (0,8 \div 0,9)U_2.$$

В свою очередь напряжение  $U_2$  можно определить, разделив первичное напряжение  $U_1$  на коэффициент трансформации  $\kappa_T$ , равный соотношению количества витков первичной  $\omega_1$  и вторичной обмоток  $\omega_2$

$$U_2 = \frac{U_1}{\kappa_T} = \frac{U_1}{\omega_1} \omega_2. \quad (3)$$

Подставляя значение  $U_2$  в формулу (2), получим

$$U = (0,8 \div 0,9) \frac{U_1}{\kappa_T} = (0,8 \div 0,9) \frac{U_1}{\omega_1} \omega_2. \quad (4)$$

Зависимость (4) показывает, что напряжение на тяговых двигателях можно регулировать, изменяя либо первичное напряжение  $U_1$ , подводимое к трансформатору, либо коэффициент трансформации силового трансформатора  $\kappa_T$ . Способы регулирования, при которых изменяют напряжение  $U_1$ , называют способами регулирования напряжения на первичной стороне трансформатора. Способы, при которых изменяют коэффициент трансформации  $\kappa_T$ , переключая секции его вторичной обмотки, называют способами регулирования на вторичной стороне трансформатора.

Рассмотрим простейший трансформатор с отпайками на вторичной его стороне (рис. 84). Если первичное напряжение  $U_1$  и число витков первичной обмотки  $\omega_1$ , то на каждый виток первичной обмотки приходится напряжение  $\frac{U_1}{\omega_1}$ . Такое же напряжение будет приходиться и на каждый виток вторичной обмотки трансформатора. Чем больше число витков, к которому подключена нагрузка  $R$ , тем больше напряжение на ней. Когда нагрузка подключена к отпайкам 0 и 3, напряжение на ней

$$U_{03} = \frac{U_1}{\omega_1} (\omega + \omega + \omega),$$

где  $\omega$  — число витков в каждой секции.

Чтобы увеличить напряжение на нагрузке, нужно переключить ее с отпайки 3 на отпайку 4, как показано штриховой линией. Тогда напряжение увеличится до величины

$$U_{04} = \frac{U_1}{\omega_1} (\omega + \omega + \omega + \omega).$$

Таким образом, для увеличения напряжения нужно нагрузку подключить к большему количеству витков, а для уменьшения — к меньшему.

Первичная и вторичная обмотки трансформатора могут быть совмещены в одну обмотку так, как показано на рис. 85. При этом трансформатор превращается в автотрансформатор. Все закономер-

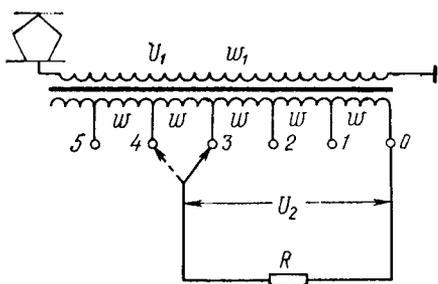


Рис. 84. Схема трансформатора с секционированной обмоткой

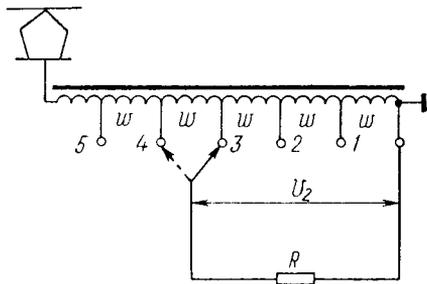


Рис. 85. Схема автотрансформатора с секционированной обмоткой

ности, отмеченные выше для трансформатора, верны и для автотрансформатора.

Таким образом, как при одних, так и при других способах регулирования для увеличения или уменьшения напряжения на нагрузке (это может быть и резистор, и тяговые двигатели, и трансформатор, и пр.) нужно увеличить или уменьшить число витков вторичной обмотки, т. е. произвести переключение цепи питания с одной отпайки на другую.

Переключение цепи нагрузки с одной отпайки на другую должно происходить без перерыва питания тяговых двигателей, поскольку перерывы питания сопровождались бы прекращением тяги, толчками и поддегиваниями электровоза. Если же, не отключая цепи питания от одной отпайки, например 3 (см. рис. 84 и 85), попытаться подключить нагрузку к другой, например 4 (чтобы потом отключить ее от отпайки 3), то секция вторичной обмотки 3—4 окажется накоротко замкнутой, что недопустимо даже кратковременно.

Поэтому переключение питания нагрузки с одной отпайки на другую производят с помощью переходных реакторов или переходных резисторов, которые при одновременном подключении нагрузки к двум отпайкам, ограничивая ток в замкнутой секции, не допускают короткого замыкания. Процесс переключения происходит в два этапа. Рассмотрим в качестве примера переход с отпайки 3 на отпайку 4 (рис. 86).

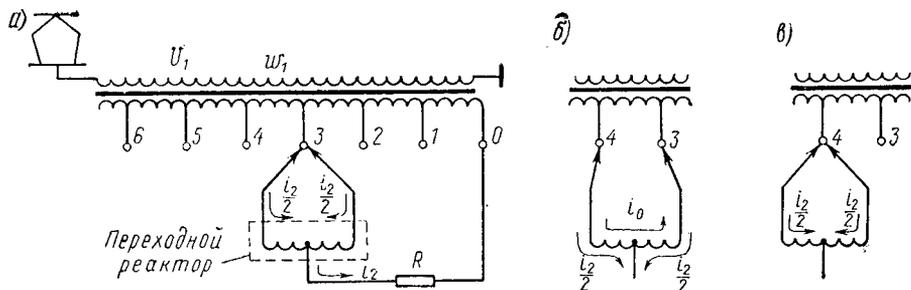


Рис. 86. Схемы включения переходного реактора

В исходном положении оба вывода переходного реактора подключены к одной отпайке 3 (рис. 86, а). Напряжение на нагрузке равно напряжению трех секций 0—3. Ток нагрузки делится между полуобмотками реактора поровну и направлен в них встречно. Поэтому результирующий магнитный поток и индуктивность реактора равны нулю. Следовательно, наличие переходного реактора в силовой цепи в то время, когда он обоими выводами подключен к одной отпайке, не сказывается на режиме питания нагрузки.

На первом этапе переключения один вывод переходного реактора отсоединяется от отпайки 3 и подсоединяется к отпайке 4, а другой остается присоединенным к отпайке 3 (рис. 86, б). При этом напряжение на нагрузке возрастает: оно станет равным среднему напряжению между напряжением трех и напряжением четырех секций, т. е. равным напряжению трех с половиной секций. Через переходной реактор, когда он подключен к двум соседним отпайкам, протекает ток, состоящий из двух слагаемых: тока нагрузки  $i_2$  и тока циркуляции в замкнутой секции  $i_0$ . Ток  $i_0$  ограничен индуктивным сопротивлением переходного реактора: чем больше сопротивление, тем меньше ток.

На втором, завершающем этапе переключения другой вывод обмотки переходного реактора отсоединяется от отпайки 3 и подсоединяется к отпайке 4 (рис. 86, в). Напряжение на нагрузке становится еще больше: оно равно напряжению четырех секций. Ток в полуобмотках реактора протекает так же, как в случае подключения его к отпайке 3.

Вместо переходного реактора для перехода с одной отпайки на другую может быть использован переходной резистор. При регулировании напряжения на вторичной стороне трансформатора обычно применяют переходные реакторы, а при регулировании на первичной стороне — переходные резисторы.

На отечественных электровозах широко распространен способ регулирования на вторичной стороне трансформатора, а на зарубежных большое распространение получили способы регулирования на первичной стороне.

## § 25. Способы регулирования напряжения на вторичной стороне трансформатора

На электровозах ВЛ60, ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> осуществляют регулирование напряжения на вторичной стороне трансформатора. Несмотря на различие в силовых схемах этих электровозов, способы перехода и устройство переключающей аппаратуры у них одинаковы. Вторичная обмотка их силовых трансформаторов состоит из двух одинаковых обмоток, каждая из которых имеет основную, несекционированную часть  $a1—x1$  (рис. 87) или  $a2—x2$  и секционированную  $01—1$  или  $02—5$ .

Секционированная часть разделена на четыре секции, имеющие одинаковое количество витков и, следовательно, одинаковое напря-

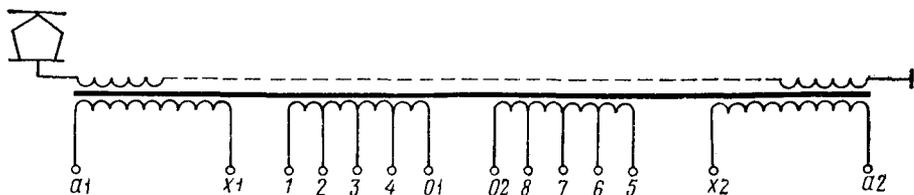


Рис. 87. Схема вторичной обмотки трансформаторов электровозов ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup>

жение. Напряжение основных несекционированных частей выбрано несколько бóльшим, чем суммарное напряжение четырех секций 01—1 или 02—5. Несекционированные части всегда находятся в работе и выводами  $a_1$  и  $a_2$  независимо от ступени регулирования постоянно подключены к выпрямителям. Само регулирование сводится к тому, чтобы с основным несекционированным частям подключать то или иное количество секций в одном или другом (согласном или встречном) направлении.

На первых ступенях регулирования для получения низких напряжений секционированные части к несекционированным подключаются в с т р е ч н о. В этом случае результирующее напряжение равно разности напряжений обмотки  $x_1—a_1$  (или  $x_2—a_2$ ) и встречно подключенных секций. Направление тока в обмотках определяется его направлением в несекционированных частях, так как напряжение в них всегда больше напряжения секций.

По мере разгона поезда для увеличения напряжения количество встречно включенных секций уменьшают. На некоторой средней ступени регулирования (17-я позиция) секции в работе вообще не участвуют и результирующее напряжение определяется только основными, несекционированными частями обмоток. Для дальнейшего повышения напряжения (на высоких ступенях регулирования) к несекционированным частям обмоток подключают те же секции, но теперь уже с о г л а с н о. При этом количество согласно включенных секций постепенно увеличивают. Наибольшим напряжение будет тогда, когда к несекционированным частям согласно подключены все четыре секции. При переходе на каждую следующую ступень регулирования осуществляется переключение только в одной из двух вторичных обмоток трансформатора. Так, при переходе на 2-ю, 4-ю и все четные позиции переключения производят в обмотке 01— $a_1$ , а при переходе на нечетные позиции — в обмотке 02— $a_2$ . Таким образом, при наборе позиций переключения производят поочередно — сначала в одной обмотке, а затем в другой. Те ступени регулирования, на которых обе вторичные обмотки соединены одинаково и имеют одинаковое напряжение (1-, 3-, 5-я и другие нечетные позиции), называют симметричными. Остальные, четные ступени регулирования, на которых вторичные обмотки соединены неодинаково, называют несимметричными.

Благодаря возможности изменять количество работающих секций и направление их включения, а также чередовать переключения сна-

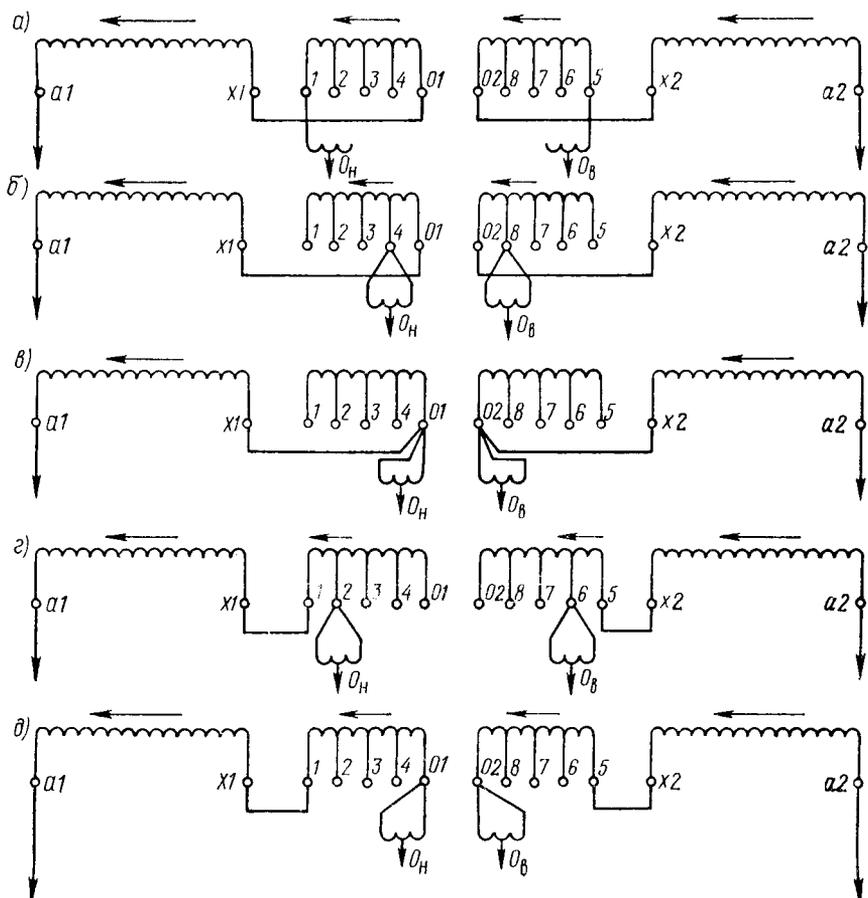


Рис. 88. Схемы соединений частей вторичной обмотки трансформатора на характерных ходовых ступенях регулирования

чала в одной, а потом в другой вторичной обмотке при небольшом числе секций (восемь) обеспечивается большое количество ступеней регулирования — 33, среди которых девять — 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29 и 33-я — являются ходовыми, а остальные 24 ступени — неходовыми (переходными).

Рассмотрим сначала ходовые, а затем переходные ступени регулирования.

На 1-й ступени (рис. 88, а) к основным несекционированным частям  $x1-a1$  и  $x2-a2$  встречно подключено по четыре секции соответственно 1—01 и 02—5. При этом напряжение равно разности напряжений несекционированных частей и четырех включенных встречно секций. Эта разность напряжений невелика. Чтобы увеличить напряжение на двигателях, на последующих ступенях регулирования уменьшают количество встречно включенных секций. На 5-й ступени встречно включено по три секции, на 9-й — по две, на

13-й — по одной (рис. 88, б), а на 17-й в работе остаются одни нерегулируемые части вторичных обмоток трансформатора (рис. 88, в).

На следующих более высоких позициях к нерегулируемым полубмоткам секции подключают согласно. На 21-й позиции подключено к несекционированным частям по одной секции (рис. 88, г), на 25-й — по две, на 29-й — по три и на 33-й — по четыре секции (рис. 88, д). Таким образом, напряжение в обмотках и соответственно на тяговых двигателях зависит от того, сколько и в каком направлении подключено секций к основным несекционированным частям вторичных обмоток трансформатора.

Следует обратить внимание на то, что каждая из девяти ходовых ступеней регулирования характеризуется одинаковым симметричным соединением обмоток и тем, что оба вывода каждого переходного реактора подсоединены к одной отпайке.

Переход с одной ходовой ступени регулирования на другую ходовую происходит в четыре этапа, т. е. между ходовыми имеются еще три неходовые переходные ступени регулирования. Рассмотрим это подробнее. Как было отмечено выше, подключение к той или другой отпайке секционированной части производится через переходный реактор. Поскольку в трансформаторе две одинаковые вторичные обмотки, то в силовых цепях ставят два реактора — для каждой обмотки свой. Конструктивно оба реактора смонтированы на одном общем каркасе. Размещены они один над другим. Средняя точка нижнего реактора обозначена  $0_H$ , а верхнего —  $0_B$ .

На примере перехода с 25-й на 29-ю ступень регулирования проследим, в какой последовательности переключаются переходные реакторы и как изменяется напряжение по ступеням.

На 25-й ступени (рис. 89, а) в каждой обмотке к несекционированным частям подключено согласно по две секции 3—1 и 7—5. На 29-й ступени (рис. 89, д) должно быть подключено по три секции 4—1 и 8—5. Следовательно, обмотку одного переходного реактора нужно переключить с отпайки 3 на 4, а другого — с отпайки 7 на 8.

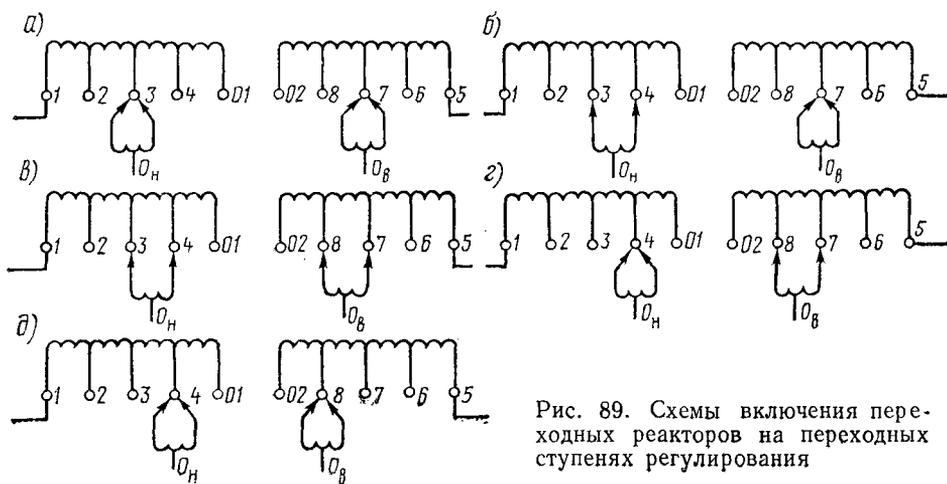


Рис. 89. Схемы включения переходных реакторов на переходных ступенях регулирования

Такое переключение проводится в четыре этапа, как показано на рис. 89, в результате чего между ходовыми ступенями образуются три неходовые.

Сначала один переходный реактор переключают на секцию 3—4 (рис. 89, б). Это соответствует 26-й неходовой ступени регулирования. Обозначим напряжение одной секции  $\Delta U$  и определим, как изменится напряжение между точками  $0_n$  и 1 после перехода с 25-й на 26-ю ступень регулирования. На 25-й ступени напряжение между точками  $0_n$  и 1 было равно  $2\Delta U$ . Поскольку на 26-й позиции переходный реактор подключен к отпайкам 3 и 4 напряжение на обмотке реактора равно  $\Delta U$ , а напряжение на его полуобмотках 4— $0_n$  и  $0_n$ —3 составляет  $0,5\Delta U$ . Следовательно, на 26-й позиции напряжение между точками  $0_n$  и 1 стало равным  $2\Delta U + 0,5\Delta U = 2,5\Delta U$ , т. е. увеличилось на  $0,5\Delta U$ . Ровно на столько же увеличилось напряжение всей левой — вторичной обмотки.

При переходе с 25-й на 26-ю ступень регулирования в другой — правой вторичной обмотке трансформатора никаких переключений не делается и ее напряжение остается неизменным. Следовательно, 26-я позиция является несимметричной — напряжение одной обмотки на  $0,5\Delta U$  больше напряжения другой.

При переходе с 26-й на 27-ю ступень регулирования аналогичные переключения производят в правой вторичной обмотке. Верхний переходный реактор со средней точкой  $0_v$  подключают к секции 7—8 (рис. 89, в), что приводит к увеличению напряжения этой обмотки также на  $0,5\Delta U$ . Таким образом, на 27-й позиции напряжения на обеих обмотках одинаковы. Эта позиция симметричная, однако она не является ходовой, так как обмотки переходных реакторов подключены не к одной точке, а к секциям трансформатора, через которые, помимо рабочего тока, проходят большие циркуляционные токи.

На следующем этапе — при переходе с 27-й на 28-ю ступень регулирования — переходный реактор со средней точкой  $0_n$  подключают к отпайке 4 обоими выводами (рис. 89, г) и напряжение левой вторичной обмотки еще повышается на  $0,5\Delta U$ . Эта ступень регулирования так же, как и 26-я, несимметричная: напряжение одной обмотки больше на  $0,5\Delta U$  напряжения другой.

Наконец, при переходе с 28-й на 29-ю ступень регулирования переходный реактор со средней точкой  $0_v$  также подключается к одной точке — отпайке 8, что приводит к повышению напряжения правой обмотки еще на  $0,5\Delta U$ . Это уже симметричная ходовая ступень регулирования, соответствующая 29-й позиции главного контроллера, при которой в обеих обмотках напряжение на  $\Delta U$  больше, чем на 25-й позиции.

Переход с любой ходовой ступени на другую ходовую как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения напряжения двигателей происходит так же, как переход с 25-й на 29-ю позицию. Особенностью этого способа являются поочередные, одинаковые переключения: сначала в одной обмотке, а потом в другой.

Рассмотрим подробнее процессы переключения и условия работы переходного реактора и переключающей аппаратуры. На ходовых

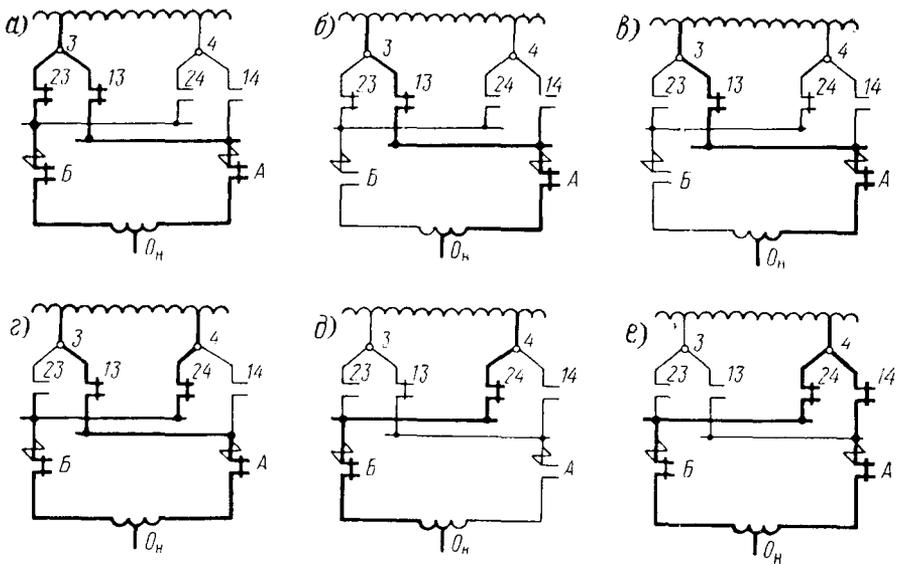


Рис. 90. Схемы включения переходного реактора в процессе переключения

ступенях регулирования каждый переходный реактор подключен к одной отпайке, а на переходных — один или оба реактора подключены к секции. Для того чтобы переключить переходный реактор с одной отпайки на другую, его сначала включают на секцию, а затем уже обоими концами на заданную отпайку.

Каждое переключение обмотки переходного реактора происходит в определенной последовательности. В исходной позиции переходный реактор подключен, например, к отпайке 3 (рис. 90, а) через контакторы 23 и 13 без дугогашения, способные производить переключения только в обесточенных цепях, и через контакторы с дугогашением Б и А. Всякий переход на другую позицию начинается с отключения дугогасительного контактора (в рассматриваемом примере — с отключения контактора Б).

После отключения контактора Б (рис. 90, б) контактор 23 обесточивается и цепь контакторов 23 и 24 оказывается отсоединенной от цепи переходного реактора. Контакт Б находится в отключенном положении непродолжительно — только в течение времени, необходимого для размыкания контактора 23 и замыкания контактора 24 (рис. 90, в). Следует подчеркнуть, что недопустимо одновременное включение контакторов 23 и 24: сначала обязательно должен разомкнуться контактор 23 и только после этого может замкнуться контактор 24. Если же из-за нарушения работы переключателя произойдет одновременное включение контакторов 23 и 24, то это приведет к глухому короткому замыканию секции трансформатора — очень опасному аварийному режиму.

Итак, после переключения контакторов 23 и 24 контактор Б опять включается (рис. 90, г) и присоединяет реактор к секции транс-

форматора. Через него протекает суммарный ток, состоящий из тока нагрузки и циркуляционного тока. Величина суммарного тока значительна, особенно при больших токах тяговых двигателей. Реактор может иметь опасные перегревы. Поэтому продолжительность использования переходных ступеней должна быть ограничена.

Переключение реактора с секции трансформатора на одну точку (с 27-й на 28-ю ступень регулирования) начинается также с отключения контактора с дугогашением, но теперь уже контактора с другой стороны реактора — контактора *A*. После его отключения контактор *13* обесточивается и цепь контакторов *13* и *14* оказывается отсоединенной от цепи переходного реактора (рис. 90, *д*). Контактор *A* находится в отключенном положении непродолжительно — только в течение времени, необходимого для размыкания контактора *13* и последующего замыкания контактора *14*. Затем контактор *A* опять включается и переходный реактор оказывается подключенным к отпайке 4 (рис. 90, *е*). Поскольку трансформаторы электровозов ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>г</sup> имеют одинаковую электрическую схему и на этих электровозах установлена одинаковая переключающая аппаратура, то все изложенное выше относится ко всем этим электровозам.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> полупроводниковые выпрямители включены по мостовой схеме (см. стр. 119). Каждый выпрямительный мост обеспечивает питание группы тяговых двигателей, установленных на одной тележке (на шестиосных электровозах — трех, на восьмиосных — двух тяговых двигателей.)

Проще всего, казалось бы, было подключить к одной вторичной обмотке один мост с группой двигателей, а к другой вторичной обмотке — второй мост с группой двигателей. Однако этого сделать нельзя, так как при принятой системе регулирования на несимметричных позициях напряжения на тяговых двигателях были бы неодинаковыми. Чтобы электровоз способен был развивать наибольшую по условиям сцепления силу тяги, все тяговые двигатели должны работать в одинаковых условиях: при равных напряжениях и с одинаковыми токами. Поэтому схемы силовых цепей электровозов ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> построены так (рис. 91), что в один полупериод двигатели первой тележки получают питание от «своей» первой обмотки, а второй тележки — от «своей» второй обмотки. В следующий полупериод, наоборот, двигатели первой тележки получают питание от второй обмотки, а второй — от первой обмотки. Поочередным подключением двигателей то к одной, то к другой обмотке обеспечивают одинаковое (среднее) напряжение на всех двигателях даже при неодинаковых напряжениях обмоток трансформатора.

На той же схеме показаны направления протекания тока в первый полупериод сплошными стрелками и во второй полупериод — штриховыми. В первый полупериод, когда напряжение в обмотках направлено слева направо, двигатели *I* получают питание от обмотки  $a1—0_{в}$ , а двигатели *II* — от обмотки  $0_{в}—a2$ . Другими словами, двигатели каждой тележки получают питание от «своей» обмотки. Уравнительное соединение  $a1—0_{в}$  с блоком дифференциальной защиты БРД в этот полупериод всегда обесточено, ибо это соединение не входит ни в одну

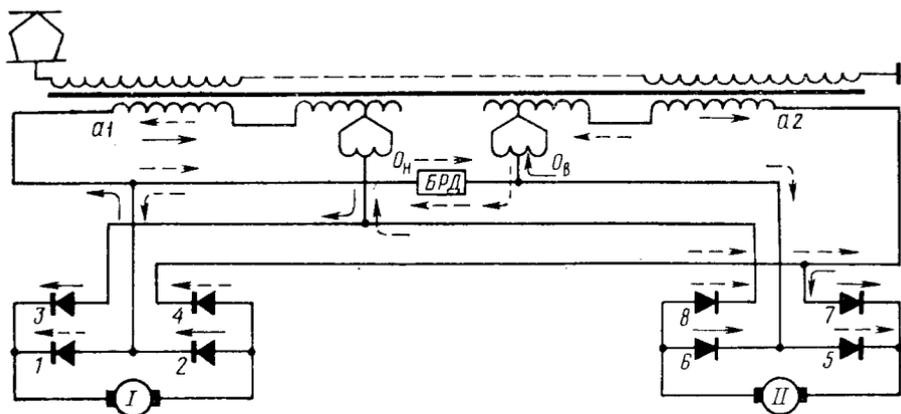


Рис. 91. Упрощенная схема силовых цепей электровозов ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup>

замкнутую цепь. Во второй полупериод двигатели первой тележки получают питание от второй обмотки через цепь БРД, а двигатели второй тележки — от первой обмотки также через цепь БРД. Попутно следует отметить особенность протекания токов. В этот полупериод через БРД протекают как бы два тока в противоположных направлениях. Возникает вопрос: есть ли в действительности ток в цепи блока? Если нет, то как же протекает ток в силовых цепях?

При одинаковом напряжении на обеих обмотках, одинаковых характеристиках тяговых двигателей, т. е. когда ток одной группы двигателей равен току другой группы двигателей, тока в цепи БРД нет. Если включить амперметр в цепь блока, он покажет отсутствие тока. Можно в этих условиях даже разомкнуть цепь блока БРД, и никаких изменений не произойдет. Фактически ток будет протекать по следующей цепи: вывод  $a1$ , вентили плеча 1, тяговые двигатели I, плечо 4, обмотка  $a2$ — $0_B$ , плечо 5, тяговые двигатели II, плечо 8, полуобмотка  $0_H$ — $a1$ . Хотя ток проходит последовательно по элементам обеих цепей, однако соединение двух цепей независимое, отнюдь не последовательное. При последовательном соединении ток всегда, при любом режиме одинаков во всех элементах последовательной цепи, а здесь цепи работают независимо.

При любом изменении режима в одном контуре (например, если отключить один двигатель или все три) никаких изменений в режиме работы другого контура не произойдет — изменится лишь ток (уравнительный) в цепи блока БРД.

## § 26. Способы регулирования напряжения на первичной стороне трансформатора

При регулировании на первичной стороне трансформатора его первичная  $b$  (рис. 92) и вторичная  $в$  обмотки несекционированы и трансформатор работает с неизменным коэффициентом трансформа-

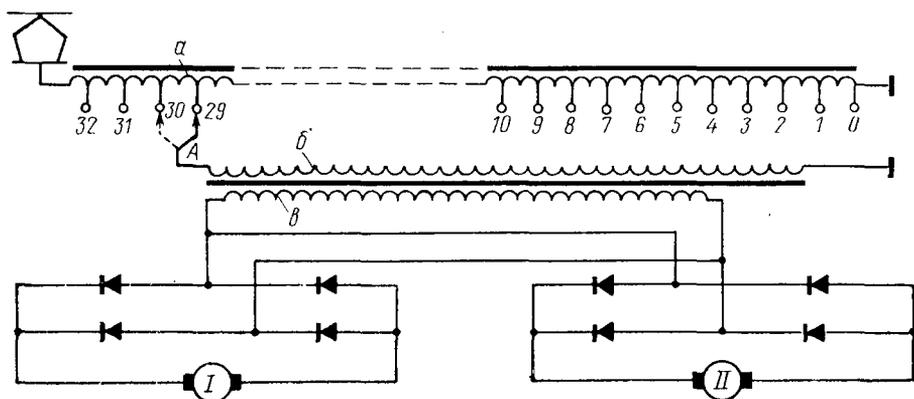


Рис. 92. Упрощенная схема силовых цепей электровоза ЧС4

ции. Для регулирования напряжения, подводимого к первичной обмотке трансформатора, используют секционированную, разделенную на 32—35 секций автотрансформаторную обмотку  $a$ , которая включена на напряжение контактной сети.

От автотрансформаторной обмотки к первичной обмотке трансформатора подводится напряжение, величина которого зависит от числа используемых секций: чем больше секций, тем выше напряжение.

Первичная обмотка трансформатора со стороны земли имеет постоянное соединение с автотрансформаторной обмоткой. Переход с одной ступени на другую сводится к переключению второго вывода первичной обмотки с одной отпайки автотрансформаторной обмотки на другую.

Во время трогания электровоза, когда на двигатели нужно подать небольшое напряжение, вывод  $A$  трансформатора присоединен к отпайке  $1$ , соответствующей 1-й ступени регулирования, и на первичную обмотку трансформатора подается напряжение, равное напряжению одной секции  $0-1$ . Для повышения напряжения на трансформаторе и соответственно на тяговых двигателях вывод  $A$  переключают на отпайку  $2$ , затем на отпайку  $3$  и т. д. Номер отпайки соответствует номеру ступени регулирования и позиции переключателя ступеней.

Напряжение, подаваемое на первичную обмотку трансформатора, на 2-й ступени будет равно напряжению двух секций автотрансформаторной обмотки  $0-2$ , на 3-й — трех секций  $0-3$  и т. д. Наибольшим оно будет тогда, когда первичная обмотка подключена в отпайку  $32$  (наибольшее количество включенных секций).

Таковы общие особенности регулирования напряжения на первичной стороне трансформатора. На сети железных дорог СССР работают следующие электровозы переменного тока с регулированием напряжения на первичной стороне: электровозы Ф производства Франции, электровозы К производства ФРГ и электровозы ЧС4 производства ЧССР.

Рассмотрим характерные особенности способа регулирования напряжения и процесса перехода с одной позиции на другую применительно к электровозу ЧС4.

Автотрансформаторная обмотка разделена на 32 секции. Электровоз имеет 32 ступени регулирования, причем каждая из них является ходовой. Напряжение на тяговых двигателях машинист регулирует, осуществляя переход с одной отпайки на другую. Сами переходы — переключения первичной обмотки трансформатора на ту или другую отпайку автотрансформаторной обмотки — осуществляются с помощью высоковольтного переключателя ступеней, который включает в себя избиратель ступеней и блок из четырех контакторов с дугогашением. Избиратель и блок контакторов имеют общую систему привода, работающую от одного общего пневматического двигателя. Поэтому все операции протекают в строго определенной последовательности с необходимой выдержкой времени.

Избиратель осуществляет бестоковое переключение цепи отключенных контакторов с одной отпайки на другую. Включения и отключения цепей под нагрузкой производятся контакторами. Во избежание короткого замыкания секции при одновременном подключении к двум соседним отпайкам в цепь контакторов вводятся резисторы.

Рассмотрим переход с нулевой позиции на 1-ю.

На нулевой позиции избиратель своими подвижными контактами подключен к отпайкам  $0$  и  $I$ ; контакторы  $III$  и  $IV$  включены (рис. 93,  $a$ ). Так как на отпайке  $0$  напряжение равно нулю, то на первичной обмотке напряжения не будет. Не будет его и на вторичной обмотке.

Переход на следующую, в нашем примере на 1-ю, ступень регулирования состоит из пяти последовательных операций.

К достоинствам способов регулирования на первичной стороне трансформатора следует отнести меньшие габариты переключателей аппаратуры (так как токи в 10—20 раз меньше, чем при регулировании на вторичной стороне), а также возможность рационального распределения напряжения по ступеням регулирования. Напряжения секций первых ступеней регулирования по условиям трогания электровоза с тяжелыми поездами должно быть меньше, чем напряжения секций средних и высших ступеней. Это практически осуществимо только на электровозах с регулированием на первичной стороне, где каждой ступени регулирования соответствует своя отпайка автотрансформатора.

К недостаткам таких способов следует отнести меньший коэффициент мощности электровоза, чем при способах регулирования на вторичной стороне трансформатора. Кроме того, необходима дополнительная высоковольтная обмотка автотрансформатора, в результате чего увеличивается вес меди, стали и трансформатора в целом. Оборудование, механизм переключателя ступеней, работающего на первичной стороне трансформатора, должны быть изготовлены с высокой степенью точности для обеспечения необходимой надежности. Малейшая неточность в исполнении высоковольтного переключателя нарушает согласованность действий контактов и может привести к тяжелым авариям на электровозе.

Вначале включается контактор *II* (рис. 93, б), которым замыкается цепь питания трансформатора от отпайки *1* через резистор *R1*. Затем отключается контактор *IV*, в результате чего вводится в цепь резистор *R2* (рис. 93, в). В этом положении вывод *A* трансформатора подключен одновременно к двум отпайкам *0* и *1* через резистор *R1* и *R2*. Резисторы ограничивают циркуляционный ток в замкнутой секции, т. е. выполняют такую же роль, как переходные реакторы при регулировании на вторичной стороне трансформатора.

Затем контактор *I* включается и шунтирует резистор *R1*, (рис. 93, г), создавая цепь питания трансформатора непосредственно от отпайки *1*. После этого отключается контактор *III* (рис. 93, д), прерывается цепь питания от отпайки *0* и разрывается цепь избирателя четных отпаяк. По существу на этом заканчивается переход на 1-ю позицию. Однако в цикле перехода предусмотрена пятая операция: перемещение обесточенного подвижного контакта избирателя на следующую, в данном примере с нулевой на вторую, отпайку (рис. 93, е).

Переход на 2-ю позицию выполняется так же, но с соответствующим изменением последовательности включения и отключения контакторов. Этот переход иллюстрируется на рис. 94 и не требует дополнительных пояснений. Все переходы на нечетные позиции осу-

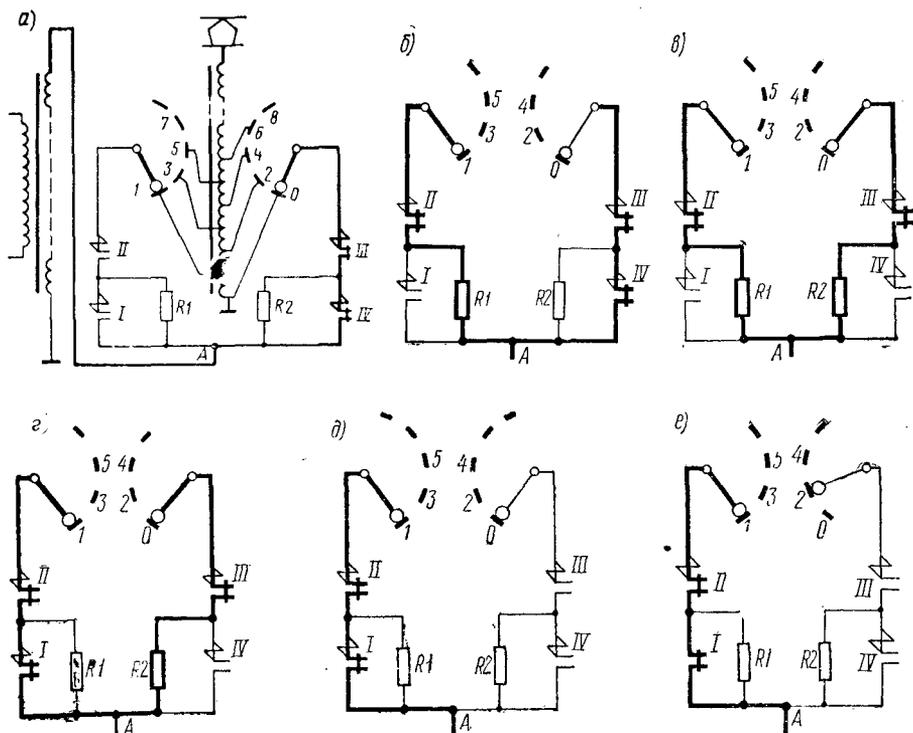


Рис. 93. Схемы цепей переключателя ступеней электровоза ЧС4 при переходе на 1-ю позицию

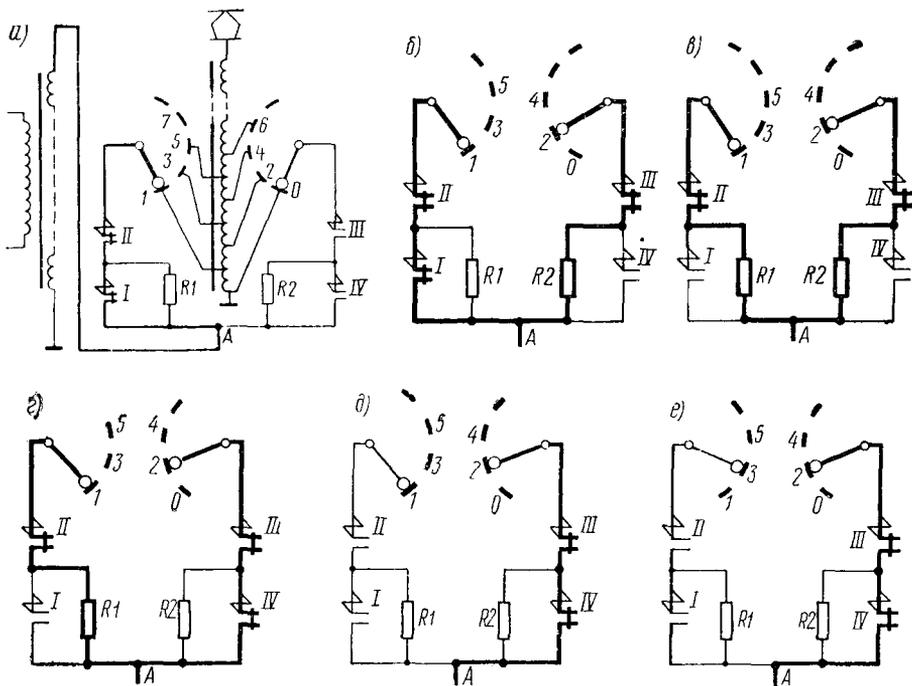


Рис. 94. Схемы цепей переключателя ступеней электровоза ЧС4 при переходе на 2-ю позицию

ществляются точно так же, как переход с нулевой на 1-ю позицию, а на четные — как переход с 1-й на 2-ю позицию.

Автоматический набор всех 32 позиций происходит за 19 сек. Следовательно, переход на одну позицию занимает меньше 1 сек.

Поскольку на каждой ступени регулирования вывод трансформатора подсоединен непосредственно к отпайке автотрансформатора (резистор выведен из цепи питания), то продолжительность использования любой ступени ничем не ограничена. Каждая из 32 ступеней является ходовой.

Процесс переключения ступеней регулирования на электровозах серий Ф и К принципиально ничем не отличается от процессов переключения на электровозах серии ЧС4. Существенные отличия имеются лишь в конструкции переключающей аппаратуры, которые достаточно широко освещены в литературе.

## § 27. Регулирование скорости вращения тяговых двигателей путем ослабления поля

Как уже было отмечено, после того как напряжение на тяговых двигателях при наборе позиций достигнет номинального значения, дальнейшее его увеличение недопустимо. В этом случае регулирова-

ние режима работы двигателей с целью увеличения их мощности и повышения скорости движения возможно путем шунтирования обмоток возбуждения резисторами различного сопротивления. Такой способ применяют на всех электровозах как постоянного, так и переменного тока. Чтобы понять его сущность, нужно вспомнить основные электромеханические зависимости для тягового двигателя.

Ток в обмотке якоря  $I$  определяется напряжением  $U$ , противо-э. д. с.  $E$  и суммарным омическим сопротивлением тягового двигателя  $R$ :

$$I = \frac{U - E}{R}. \quad (5)$$

Величина  $E$  прямо пропорциональна магнитному потоку  $\Phi$ , скорости движения  $v$  и зависит от конструктивного коэффициента машины  $c$ :

$$E = c\Phi v.$$

Если подставить  $E$  в формулу (5), то получим

$$I = \frac{U - c\Phi v}{R}. \quad (6)$$

Сила тяги электровоза прямо пропорциональна вращающему моменту тяговых двигателей  $M$ . В свою очередь

$$M = c\Phi I. \quad (7)$$

Выражение (7) показывает, что для увеличения вращающего момента нужно увеличить  $\Phi$  (увеличением тока возбуждения  $I_v$ ) и ток  $I$ . Одновременное увеличение и тока якоря  $I$ , и тока возбуждения  $I_v$  возможно лишь при повышении напряжения на двигателях. Это широко используют, изменяя напряжение в пределах от нуля до номинального значения. Если двигатели работают на номинальном напряжении и повышение напряжения недопустимо, то форсировать режим их работы — увеличивать вращающий момент и, соответственно, мощность можно уменьшением магнитного потока или, как говорят, ослаблением поля, для чего уменьшают ток возбуждения при неизменном напряжении.

Между магнитным потоком и током якоря существует зависимость, которая выражается формулой (6). При уменьшении магнитного потока  $\Phi$  увеличивается разность  $U - \Phi v$  и соответственно ток якоря. Наоборот, при увеличении магнитного потока  $\Phi$  уменьшается числитель в выражении (6) и соответственно уменьшается ток якоря. Незначительное изменение  $\Phi$  влечет за собой существенное изменение тока  $I$ . Имея это в виду, для увеличения вращающего момента обмотку возбуждения шунтируют дополнительным резистором  $R1$  (рис. 95). Тогда ток обмотки возбуждения становится меньше. Величина  $c\Phi$  также уменьшается, а ток якоря  $I$  существенно возрастает. Вращающий момент  $M$  в соответствии с выражением (7), несмотря на некоторое уменьшение  $\Phi$ , благодаря значительному увеличению тока  $I$  возрастает. Сила тяги электровоза также увеличивается.

Если подключить еще один резистор  $R2$ , то произойдет дополнительное уменьшение магнитного потока, и, как следствие, еще большее увеличение вращающего момента благодаря резкому возрастанию тока якоря (несмотря на некоторое уменьшение магнитного потока).

На электровозах переменного тока применять ступени ослабления поля имеет смысл только тогда, когда исчерпаны возможности увеличения напряжения на тяговых двигателях. Применять ступени ослабления поля на низких позициях нецелесообразно.

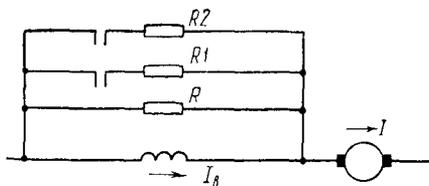


Рис. 95. Упрощенная схема тягового двигателя с шунтированием обмотки возбуждения

## § 28. Краткие сведения о системах регулирования с тиристорами

В настоящее время почти на всех электровозах регулирование напряжения и регулирование ослабления поля тяговых двигателей производится с помощью контактно-переключающей аппаратуры: контакторов, переключателей ступеней. Использование такой аппаратуры сопряжено с известными трудностями: на контактах образуется мощная дуга, ускоряющая их износ; помимо самой переключающей аппаратуры, необходимо иметь переходные реакторы или резисторы; приводы контакторов и переключателей нуждаются в тщательном уходе и необходимость их осмотра и ремонта ограничивает продолжительность межремонтных пробегов электровозов; регулирование получается ступенчатым, что затрудняет использование средств автоматики для ведения поезда и др.

Все эти недостатки могут быть исключены, если в системах регулирования использовать управляемые полупроводниковые вентили — тиристоры. При этом отпадает необходимость в переходных реакторах и резисторах, появляется возможность существенно упростить контактно-переключающую аппаратуру или даже отказаться от нее. Оказывается возможным осуществить инвертирование тока и рекуперацию энергии при электрическом торможении, довольно просто выполнить плавное регулирование режима ведения поезда.

Из всех преимуществ тиристорного регулирования в дополнительных разъяснениях нуждается, пожалуй, плавное регулирование. При трогании тяжелого состава на подъеме машинист набирает несколько начальных ступеней регулирования и останавливается на той, при которой ток тяговых двигателей достигает предельно возможной по условиям сцепления величины, т. е. при которой нет боксования. После того как состав взят с места и скорость постепенно начинает увеличиваться, ток тяговых двигателей плавно уменьшается, уменьшается и сила тяги электровоза. При каком-то токе машинист набирает следующую позицию и ток скачком воз-

растает. Искусство и опыт машиниста в этих условиях проявляются в том, что он правильно выбирает момент набора следующей позиции. Нельзя допустить, чтобы скачок тока при наборе очередной позиции вызвал боксование, ибо это грозит остановкой поезда.

Помимо опыта машиниста, в этих условиях большую роль играют тяговые качества самого локомотива. Если скачки тока при наборе позиций велики, то трогание поезда и ведение его на подъеме будут затруднены. Наилучшими пусковые характеристики будут при плавном регулировании напряжения двигателей, обеспечивающем наиболее полное использование максимальной силы тяги по сцеплению.

Это особенно существенно для современных мощных грузовых электровозов переменного тока, которые имеют очень высокое значение коэффициентов тяги при часовом и длительном режимах. Вес поезда для них, как правило, ограничивается не нагреванием обмоток двигателя, а условиями сцепления.

Плавное регулирование напряжения для таких больших мощностей, как мощность электровоза, стало осуществимым лишь при использовании тиристорov. Все другие способы плавного регулирования (с использованием коллекторных регуляторов, ртутных вентилей, трансформаторов с плавным регулированием, магнитных усилителей и др.) для электровозов не могли дать удовлетворительных решений.

Рассмотрим, как осуществляется плавное регулирование напряжения с помощью тиристорov.

Напряжение вторичной обмотки трансформатора, изменяясь по синусоиде, непрерывно меняется по величине и каждые полпериода, т. е. через каждую сотую долю секунды, меняется его направление. При неуправляемых вентилях ток через них начинает протекать с начала полупериода — с того момента, когда направление напряжения вторичной обмотки меняется и совпадает с проводящим направлением вентилей, т. е. с момента  $t_1$  (рис. 96). В течение всего полупериода напряжение трансформатора через вентили подводится к тяговым двигателям. Напряжение на тяговых двигателях определяется средним за полпериода синусоидальным напряжением, т. е. заштрихованной площадью.

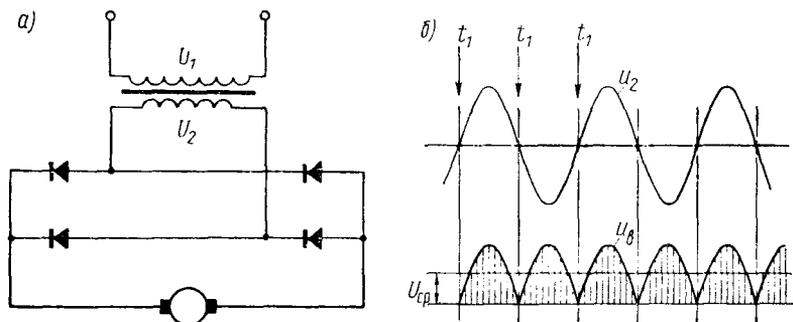


Рис. 96. Схема выпрямления (а) и кривые выпрямленного напряжения (б) при неуправляемых вентилях

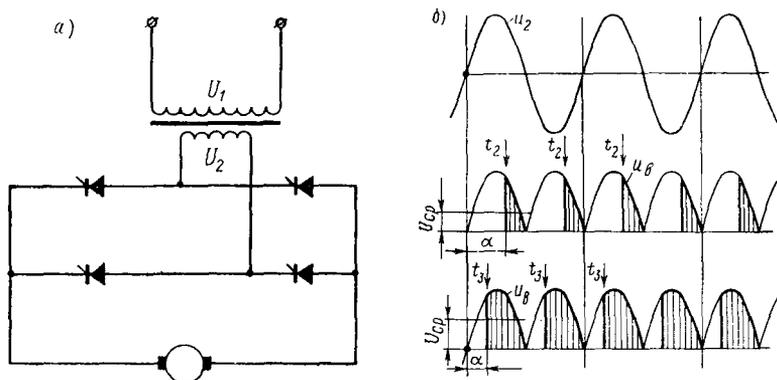


Рис. 97. Схема выпрямления (а) и кривые выпрямленного напряжения (б) при управляемых вентилях-тиристорах

При управляемых вентилях-тиристорах ток через них начинает протекать не с начала полупериода, а лишь с того момента  $t_2$  или  $t_3$  (рис. 97), когда на управляющий электрод тиристора подается отпирающий импульс. Импульс подается с некоторым опозданием, которое определяется так называемым углом отпирания  $\alpha$ . В течение начальной части полупериода, когда тиристоры закрыты, напряжение к тяговым двигателям от трансформатора не подводится — цепь разомкнута тиристорами. Напряжение трансформатора подключается к тяговым двигателям лишь с момента отпирания тиристорov — с момента  $t_2$  или  $t_3$  и до конца полупериода. В этом случае напряжение тяговых двигателей определяется не всей полусинусоидой, а лишь некоторой ее частью, показанной на рисунке толстой линией. Напряжение двигателей, прямо пропорциональное заштрихованной площади, очевидно, в этом случае будет меньше, чем когда вентили работали в течение полного полупериода.

Если уменьшить угол отпирания  $\alpha$ , открывая тиристоры раньше, то среднее значение выпрямленного напряжения увеличится и, наоборот, при увеличении  $\alpha$  выпрямленное напряжение уменьшится. Если отпирающие импульсы подавать в самом конце полупериода ( $\alpha = 180^\circ$ ), то тиристоры окажутся запертыми и напряжение будет равно нулю.

Сущность тиристорного регулирования заключается в том, что, изменяя момент подачи отпирающих импульсов, или, другими словами, изменяя угол регулирования, можно менять среднее значение выпрямленного напряжения.

Теперь нетрудно представить, что если плавно менять угол регулирования, то выпрямленное напряжение также будет изменяться плавно. В случае когда нужно получить плавно возрастающее напряжение от нуля до заданной величины, поступают следующим образом. Устанавливают угол регулирования тиристорov  $180^\circ$  — тиристоры заперты, напряжение равно нулю. Затем угол регулирования плавно уменьшают от  $180^\circ$  до нуля, т. е. отпирающие

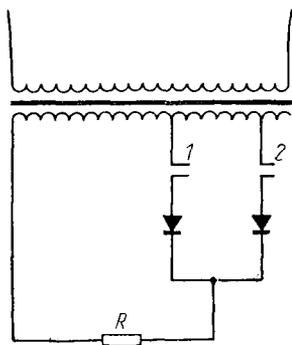


Рис. 98. Схема вентильного перехода

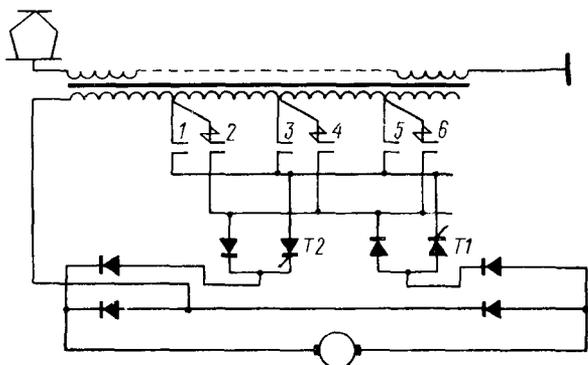


Рис. 99. Схема межступенчатого плавного регулирования

импульсы подают все раньше и раньше. Когда импульсы будут подаваться в самом начале полупериода, т. е. угол регулирования будет равен нулю, выпрямитель будет работать как неуправляемый с наибольшим напряжением, равным среднему значению за весь полупериод.

Применение полупроводниковых вентилей (управляемых и неуправляемых) позволяет отказаться от переходных реакторов и резисторов благодаря использованию вентильного перехода. Если последовательно с контакторами 1 и 2 (рис. 98) поставить вентили, то при переходе от одной отпайки на другую можно одновременно включать оба контактора и короткого замыкания секции не произойдет, так как встречно включенные вентили исключают возможность протекания циркуляционного тока по цепи замкнутой секции.

Если при ступенчатом регулировании переходный реактор ограничивал ток в цепи замкнутой секции, то при вентильном переходе циркуляционного тока в ней совсем нет. При одновременно включенных контакторах 1 и 2 ток нагрузки будет протекать только через одну цепь с контактором 2 (с большим напряжением), а цепь контактора 1 будет обесточена и ее можно отключить контактором без дугогашения. На нескольких электровозах ВЛ60к применена система межступенчатого плавного регулирования с использованием вентильного перехода (рис. 99). Переключатель ступеней переводит питание силовых цепей с одной отпайки на другую, а плавное регулирование напряжения осуществляется с помощью тиристорov.

На нулевой позиции все контакторы разомкнуты, на 1-й замыкается контактор 1. Однако напряжение на тяговых двигателях равно нулю, так как тиристоры заперты, угол регулирования равен  $180^\circ$ . Затем при плавном уменьшении угла регулирования напряжение увеличивается, и в момент, когда  $\alpha = 0$ , оно становится наибольшим, соответствующим напряжению секции.

Процесс перехода с 1-й на 2-ю ступень регулирования состоит из четырех поочередных операций: включается контактор 2, запираются тиристоры T1 и T2, обесточивая цепь контактора 1, отклю-

чается контактор 1 и после этого замыкается контактор 3. На 2-й позиции опять путем уменьшения угла регулирования от  $180^\circ$  до нуля на тех же тиристорах напряжение плавно увеличивается от напряжения, соответствующего одной секции, до напряжения, соответствующего двум секциям. Переход со 2-й на 3-ю ступень регулирования также состоит из четырех операций; определить и проследить его уже нетрудно по аналогии с переходом с 1-й на 2-ю позицию.

К достоинствам рассмотренной схемы следует отнести также возможность сокращения количества секций и отпаек трансформатора, упрощение и уменьшение переключателя ступеней (по сравнению с переключателем ЭКГ-8 уменьшается количество контакторов, отсутствуют мощные дугогасительные устройства и др.). Важным обстоятельством является то, что при такой системе только небольшая часть диодов должна быть заменена на тиристоры.

В последнее время построено несколько электровозов ВЛ80Р с использованием тиристоров для обеспечения рекуперации энергии при электрическом торможении (рис. 100). На этих электровозах все вентили — тиристоры, что позволило создать бесконтактную силовую схему, бесконтактную систему управления силовыми цепями (нет ни переключателя ступеней, ни контакторов, ни переходных реакторов) и осуществить плавное регулирование режима работы электровоза как в тяговом, так и в тормозном режиме.

На нулевой ступени все тиристоры заперты. В тяговом режиме регулирование начинается с секции 1—2 трансформатора (1-я ступень). Тиристоры *в*, *г*, *д* и *е* плавно отпираются, и напряжение плавно увеличивается до напряжения, соответствующего одной секции 1—2. Затем, на 2-й ступени плавно открываются тиристоры *а* и *б*, напряжение плавно увеличивается до напряжения, соответствующего двум секциям *а1*—2. После этого, открывая одни и закрывая другие тиристоры, переводят питание тяговых двигателей на секцию 2—*х1*. На двух последних ступенях напряжение плавно увеличивается вследствие включения секций 1—2 и *а1*—1.

Можно полагать, что подобные схемы благодаря их очевидным преимуществам найдут в недалеком будущем широкое распространение.

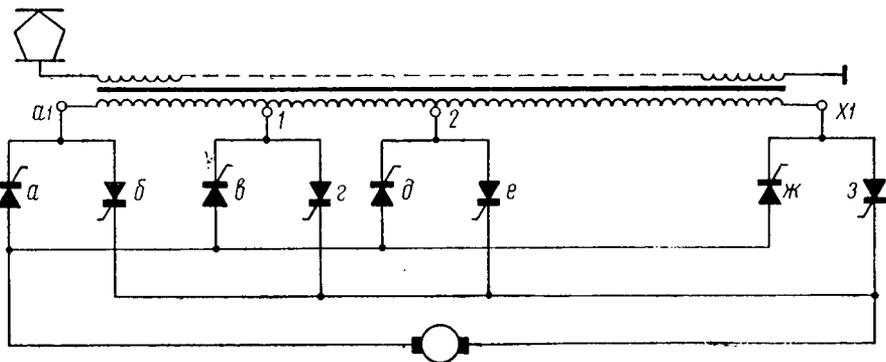


Рис. 100. Схема плавного бесконтактного регулирования

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТОКА

## § 29. Выпрямление тока

**Однополупериодное выпрямление.** Выпрямление переменного тока в постоянный производится с помощью статических преобразователей, собранных из вентилях, которые проводят электрический ток только в одном направлении.

Для преобразователей электровозов применяют ртутные вентили (игнитроны) и полупроводниковые кремниевые вентили.

Простейшим является однополупериодное выпрямление (рис. 101, а). Первичная обмотка трансформатора питается от однофазной сети с напряжением  $u_1$ . Напряжение вторичной обмотки  $u_2$  подается на нагрузку  $R$  через вентиль  $B$ .

Ток через вентиль может проходить только тогда, когда анод имеет положительный потенциал по отношению к катоду, т. е. в течение одного полупериода, соответствующего положительной полуволне синусоидального напряжения. В следующий полупериод при отрицательной полуволне напряжения анод вентиля будет иметь отрицательный потенциал по отношению к катоду и ток через вентиль не будет проходить. Таким образом, в однополупериодной схеме через нагрузку  $R$  протекает прерывистый ток  $I$  постоянного направления (рис. 101, б). Кривые рис. 101, б построены в предположении, что нагрузка  $R$  имеет чисто омическое сопротивление.

В полупериоды, когда вентиль проводит ток, напряжение  $u_{a-k}$  на нем очень мало: оно равно падению напряжения в вентиле. В непроводящий полупериод между анодом и катодом вентиля будет приложено полное напряжение вторичной обмотки трансформатора, которое в этом случае называют обратным. Максимальная величина обратного напряжения равна амплитудному значению напряжения вторичной обмотки трансформатора:

$$U_{обр.м} = \sqrt{2}U_2.$$

В схеме рис. 101 к нагрузке  $R$  подводится напряжение прерывистое, переменное по величине и постоянное только по направлению. Прерывистое напряжение вызывает прерывистый ток нагрузки, что неблагоприятно отражается на работе потребителя постоянного тока — тягового двигателя на электровозе. При однополупериодном выпрямлении из-за прерывистости возникают значительные пульсации выпрямленных напряжения и тока, т. е. качество выпря-

мления неудовлетворительное. На электровозах схемы однополупериодного выпрямления не используются.

**Двухполупериодное выпрямление.** Для питания постоянным током потребителей большой мощности от однофазной сети, в том числе и тяговых двигателей на электровозах переменного тока со статическими преобразователями, применяют схемы двухполупериодного выпрямления. При этом обеспечивается меньшая пульсация выпрямленных напряжения и тока по сравнению с однополупериодным выпрямлением.

Различают схемы двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора и мостовые. Схемы двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора применяют преимущественно на электровозах с ртутными вентилями, имеющими жидкостное охлаждение, а мостовую, как правило, — на электровозах с полупроводниковыми выпрямителями или ртутными вентилями, имеющими воздушное охлаждение.

Схема выпрямления с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора. Принцип работы этой схемы (рис. 102) заключается в следующем.

Вторичная обмотка трансформатора разделена нулевым выводом  $0$  на две равные части, на две фазы. Крайние выводы  $x1$ ,  $x2$  вторичной обмотки присоединены к анодам вентилей. Катоды вентилей соединены с клеммой «+» тягового двигателя, а вывод  $0$  — с клеммой «-». Таким образом, двигатель оказывается включенным между нулевой точкой трансформатора и катодами выпрямительных вентилей.

В течение первого полупериода, когда э. д. с. вторичной обмотки трансформатора направлена от вывода  $x2$  к выводу  $x1$ , ток протекает от точки  $0$  через половину вторичной обмотки  $0-x1$ , вентиль  $1$

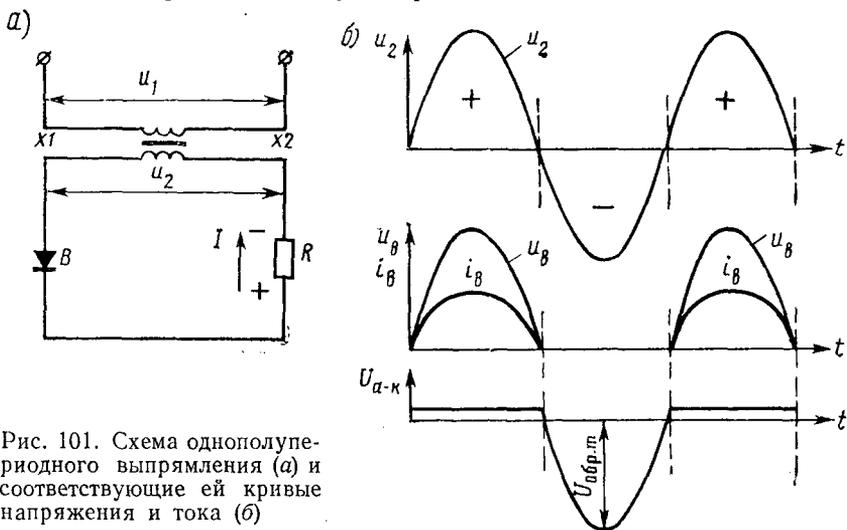


Рис. 101. Схема однополупериодного выпрямления (а) и соответствующие ей кривые напряжения и тока (б)

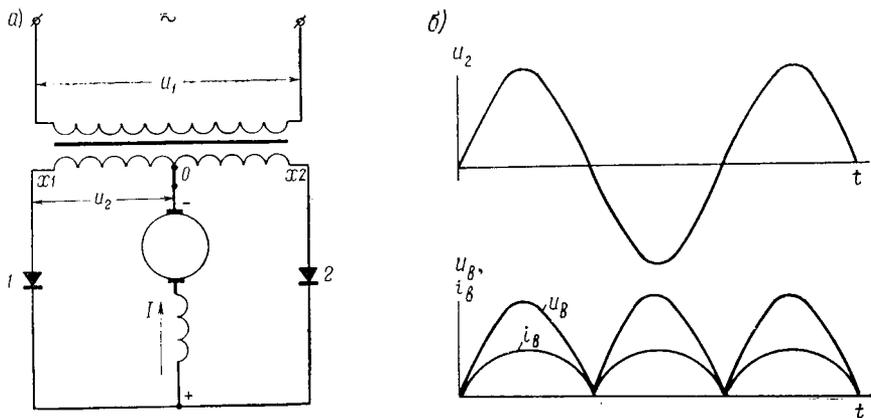


Рис. 102. Схема двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом вторичной обмотки (а) и соответствующие ей кривые напряжения и тока (б)

к клемме «+» двигателя и от его клеммы «—» к нулевой точке обмотки трансформатора.

Во втором полупериоде, когда э. д. с. вторичной обмотки трансформатора направлена от вывода  $x1$  к выводу  $x2$ , ток протекает от точки  $0$  через половину вторичной обмотки трансформатора  $0-x2$ , вентиль 2 к клемме «+» двигателя и от клеммы «—» к нулевой точке обмотки трансформатора. Следовательно, как в первый, так и во второй полупериод ток протекает через обмотки тягового двигателя в одном и том же направлении — от плюса к минусу.

В течение каждого полупериода в работе участвует попеременно лишь одна половина вторичной обмотки трансформатора и соответствующий ей вентиль. Напряжение, приложенное к двигателю в течение каждого полупериода, изменяется в соответствии с изменением напряжения действующей фазы вторичной обмотки трансформатора, возрастая от нуля до максимума и затем вновь уменьшаясь до нуля. Таким образом, к двигателю приложено выпрямленное напряжение, но пульсирующее от нуля до максимума с двойной частотой питающей сети (рис. 102, б).

Если бы двигатель представлял собой чисто омическое сопротивление, то ток в его цепи изменялся бы соответственно выпрямленному напряжению от нуля до максимума, т. е. пульсировал подобно напряжению (см. рис. 102, б). Однако двигатели обладают некоторой, хотя и небольшой, индуктивностью, сглаживающей пульсацию тока. Сглаживающее действие индуктивности объясняется тем, что благодаря пульсации тока в цепи возникает э. д. с. самоиндукции, которая препятствует изменению выпрямленного тока и поддерживает в цепи ток определенной величины.

Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока индуктивность двигателя недостаточна. Чтобы уменьшить пульсацию выпрямленного тока, последовательно с тяговыми двигателями приходится включать дополнительную индуктивность в виде сглаживающих

реакторов. Чем больше индуктивность такого реактора, тем больше его сглаживающее действие.

*Абсолютная величина пульсации* определяется разностью максимального и минимального мгновенных значений выпрямленного тока, а отношение этой величины к среднему значению выпрямленного тока называют *относительной пульсацией*, которую обычно выражают в процентах. Практически в схемах выпрямления однофазного тока допускается пульсация выпрямленного тока, равная 25—35% среднего значения, так как для более полного сглаживания необходим реактор чрезмерно больших размеров и веса.

Если индуктивность цепи не изменяется с изменением нагрузки, то абсолютная величина пульсации тока также не изменяется, а относительная пульсация увеличивается при уменьшении нагрузки и уменьшается при ее увеличении. Для обеспечения лучшей коммутации тяговых двигателей желательно поддерживать постоянной относительную пульсацию тока как можно в более широком диапазоне нагрузок. При этом в зоне больших скоростей и малых токов, когда условия коммутации наиболее неблагоприятны, абсолютное значение пульсации будет меньшим, что способствует улучшению коммутации. Поэтому необходимо, чтобы индуктивность цепи выпрямленного тока не была постоянной, а изменялась с изменением нагрузки по закону гиперболы:

$$I_B L_B = \text{const.}$$

Величина индуктивности в общем виде, как известно, зависит от магнитного потока  $\Phi$ , тока  $I_B$  и определяется их отношением:

$$L_B = \frac{\Phi}{I_B}.$$

Сглаживающие реакторы со стальным сердечником, установленные на электровозах, имеют электромагнитную характеристику, близкую к гиперболе. Суммарная индуктивность цепи (индуктивность сглаживающего реактора и обмоток двигателей) обычно ограничивает пульсацию выпрямленного тока до 25% в области часовой и длительной нагрузок и до 30% при нагрузке, равной половине часовой. В области меньших нагрузок, когда реактор работает на прямолинейной части кривой намагничивания, относительная пульсация тока возрастает.

Мостовая схема выпрямления. При мостовой схеме выпрямления (рис. 103) ток в каждый полупериод протекает через всю вторичную обмотку трансформатора поочередно то в одном, то в другом направлении. Вентили включены в четыре плеча выпрями-

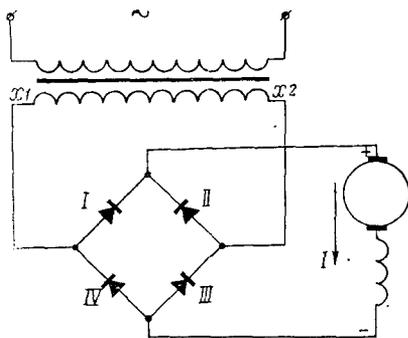


Рис. 103. Мостовая схема двухполупериодного выпрямления

тельного моста. Катоды двух вентилях *I* и *II* соединены друг с другом и с клеммой «+» двигателя. Клемма «—» двигателя соединена с общей точкой анодов двух других вентилях — *III* и *IV*. Выводы *x1*, *x2* вторичной обмотки трансформатора присоединены к соответствующим общим точкам выпрямительного моста.

Таким образом, в полупериод, когда э. д. с. вторичной обмотки трансформатора направлена от вывода *x2* к выводу *x1*, ток протекает от вывода *x1* через вентиль *I* к клемме «+» двигателя и от клеммы «—» двигателя через вентиль *III* к выводу *x2* вторичной обмотки трансформатора. В следующий полупериод, когда э. д. с. вторичной обмотки трансформатора направлена от вывода *x1* к выводу *x2*, ток протекает от вывода *x2* через вентиль *II* к клемме «+» двигателя и от клеммы «—» через вентиль *IV* к выводу *x1*. Следовательно, в оба полупериода ток протекает через обмотки тягового двигателя в одном и том же направлении (показано стрелкой).

Поскольку в мостовой схеме в оба полупериода ток протекает через всю вторичную обмотку трансформатора, а в схеме с нулевым выводом в каждый полупериод только через ее половину, типовая мощность трансформатора в схеме с нулевым выводом больше в связи с худшим использованием вторичной обмотки. Достоинством схемы с нулевым выводом является то, что катоды противофазных вентилях соединены и имеют одинаковый потенциал, поэтому не требуется дополнительно изолировать корпуса этих вентилях друг от друга. Мостовая схема обладает тем преимуществом, что обратное напряжение, приходящееся на вентиль, в 2 раза меньше, чем в схеме с нулевым выводом при одном и том же напряжении на двигателе.

Все, что было сказано о пульсации выпрямленных напряжения и тока для схемы с нулевым выводом, в равной степени относится и к мостовой схеме. Нужно иметь в виду, что после изменения направления э. д. с. в обмотке трансформатора происходит или постепенный переход (коммутация) тока с одной фазы на другую (в схеме с нулевым выводом), или постепенное изменение направления тока во вторичной обмотке трансформатора (в мостовой схеме).

В процессе коммутации в течение некоторого времени ток одновременно протекает через оба вентиля (противофазных) в схеме с нулевым выводом и через четыре вентиля в мостовой схеме. Время, в течение которого происходит коммутация вентилях, или угол, соответствующий этому времени (угол коммутации  $\gamma$ ), зависит от тока и индуктивности обмоток трансформатора. Пульсация тока и процесс коммутации в вентилях оказывают существенное влияние на характеристики и энергетические показатели электровозов.

### § 30. Инвертирование тока

Во время рекуперативного торможения на электровозах переменного тока так же, как и на электровозах постоянного тока, тяговые двигатели работают в генераторном режиме, превращая кинетическую энергию в электрическую. Тяговые двигатели —

машины постоянного тока, они вырабатывают постоянный ток. Для того чтобы энергию направить в контактную сеть (т. е. осуществить рекуперацию энергии), необходимо постоянный ток преобразовать в переменный и повысить напряжение до напряжения контактной сети.

Процесс преобразования постоянного тока в переменный с помощью статических преобразователей называют инвертированием. Его осуществляют специальным преобразователем — инвертором, укомплектованным управляемыми вентилями: игнитронами с сеточным управлением или кремниевыми полупроводниковыми управляемыми вентилями (тиристорами). Отметим, что преобразователь — инвертор в тяговом режиме работает как выпрямитель, причем благодаря наличию в нем управляемых вентиляей возможно плавное регулирование напряжения.

Инвертирование так же, как и выпрямление, осуществляют по различным схемам (по схеме с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора или мостовой схеме). На первых электровозах с рекуперацией ВЛ60<sup>Р</sup> установлены игнитроны, которые работают в схеме с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора. На электровозах ВЛ80<sup>Р</sup> установлены полупроводниковые преобразователи, выполненные по мостовой схеме.

Чтобы перейти от выпрямления к инвертированию, тяговые двигатели необходимо перевести в генераторный режим при независимом возбуждении. При этом одновременно изменяют полярность двигателей так, чтобы направление генераторного тока соответствовало направлению проводимости вентиляей (рис. 104).

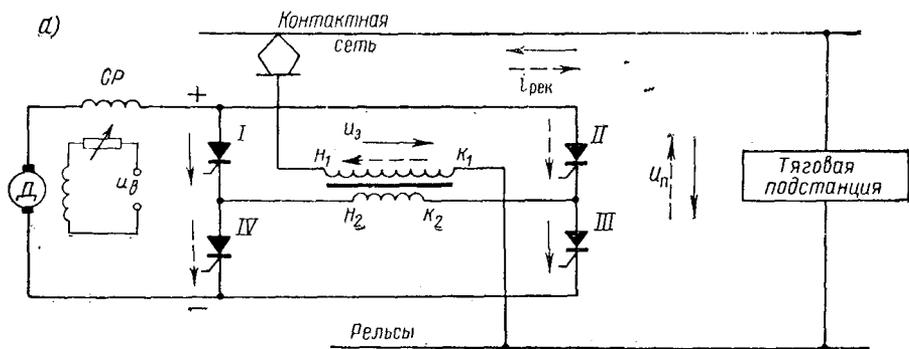


Рис. 104. Принципиальная схема (а) и кривая напряжения (б) инвертора

С помощью управляющих электродов у тиристорных или управляющих сеток у игнитронов обеспечивается открытие соответствующих вентилях в отрицательный полупериод напряжения вторичной обмотки трансформатора. При этом ток будет протекать против э. д. с. во вторичной обмотке трансформатора, вследствие чего трансформатор будет передавать в контактную сеть энергию, вырабатываемую тяговыми двигателями.

Рассмотрим процесс инвертирования на примере мостовой схемы.

Напряжение тяговых двигателей, работающих в генераторном режиме, подается на шины постоянного тока «плюс» и «минус» (см. рис. 104). Постоянный ток от этих шин пропускают через обмотку трансформатора  $H2—K2$  поочередно то в одном направлении (сплошные стрелки), то в другом (штриховые). В другой обмотке  $H1—K1$  трансформатора трансформируется переменное напряжение, величина которого зависит от напряжения генератора и коэффициента трансформации.

Направление тока в обмотке  $H2—K2$  изменяют, поочередно открывая то одни, то другие управляемые вентили. В один полупериод открывают вентили  $I$  и  $III$ , и ток в обмотке протекает слева направо. В следующий полупериод открывают вентили  $II$  и  $IV$ , и ток протекает справа налево. Затем опять открывают вентили  $I$  и  $III$  и т. д. Чем чаще меняют направление тока, тем больше частота переменного тока. Чем выше напряжение постоянного тока (генератора) и чем больше коэффициент трансформации, тем выше напряжение, получаемое на обмотке  $H1—K1$ .

Для осуществления рекуперации энергии необходимо, чтобы напряжение, получаемое на обмотке  $H1—K1$ , имело ту же частоту (50 гц), что и напряжение контактной сети. Выполнение этого требования достигается путем синхронного с частотой контактной сети открывания вентилях.

Чтобы происходила передача энергии от трансформатора электрова в контактную сеть (на тяговую подстанцию или другим электрова), напряжение, а точнее э. д. с., обмотки трансформатора электрова  $u_3$  должно быть немного больше напряжения тяговой подстанции  $u_n$ . Только тогда ток рекуперации  $i_{рек}$  потечет в направлении, соответствующем направлению напряжения  $u_3$ , против напряжения  $u_n$ . Если напряжение  $u_3 \leq u_n$ , то ток рекуперации будет равен нулю — рекуперация не произойдет. Если напряжение  $u_n$  по какой-либо причине снято на подстанции, то трансформатор электрова окажется включенным на короткозамкнутую цепь, т. е. попадет в аварийный режим короткого замыкания.

Рассмотрим теперь некоторые особенности инвертирования. Известно, что управляемый вентиль можно открыть, подав на его управляющий электрод соответствующий импульс. Закрыть управляемый вентиль во время протекания через него тока нельзя. Он закрывается и запирается только тогда, когда прекращается протекание через него тока.

Как же изменить направление тока в трансформаторе (см. рис. 104) во время, например, первого полупериода, когда открыты и рабо-

тают вентили *I* и *III*? Закрыть вентили *I* и *III* нельзя. Если открыть вентили *II* и *IV* при работающих *I* и *III*, то это может привести к короткому замыканию генератора, так как образуются две цепи короткого замыкания — через вентили *I* и *IV* и через вентили *II* и *III*.

Если момент открытия очередных вентилях (в нашем примере вентилей *II* и *IV*) выбирать правильно, то само напряжение трансформатора переключает работу инвертора с одних вентилях на другие и к аварийным режимам это не приводит.

Разберем это подробнее, рассматривая направление токов и напряжений инвертора в характерные моменты периода.

Напряжение трансформатора  $u_T$  (см. рис. 104, б и рис. 105, а) изменяется по синусоиде, а напряжение генератора постоянно по величине и направлению. В момент 1, как и в любой другой до момента 2, открыты вентили *I* и *III*, а вентили *II* и *IV* закрыты. Под действием напряжения генератора  $u_2$  ток  $i_{рек}$  через обмотку трансформатора течет против напряжения трансформатора  $u_T$  (рис. 105, б), так как величина  $u_2$  больше напряжения трансформатора  $u_T$  (его среднего значения за полпериода).

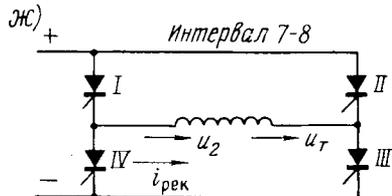
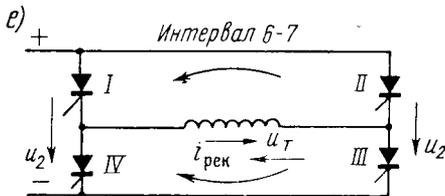
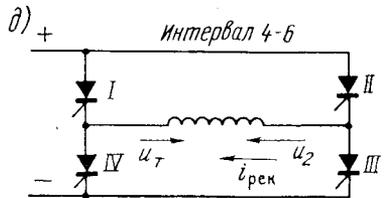
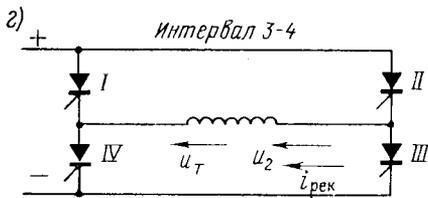
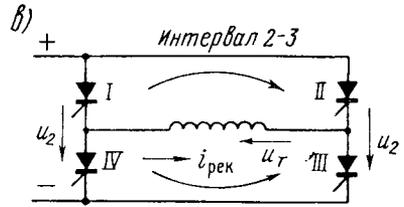
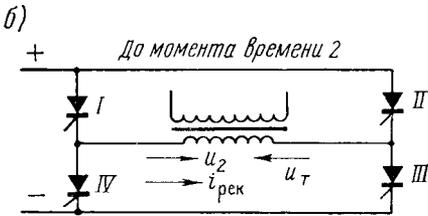
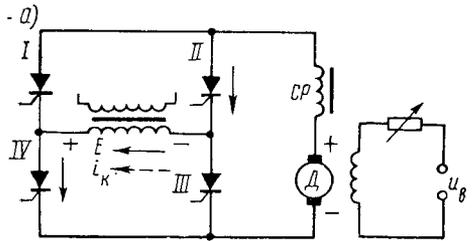


Рис. 105. Принципиальные схемы инвертора

Вентили *II* и *IV* открываются в момент 2. В течение короткого промежутка времени 2—3 открыты все четыре вентиля (рис. 105, *в*). В это время шины «плюс» и «минус» накоротко замкнуты двумя парами вентилях. Но благодаря наличию напряжения  $u_T$  ток вентилях не успевает возрасти до опасной аварийной величины. Напряжение  $u_T$  в верхнем контуре (трансформатор — вентиль *I* — шина — вентиль *II* — трансформатор) способствует резкому уменьшению тока вентиля *I* и столь же резкому увеличению тока вентиля *II*. В нижнем контуре (трансформатор — вентиль *IV* — шина — вентиль *III* — трансформатор) оно способствует резкому увеличению тока вентиля *IV* и уменьшению тока вентиля *III*. Напряжение  $u_T$  как бы коммутирует — перераспределяет токи между одновременно открытыми вентилями. Поэтому процесс называется коммутацией.

После уменьшения токов вентилях *I* и *III* до нуля (момент 3) они запираются. В работе остаются вентили *II* и *IV* (рис. 105, *г*). В промежутке времени 3—4 уменьшающееся напряжение  $u_T$  направлено в ту же сторону, что и напряжение  $u_2$ , и ток от суммарного напряжения быстро возрастает. В момент 4 напряжение  $u_T$  равно нулю, а затем, изменив направление, быстро возрастает. Ток под действием напряжения  $u_2$  продолжает протекать против напряжения  $u_T$ , среднее значение которого меньше напряжения  $u_2$  (рис. 105, *д*).

К концу второго полупериода в момент 6 открываются вентили *I* и *III* и опять в течение промежутка времени 6—7 одновременно открыты все четыре вентиля и происходит очередная коммутация. Токи вентилях *II* и *IV* под действием напряжения  $u_T$  (рис. 105, *е*) резко уменьшаются, а вентилях *I* и *III* увеличиваются. В промежутке времени 7—8 (рис. 105, *ж*) ток под действием суммарного напряжения  $u_T + u_2$  быстро возрастает. Затем после того, как напряжение  $u_T$  в момент 8 меняет направление, в цепях инвертора повторяются те же процессы, с которых было начато рассмотрение (см. рис. 105, *б*).

Моменты открытия вентилях 2 (вентилях *I* и *III*) и 6 (вентилях *II* и *IV*) отсчитываются от точки перехода напряжения  $u_T$  через нуль (см. рис. 104, *б*). Время от момента 2 до момента 4 и от момента 6 до 8 называют углом опережения открытия вентиля  $\beta$ . Угол  $\beta = \gamma + \delta$  (см. рис. 104, *б*), где  $\gamma$  — угол коммутации;  $\delta$  — угол запаса, необходимый для восстановления запирающих свойств вентиля (тиристора).

Процесс инвертирования сложнее выпрямления, и вероятность возникновения аварийных режимов при инвертировании больше. Если, например, пропуск открытия вентиля при выпрямлении не влечет за собой никаких ощутимых последствий, то во время инвертирования он приводит к тяжелому аварийному режиму. Так, если, например, в первый полупериод (см. рис. 105, *б*) в момент 2, когда должны открыться вентили *II* и *IV*, они почему-либо не откроются, то вентили *I* и *III* не закроются и в течение следующего полупериода, когда напряжение  $u_T$  направлено согласно с напряжением  $u_2$ , под действием двойного напряжения генератора и трансформатора

в цепи возникнет большой аварийный ток. Такой аварийный режим называют опрокидыванием инвертора.

Аварийный режим наступит и в том случае, если вентили, например *II* и *IV*, отпираются, но с запаздыванием — не в момент 2, а позже. Тогда быстро уменьшающееся напряжение  $u_T$  (см. рис. 105, *в*) не успеет осуществить коммутацию и уменьшить токи вентиляей *I* и *III* до нуля, вентили не закроются до момента 4 и опять произойдет опрокидывание инвертора.

Следовательно, исходя из требования надежности работы инвертора угол  $\beta$  желательно выбирать большим. Однако при увеличении угла  $\beta$  ухудшается коэффициент мощности электровоза, увеличиваются пульсации тока рекуперации, ухудшается коммутация двигателей и усиливается влияние тягового тока на линии связи. Поэтому угол  $\beta$  выбирают минимальным, но достаточным для устойчивой работы инвертора.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

## § 31. Виды электрического торможения

Электрическое торможение возможно благодаря обратимости электрических машин, т. е. благодаря тому, что электрическая машина может работать как двигателем, так и генератором. Для торможения тяговые двигатели переводят в генераторный режим. Получающийся при этом генераторный момент стремится задержать вращение связанных с двигателями осей колесных пар, чем и достигается эффект торможения.

Тормозной момент при электрическом торможении получается за счет потенциальной энергии поезда в случае подтормаживания на спуске при постоянной скорости движения или за счет кинетической энергии при торможении, которое сопровождается замедлением движения поезда.

Энергия, вырабатываемая тяговыми двигателями при электрическом торможении, может быть погашена в резисторах либо возвращена обратно в контактную сеть. Первый вид электрического торможения называют реостатным, а второй — рекуперативным.

На электровозах переменного тока в зависимости от условий их использования применяют как реостатное, так и рекуперативное торможение.

**Система реостатного торможения с самовозбуждением двигателей.** Наиболее простой системой для тяговых двигателей постоянного тока последовательного возбуждения является система реостатного торможения с самовозбуждением двигателей, перекрестным соединением якорей и обмоток главных полюсов (рис. 106).

Как видно из рис. 106, во время торможения тяговые двигатели работают в качестве генераторов с последовательным возбуждением. При переходе с тягового режима на тормозной предварительно пересоединяют обмотки якорей или главных полюсов, так как только при этих условиях двигатели могут самовозбуждаться, переходя в генераторный режим. Перекрестное соединение обмоток якорей и главных полюсов обеспечивает электрическую устойчивость работы цепей.

Если один из двигателей, работающих в качестве генераторов, перегрузится, то это вызовет соответствующее увеличение тока в обмотке возбуждения недогруженного двигателя, а следовательно, и увеличение его нагрузки. Таким образом, нагрузки между машинами будут выравниваться.

При большом количестве двигателей система реостатного торможения может быть построена на том же принципе, что и при двух двигателях с перекрестным соединением якорей и обмоток возбуждения; такую схему обычно называют циклической.

Для осуществления реостатного торможения тяговые двигатели отключают от сети и соединяют с резисторами. На электровозах постоянного тока или электровозах двойного питания с реостатным пуском, как правило, в качестве тормозных используют пусковые реостаты с таким расчетом, чтобы по возможности увеличить количество контактов, принятых для пускового режима. Однако в этом случае реостаты должны быть рассчитаны на поглощение сравнительно большой мощности в режиме торможения.

Преимуществом системы реостатного торможения с самовозбуждением двигателей, помимо простоты схемы, является также независимость работы и, следовательно, тормозного процесса от наличия напряжения в контактной сети. Такая система реостатного торможения применена на электровозах двойного питания ВЛ82. Она может быть применена и на выпрямительных электровозах переменного тока. Однако на них осуществляют почти исключительно реостатное торможение с независимым возбуждением тяговых двигателей.

Это объясняется тем, что на электровозах переменного тока сравнительно легко создать независимое питание обмоток возбуждения, что позволяет автоматизировать процесс реостатного торможения.

**Система реостатного торможения с независимым возбуждением двигателей.** По способу независимого питания обмоток возбуждения в режиме реостатного торможения, а также по числу последовательно включенных двигателей на один тормозной реостат на электровозах переменного тока применяют различные силовые схемы реостатного торможения.

На электровозах серии К двигатели попарно-последовательно включены на общий реостат в режиме реостатного торможения. Питание обмоток возбуждения производится от независимого источника в сочетании с противокомпаундированием. Обмотки возбуждения двигателей в режиме реостатного торможения (рис. 107) получают питание от вспомогательного выпрямителя цепи возбуждения, присоединенного к специальной обмотке силового трансформатора. В каждой группе из двух двигателей якоря соединены последовательно и замкнуты на общий тормозной реостат  $r_{т}$ . В первую и третью группы включены также стабилизирующие резисторы  $r_{ст}$ . Для регулирования тока возбуждения использованы контакторы ослабления поля, изменяющие сопротивление резистора  $r_{ш}$ , включенного в цепь

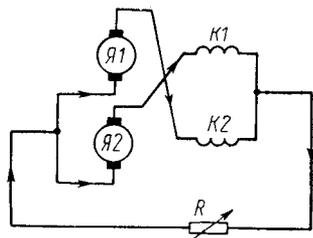


Рис. 106. Схема с перекрестным соединением якорей и обмоток возбуждения при реостатном торможении

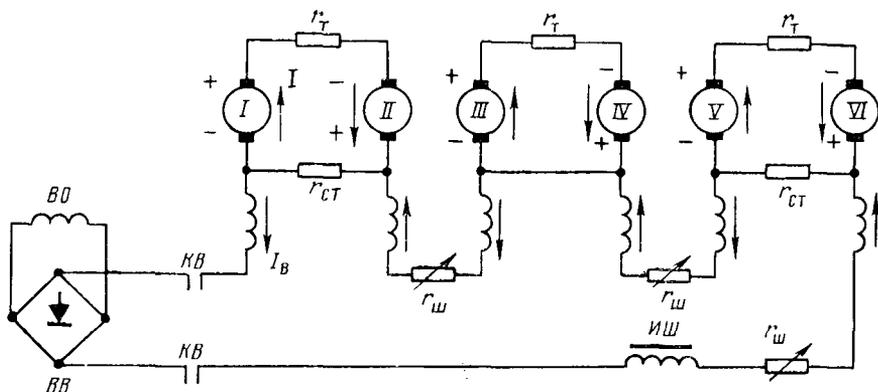


Рис. 107. Схема цепей электровоза серии К при реостатном торможении

обмоток возбуждения. Поэтому количество ступеней ослабления поля определяет количество тормозных ступеней.

Последовательное соединение двух двигателей на один резистор в тормозном режиме нельзя считать целесообразным, так как это приводит к существенному ухудшению противоюзных свойств электровоза. Включение каждого тягового двигателя на отдельный тормозной резистор обеспечивает лучшие противоюзные свойства. При этом в случае возникновения юза тормозной момент тягового двигателя, связанного с колесной парой, потерявшей сцепление, уменьшается пропорционально росту скорости проскальзывания колеса, что исключает возможность остановки колесных пар.

Реостатное торможение с независимым возбуждением двигателей от вторичной обмотки силового трансформатора через специальный выпрямитель и с включением каждого двигателя на свой тормозной резистор применено на электровозах ВЛ80<sup>г</sup> (рис. 108, а).

Переход из режима тяги в режим реостатного торможения осуществляется с помощью тормозных переключателей 49, 50 и контактов цепи возбуждения 46 и 47. При этом якорь каждого тягового двигателя замыкается на свой тормозной резистор  $r_T$  постоянного сопротивления, а обмотки возбуждения всех тяговых двигателей соединяются последовательно, и получают независимое возбуждение от двух секций 02—8 и 8—7 вторичной обмотки силового трансформатора через тиристорную преобразовательную установку 60, включенную по схеме двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом.

Регулирование тормозной силы производится путем изменения тока возбуждения тяговых двигателей. Регулировать ток возбуждения двигателей можно различными способами. Наиболее простым и экономичным является способ регулирования с помощью тиристоров, которые выполняют две функции: выпрямляют ток и позволяют осуществлять регулирование его величины.

Рассмотрим характерные особенности выпрямительных установок возбуждения (ВУВ) применительно к электровозу ВЛ80<sup>г</sup>.

В режиме реостатного торможения цепи каждого якоря I—VIII (рис. 108, б) замкнуты на свой нерегулируемый тормозной резистор  $r_{\tau I} - r_{\tau VIII}$ . Обмотки возбуждения  $OB 1 - OB 8$ , соединенные последовательно, получают питание выпрямленным током по двухполупериодной схеме с выведенной нулевой точкой трансформатора. Управляемые вентили—тиристоры собраны в две выпрямительные установки возбуждения. Контроль токов возбуждения и якоря осуществляют с помощью трансформаторов постоянного тока  $ТПТВ$

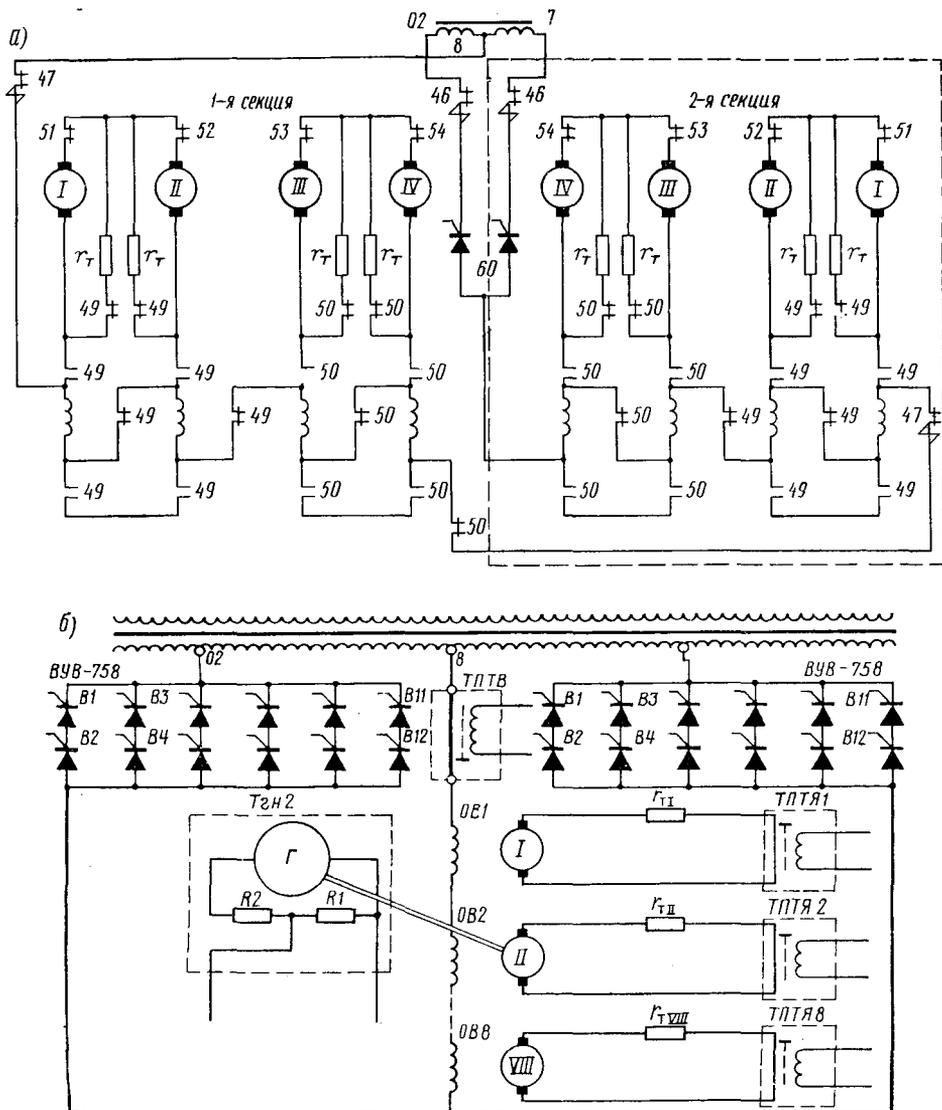


Рис. 108. Принципиальная схема цепей электровоза ВЛ80<sup>Т</sup> в режиме реостатного торможения

и *ТПТЯ*, а контроль скорости при реостатном торможении — с помощью тахогенераторов *Тгн*, установленных на 2, 3, 6 и 7-й осях электровоза.

**Рекуперативное торможение.** Для осуществления рекуперативного торможения на электровозах переменного тока используют возможность работы преобразователя в инверторном режиме (см. § 30). При этом на электровозах со статическими преобразователями добавляется оборудование, необходимое для независимого возбуждения тяговых двигателей в генераторном режиме, ограничения токов короткого замыкания в случае опрокидывания инвертора, быстродействующей защиты в цепях двигателей, а также аппаратуры управления тормозным процессом. Кроме того, должны быть установлены блоки автоматического регулирования угла открытия тириستоров (или угла зажигания ignитронов).

Для обеспечения необходимого наклона характеристик двигателей в генераторном режиме в цепь якорей включают добавочные стабилизирующие резисторы, которые, кроме того, ограничивают токи короткого замыкания при аварийных режимах, облегчают условия работы защиты и уменьшают расхождение токов в параллельных цепях двигателей.

Рекуперативное торможение осуществлено на электровозах ВЛ60Р (рис. 109). Якоря двигателей *1—6* через быстродействующие выключатели *БВ*, добавочные резисторы  $r_d$ , сглаживающие реакторы *СР* и анодные делители *АД* подключены к главным вентилям *ГВ* и тяговому трансформатору *ГТ*, работающим в инверторном режиме.

Цепи возбуждения получают питание через управляемый выпрямитель *ВВ*, включаемый контакторами *КВ1* и *КВ2*. Стрелками

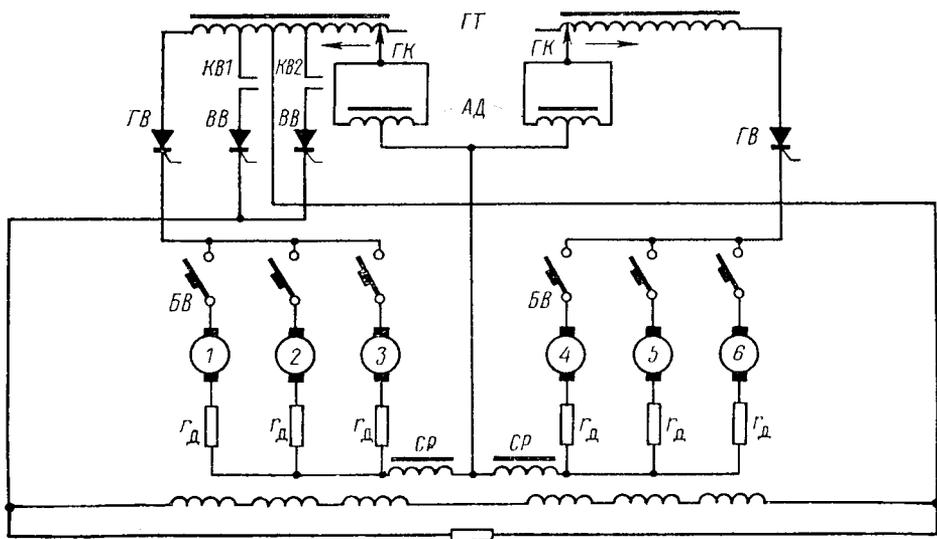


Рис. 109. Принципиальная схема цепей электровоза ВЛ60Р в рекуперативном режиме

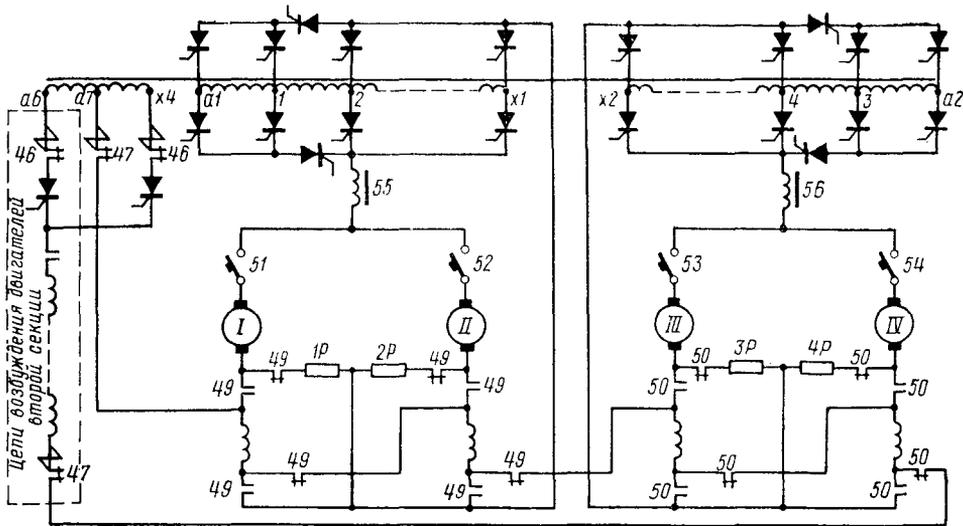


Рис. 110. Принципиальная схема цепей электровоза ВЛ80<sup>Р</sup> в режиме рекуперативного торможения

показано направление переключения ступеней вторичной обмотки тягового трансформатора.

Перевод силовых цепей электровоза в режим рекуперации осуществляется в следующем порядке: силовая цепь обесточивается путем отключения шкафов управления инверторами; после выдержки 1—15 сек, необходимой для полного прекращения тока в цепи двигателей, производится переключение силовых цепей с тягового режима на тормозной; затем на шкафы управления инверторами подается напряжение и только после этого получает питание агрегат возбуждения.

По окончании рекуперации переключение цепей происходит в обратной последовательности: отключается возбудитель, затем после выдержки 2—3 сек, необходимой для полного исчезновения потока возбуждения в тяговых двигателях, отключаются шкафы управления инверторами и затем производятся переключения в силовых цепях с тормозного на тяговый режим.

Все указанные переключения осуществляются с помощью одного двухпозиционного блокировочного переключателя. Выдержки времени при переходах обеспечиваются электромагнитными реле времени.

На электровозе ВЛ60<sup>Р</sup> режимом рекуперации управляют двумя рукоятками контроллера машиниста — тормозной и главной. Тормозной рукояткой переводят цепи в режим торможения, а также регулируют ток возбуждения. Главная рукоятка так же, как и в тяговом режиме, обеспечивает переключение секций вторичной обмотки силового трансформатора, т. е. переход с одной позиции на другую.

На электровозе ВЛ80<sup>р</sup> для рекуперативного торможения применен выпрямительно-инверторный преобразователь на тиристорах. Он осуществляет бесконтактное регулирование напряжения как в выпрямительном, так и в инверторном режимах (рис. 110).

Перевод силовых цепей из режима тяги в режим рекуперативного торможения осуществляется, как и на электровозах ВЛ80<sup>г</sup>, с помощью тормозных переключателей 49, 50 и контакторов цепи возбуждения 46 и 47. При этом каждая пара параллельно включенных тяговых двигателей через балластные резисторы (1Р, 2Р и т. д.) соединена со своим инвертором. Обмотки возбуждения всех тяговых двигателей электровоза соединяются последовательно и получают независимое возбуждение от специальной обмотки *ab — a7 — x4* силового трансформатора через тиристорную преобразовательную установку, включенную по схеме двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом.

### **§ 32. Автоматическое регулирование тормозной силы при электрическом торможении**

Электрическое торможение как реостатное, так и рекуперативное имеет определенные ограничения в использовании. Так, при реостатном торможении приходится считаться с ограничениями по условиям коммутации двигателей, мощности резисторов по нагреву, а также максимальной тормозной силы, определяемой условиями сцепления и противоюзными свойствами электровоза. При рекуперативном торможении нужно иметь в виду ограничения по коммутации и нагреву двигателей, а также по условиям сцепления. Указанные ограничения должны соблюдаться в процессе электрического торможения во избежание повреждения оборудования электровоза.

Эффективность электрического торможения в значительной степени зависит от стабилизации скорости движения по спуску. При реостатном торможении получить жесткую стабилизацию скорости движения с помощью ручного регулирования сравнительно трудно и поэтому необходимо применять автоматическое регулирование тормозной силы.

При жестких тормозных характеристиках в случае движения по спуску с переменным профилем пути возникает опасность выхода за пределы ограничений, допустимых для электрического торможения. Особенно опасно превышение тормозной силы по условиям коммутации тяговых двигателей. Поэтому с целью более полного использования тормозных возможностей реостатного торможения целесообразно применять систему автоматического регулирования, обеспечивающую изменение тормозной силы с учетом всех ее ограничений. Систему автоматического регулирования целесообразно применять как при движении с постоянной скоростью по спуску, так и при остановочном торможении. Такая система разработана в Московском энергетическом институте и применена на электровозах ВЛ80<sup>г</sup> с реостатным торможением. Для управления режи-

мом реостатного торможения при наличии этой системы нужно поставить тормозную рукоятку контроллера в положение, соответствующее задаваемой скорости движения по спуску.

При рекуперативном торможении для обеспечения устойчивой работы инвертора (без опрокидывания), а также для создания наиболее благоприятного режима работы инвертора без излишнего увеличения угла запаса целесообразно применять автоматическое регулирование угла открытия вентилей. Регулирование процесса рекуперации можно осуществлять воздействием на напряжение цепи возбуждения тяговых двигателей, на напряжение вторичной обмотки тягового трансформатора или на угол опережения открытия инвертора. Первый способ целесообразно применять для торможения на спусках в сравнительно узком диапазоне скоростей; второй и третий — для торможения при сстановке поезда.

На электрсовзе ВЛ60Р применена система автоматического регулирования угла коммутации, обеспечивающая все необходимые функции быстродействующего автоматического регулирования режима рекуперативного торможения электровоза.

## ТРАНСФОРМАТОРЫ И РЕАКТОРЫ

## § 33. Общие сведения о трансформаторах

На электровозе переменного тока установлен тяговый трансформатор, который понижает напряжение контактной сети, равное 25 000 в, до номинального напряжения тяговых двигателей. На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> напряжение на зажимах тягового двигателя составляет 1600 в, на ВЛ80<sup>к</sup> — 950 в, на ВЛ82 — 1500 в и ЧС4 — 800 в.

Если первичную обмотку трансформатора (высшего напряжения) с вводами  $A$  и  $X$  (рис. 111) присоединить, например, к электрической сети переменного тока с частотой 50 гц, то ток  $i_1$ , протекающий по этой обмотке, вызовет в сердечнике трансформатора переменный магнитный поток  $\Phi$  той же частоты. Под действием этого потока во вторичной обмотке (низшего напряжения) с вводами  $a$  и  $x$  возникнет э. д. с. Если вторичная обмотка будет замкнута на какой-нибудь приемник электроэнергии, например на резистор  $R$ , то по замкнутой цепи потечет ток  $i_2$ .

Трансформатором называют статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток напряжения одной величины в переменный ток напряжения другой величины.

Очень важно, чтобы линии магнитного потока  $\Phi$  имели наибольшее количество сцеплений с обеими обмотками трансформатора. Такое состояние характеризует наилучшую электромагнитную связь между первичной и вторичной обмотками. Магнитную систему (сердечники) трансформатора, на которой расположены обмотки, выполняют из специальной электротехнической стали с высокой магнитной проницаемостью.

Часть линий магнитного потока  $\Phi$  не сцепляется с обеими обмотками. Действительно, ток  $i_1$  создает поток, часть которого имеет сцепление только с первичной обмоткой трансформатора, а ток  $i_2$  — магнитный поток, сцепленный только со вторичной обмоткой. Эти потоки называют потоками рассеяния. Наличие потоков рассеяния обуславливает индуктивное сопротивление обмоток трансформатора, которым в случае коротких замыканий ограничивается величина тока.

Передача энергии из первичной обмотки во вторичную производится с высоким коэффициентом полезного действия, величина которого достигает 99%.

Соотношения между величинами токов и напряжений первичной и вторичной цепей трансформатора выражают через коэффициент

трансформации  $\kappa_T$ . С достаточной степенью точности можно считать, что отношение величины первичного напряжения  $U_1$  к величине вторичного  $U_2$  равно отношению числа витков первичной обмотки  $w_1$  к числу витков вторичной обмотки  $w_2$  и равно коэффициенту трансформации:

$$\kappa_T = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2}.$$

На электровозах переменного тока устанавливают в качестве тягового понижающий трансформатор. Пользуясь приведенным соотношением, можно установить, что в таком трансформаторе ток  $i_1$  меньше тока  $i_2$  в  $\kappa_T$  раз.

Для питания вспомогательных машин электровоза переменного тока в трансформаторах устраивают третью обмотку (собственных нужд) с числом витков, обеспечивающим необходимое напряжение.

На электровозах переменного тока вторичные обмотки трансформаторов работают или в схемах двухполупериодного выпрямления переменного тока в постоянный с нулевым выводом (электровозы ВЛ60), или в мостовой схеме (электровозы других серий).

В процессе выпрямления тока может возникнуть аварийное состояние (например, пробой плеча), при этом вторичная обмотка оказывается замкнутой накоротко. В этих случаях все части трансформатора испытывают механические и термические нагрузки, вызывающие ослабление крепления обмоток. Вот почему конструкцию обмоток трансформатора выполняют механически прочной, а после тяжелых коротких замыканий требуется проводить ревизию трансформатора и всех его элементов.

Трансформаторы состоят из магнитопровода или сердечника, обмоток первичной и вторичных, бака, на крышке которого расположены все вводы.

Различают магнитопроводы двух типов: стержневые, используемые обычно в трансформаторах с регулированием напряжения на вторичной стороне, и броневые, применяемые при регулировании на первичной стороне трансформатора. Магнитопровод стержневого типа (рис. 112) охватывает обмотку только с торцов, а с боков она остается открытой. Сердечник броневое типа (рис. 113) охватывает обмотку и с торцов, и с боков.

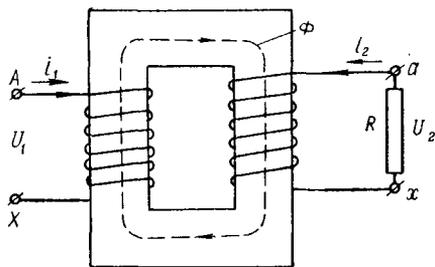


Рис. 111. Принципиальная схема трансформатора

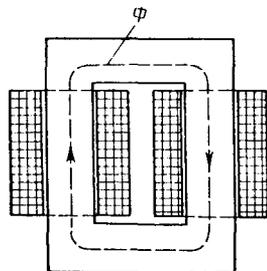


Рис. 112. Схема стержневого магнитопровода

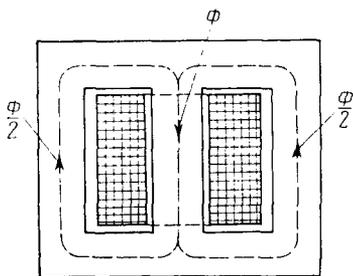


Рис. 113. Схема броневых магнитопроводов

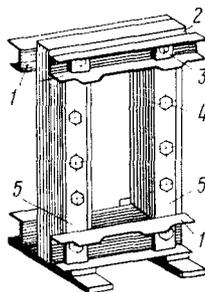


Рис. 114. Стержневой магнитопровод

Магнитопровод (рис. 114) имеет два стержня 5 и два ярма 2, которые собраны из листов (толщиной 0,5 мм) электротехнической стали с высокой магнитной проницаемостью и малыми удельными магнитными потерями. Каждый лист покрывают тонким слоем изоляционного лака, чем достигается снижение потерь на вихревые токи. Стержни 5 имеют ступенчатое сечение: технологически выполнить такие стержни проще, чем стержни круглого сечения. Стержни собирают из отдельных листов прямоугольной формы, соединяя их в пакеты стяжными болтами 4, изолированными от стали бакелитовыми трубками и шайбами.

Листы стали прямоугольного сечения, образующие ярмо 2, стягивают с обеих сторон швеллерными балками 1, соединенными стяжными болтами 3.

В тяговых трансформаторах применяют концентрическое (рис. 115) и чередующееся (рис. 116) расположения обмоток. Концентрические обмотки обычно применяют в трансформаторах стержневого типа, а чередующиеся — в трансформаторах броневых типа. Обмотки трансформатора изготовляют из меди прямоугольного сечения. В качестве изоляции обмоток используют специальную бумагу.

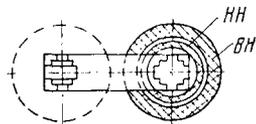
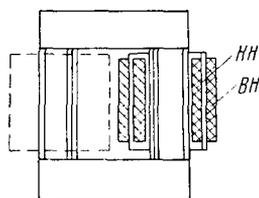


Рис. 115. Концентрическое расположение обмоток:

НН — обмотка низкого напряжения; ВН — обмотка высокого напряжения

Трансформаторы выполняют с принудительным масляным охлаждением. Это позволяет получить наименьшие вес и габаритные размеры трансформатора вследствие значительного улучшения условий теплоотдачи по сравнению с теплоотдачей при естественном охлаждении. Кроме того, трансформаторное масло обладает высокими электроизоляционными свойствами, поэтому между обмотками и другими деталями активной части трансформатора расстояния могут быть значительно меньшими, чем при отсутствии масла. Бак трансформатора полностью заполняют специальным минеральным маслом.

Масло имеет соломенно-желтый цвет, удель-

ный вес 0,9. Необходимо, чтобы в масле не было механических примесей и воды. Изоляционные свойства масла характеризуют пробивным напряжением, которое должно составлять 30 кв/мм в эксплуатации и не менее 35 кв/мм для нового масла.

Температура вспышки масла равна  $+135^{\circ}\text{C}$ , а застывания около  $-35^{\circ}\text{C}$ .

Все соединения бака выполняют электросваркой. В качестве уплотнений применяют в виде прокладок и шайб маслостойкую резину. На баке устанавливают расширитель, в который поступает избыток масла из бака при увеличении объема масла в результате нагревания. Расширитель изготовляют из листовой стали. Емкость его устанавливают исходя из необходимости обеспечить постоянное заполнение бака маслом при любых возможных нагрузках трансформатора и колебании наружной температуры от  $-50$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Как известно, в процессе работы трансформатора в его обмотках и стальных стержнях магнитной системы происходят потери мощности, которые в виде тепла выделяются в окружающее пространство.

Нагревание деталей трансформатора ограничивается допустимыми температурами. ГОСТ 11677—65 установлены следующие наибольшие допускаемые превышения температур сверх температуры окружающего воздуха, принятой равной  $30^{\circ}\text{C}$ :

Обмотка трансформатора . . . . .	$65^{\circ}\text{C}$
Сердечник магнитной системы (на его поверхности) . . . . .	$75^{\circ}\text{C}$
Трансформаторное масло (в верхних слоях) . . . . .	$60^{\circ}\text{C}$

Следовательно, температура обмоток не должна превосходить  $95^{\circ}\text{C}$ , а масла  $90^{\circ}\text{C}$ .

Для трансформаторов, работающих на электровозах, допускают следующие перегрузки по сравнению с номинальным выпрямленным током: 30% в течение 2 ч и 60% в течение 45 мин. Промежуток времени между двумя перегрузками должен составлять не менее 3 ч.

Такие условия вполне отвечают требованиям эксплуатации электровозов, тяговые двигатели которых, как правило, работают с резко изменяющимися нагрузками.

Основные технические данные трансформаторов — номинальные величины мощности, напряжения, нагрузок и др. — указаны на заводских щитках, располагаемых на баке трансформатора. Там же указаны условия работы, для которых предназначен трансформатор, и приведены схемы соединения всех обмоток, а также схема расположения вводов на его крышке.

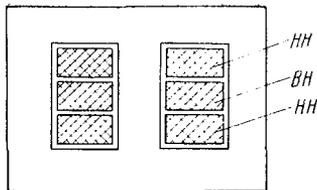


Рис. 116. Чередующееся расположение обмоток

## § 34. Тяговые трансформаторы

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> установлены трансформаторы типа ОЦР-5600/25, ВЛ80<sup>к</sup> — типа ОЦР-5000/25, ВЛ80<sup>г</sup> — типа ОДЦЭ-5000/25Б, ВЛ82 и ВЛ82<sup>м</sup> — типа ОДЦЭ-4000/25. Все эти трансформаторы выполнены с регулированием на вторичной стороне.

В обозначении типов трансформаторов буква О указывает на число фаз (однофазный), Ц — на принудительную циркуляцию масла, Д — на принудительное воздушное дутье, Р — на назначение трансформатора (питание ртутных выпрямителей) и Э — на принадлежность к электровозу. Числитель дроби означает типовую мощность трансформатора в киловольт-амперах (в кВА), знаменатель — номинальное напряжение на первичной обмотке в киловольтах (в кВ).

На электровозах ЧС4 установлен тяговый трансформатор с регулированием напряжения на стороне высокого напряжения.

Основные технические данные тяговых трансформаторов, применяемых на электровозах переменного тока, приведены в табл. 3.

Трансформатор ОЦР-5600/25 (рис. 117), установленный на электровозе ВЛ60<sup>к</sup>, состоит из магнитопровода стержневого типа, на котором концентрически расположены три обмотки. Магнитопровод

Т а б л и ц а 3

Наименование показателей	Характеристика трансформатора типа				
	ОЦР-5600/25	ОЦР-5000/25В	ОДЦЭ-5000/25Б	ОДЦЭ-4000/25	ЛТС-7,85/25
Типовая мощность в кВА	5 600 *	5 000	5 000	4 000	7 850
Номинальная мощность собственных нужд в кВА	300	325	225	80	200
Напряжение холостого хода в в обмоток:					
высшего напряжения	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
низшего напряжения	2 060	1 230	1 218	3 800	1 040
собственных нужд	399 **	625/479 396/229	638/406/232	332/240	260/213
цепи отопления	3 027	—	—	—	3 030
Номинальный ток нагрузки в а обмоток:					
высшего напряжения	210	185	185	147	314
низшего напряжения	2 400	1 750	1 750	1 000	3 300
собственных нужд	750	800	550/1 000	250	770
цепи отопления	264	—	—	—	264
Вес трансформатора в кг:					
общий	11 300	9 000	8 000	5 800	11 600
выемной части	6 200	5 200	5 100	3 400	7 100
бака с арматурой	2 500	1 750	1 600	1 350	2 300
масла	2 600	2 050	1 300	1 050	2 200

\* Трансформаторы ОЦР-5600/25П для электровозов ВЛ60<sup>п</sup> имеют обмотку цепи отопления мощностью 800 кВА. На крышке вводы а3—а4. Мощность тяговой обмотки этих трансформаторов на 800 кВА меньше, чем у трансформаторов для грузовых электровозов.

\*\* Часть трансформаторов выпущена с обмоткой собственных нужд на 210/399 и 630 в.

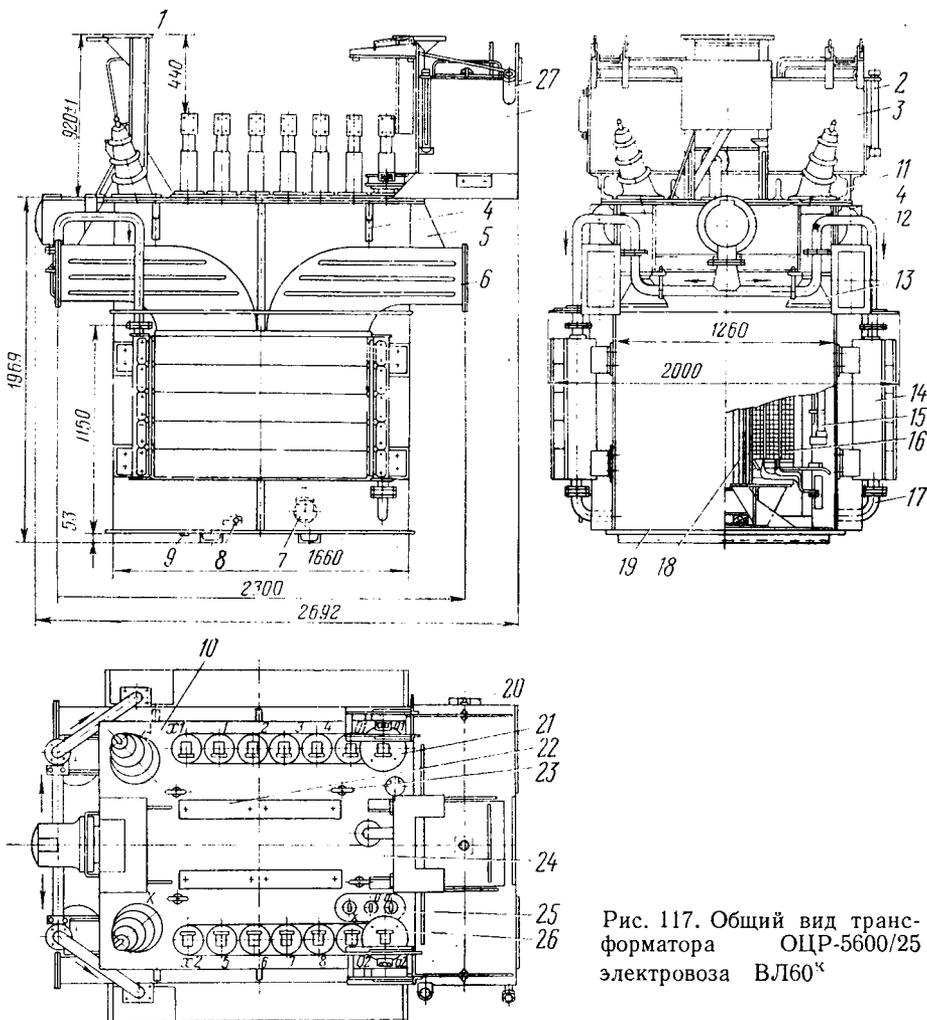


Рис. 117. Общий вид трансформатора ОЦР-5600/25 электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

имеет два стержня. Система охлаждения обмоток — циркуляционная, масляная, принудительная.

На крышке 24 бака 19 расположены вводы трансформатора: два ввода *A* и *X* обмотки высшего напряжения и четырнадцать вводов обмотки низшего напряжения — *x1*, 1, 2, 3, 4, 01 и *a1* с одной стороны трансформатора и *x2*, 5, 6, 7, 8, 02 и *a2* с другой стороны. На вводах *a1* и *a2* устанавливали трансформаторы тока 21 и 26 типа ТТЗ-2. На крышке расположены вводы 25 обмотки вспомогательных цепей *x*, 0 и *a*. За кольца 23 зацепляется крюк подъемного крана при подъеме выемной части трансформатора — магнитопровода с обмотками, прикрепленного к крышке. На крышке устанавливают переходные реакторы (не показаны на рисунке) и стойки 1 для группового переключателя ступеней.

Расширитель 3 имеет маслоуказатель 2, на который нанесена отметка минимального уровня масла, допустимого в эксплуатации. На боковой стенке расширителя установлен термосигнализатор 20 для контроля за температурой масла. Крюки 4 на боковой стенке бака используют при подъеме трансформатора. На опорах 22 устанавливают переходные реакторы.

Внизу бака предусмотрена пробка 8, через которую берут пробу масла. Масло из трансформатора спускают через пробку 9. Для заполнения бака маслом имеется двухдюймовый кран 7, расположенный внизу на боковой стенке бака; доливают масло через пробку 27 на расширителе. Бак трансформатора заземляют через специальный болт (не показан на рисунке).

Трансформатор стоит в кузове электровоза на специальных конусообразных опорах 13, приваренных к кронштейнам 5. Между опорами кузова и трансформатора установлены резиновые конусы, смягчающие резкие толчки и удары.

В системе охлаждения трансформатора имеются специальные устройства, обеспечивающие циркуляцию масла в заданном направлении, и устройства подвода охлаждающего воздуха. На трансформаторе установлен электронасос 11 типа ЭЦТ-63/10, обеспечивающий циркуляцию масла. Масло из бака поступает в электронасос, оттуда по трубам 12 в теплообменники 14 и по патрубкам 17 уже охлажденное возвращается в бак трансформатора. В теплообменниках масло охлаждается воздухом, поступающим в каналы 6 от вентиляторов. Воздух, пройдя через теплообменники 14, выбрасывается наружу.

Отводы 15 обмоток низкого напряжения выполнены из медных шин. Три цилиндра 16 с обмотками концентрически расположены на стержне 18 магнитопровода.

Первичная (сетевая) обмотка трансформатора рассчитана на номинальное напряжение 25 кв, мощность ее 5244 ква. Эта обмотка непрерывная и состоит из двух частей, расположенных на обоих стержнях магнитопровода. Обе части обмотки соединены параллельно (рис. 118).

Номинальное напряжение холостого хода одного плеча вторичной (тяговой) обмотки трансформатора между концами 01—a1 и 02—a2 равно 2060 в. Номинальная мощность этой обмотки составляет 4942 ква. Каждое плечо вторичной обмотки (рис. 119) состоит из двух частей: секционированной 1—01 (или 02—5) и несекционированной a1—x1 (или a2—x2).

Секционированная часть обмотки имеет нулевую точку (присоединяемую к шине «минус» трансформатора) и состоит из четырех секций. Одна секция рассчитана на напряжение 252 в. Принятая схема регулирования напряжения на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> позволяет получать различные величины напряжения (табл. 4).

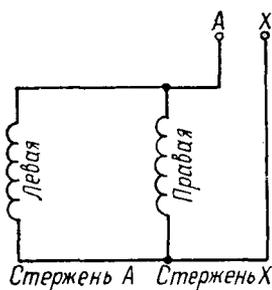
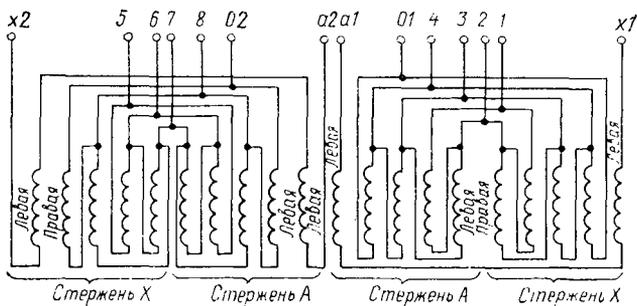


Рис. 118. Принципиальная схема соединения обмоток высшего напряжения

Рис. 119. Принципиальная схема соединения обмоток низшего напряжения



Третья обмотка на трансформаторе (также вторичная) предназначена для питания вспомогательных цепей и машин электровоза. Напряжение холостого хода ее составляет 399 в, а мощность 300 ква. Эту обмотку называют еще обмоткой вспомогательных цепей. Она состоит из четырех катушек, соединенных параллельно.

Магнитопровод с обмотками представляет собой так называемую активную часть трансформатора. Непосредственно у стержней магнитопровода расположены на цилиндрах несекционируемые части обмотки, что облегчает и упрощает изоляцию их от стали сердечника. Затем располагают цилиндр с обмоткой высшего напряжения; и, наконец, третье, наружное, концентрическое кольцо составляют секционированные части обмотки, также собранные на бакелитовых цилиндрах.

Размещение секционированной части вторичных обмоток снаружи облегчает конструктивное и технологическое выполнение отводов от этих обмоток. Изготавливают отводы из медных шин, скрепленных между собой и прикрепленных к основанию деревянными клицами. Отводы от обмотки высшего напряжения выполняют изолированными проводами: они заканчиваются демпферами — набором тонких медных пластин большой гибкости.

Обмотка собственных нужд расположена на каждом стержне магнитопровода. Она выполнена в виде двух двойных дисковых катушек, одна из которых размещена на  $\frac{1}{4}$ , а другая на  $\frac{3}{4}$  высоты наружного бакелитового цилиндра.

Таблица 4

Показатели	Величины показателей при соединении вводов обмотки									
	$x1-1$ или $x2-5$	$x1-2$ или $x2-6$	$x1-3$ или $x2-7$	$x1-4$ или $x2-8$	$x1-01$ или $x2-02$	$x1-8$ или $x2-4$	$x1-7$ или $x2-3$	$x1-6$ или $x2-2$	$x1-5$ или $x2-1$	
Напряжение между вводами $a1-01$ или $a2-02$ в в	2060	1808	1556	1303	1051	799	547	294	42	
Позиция главного контроллера	33	29	25	21	17	13	9	5	1	

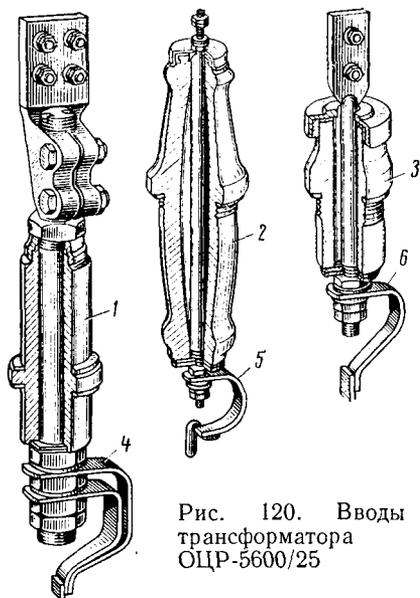


Рис. 120. Вводы трансформатора ОЦР-5600/25

Расстояние между обмотками на каждом цилиндре фиксируют изоляционными пластинками, укрепляемыми на рейке. Сверху и снизу обмоток располагают опорные кольца, которые изолируют обмотки от стали ярма магнитопровода.

На крышке устанавливают вводы трансформатора (рис. 120). Они состоят из фарфоровых изоляторов 1, 2, 3, через которые проходят медные стержни, имеющие с одного конца резьбу под болты для присоединения к демпферам 4, 5, 6 отводов, а с другого — или резьбу под болты, или плоские клеммы. Для контроля температуры масла в расширителе трансформатора установлен термосигнализатор типа ТС. Он имеет стрелку и шкалу,

отградуированную в градусах Цельсия, и полуую (манометрическую) пружину. Пружина соединена капиллярной трубкой с теплоприемником, помещенным в бак трансформатора. Пружина, капиллярная трубка и теплоприемник образуют замкнутую систему, заполненную жидкостью. При нагреве масла в трансформаторе объем жидкости в системе термосигнализатора увеличивается, что приводит к деформации поллой пружины и перемещению стрелки прибора, соединенной с ней.

Если трансформатор включают при температуре  $-35^{\circ}\text{C}$  и ниже, необходимо воздержаться от пуска электронасоса до тех пор, пока масло не нагреется.

Электронасосы монтируют в одном блоке с трансформатором. Электронасос (рис. 121) состоит из трехфазного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и насоса, размещенных в одном корпусе 5.

Вал ротора 13 может вращаться в подшипниках качения 12, расположенных в переднем 8 и заднем подшипниковых щитах 11. На консольной части этого вала с помощью шпонки 3, дистанционного кольца 4, обтекателя 2, являющегося одновременно гайкой, закреплено рабочее колесо 1 насоса.

Статор 9 двигателя запрессован в корпус электронасоса. Вводные концы обмотки статора присоединены к клеммам панели 10. Электронасос имеет всасывающий А и нагнетательный Б патрубки: диаметр отверстий патрубков 100 мм. Патрубком А электронасос крепят к фланцу трансформатора четырьмя болтами, используя в качестве прокладки паронит. Нагнетающий патрубок Б таким же образом крепят к фланцу маслопровода. Наверху на корпусе электронасоса имеется пробка 7.

При работе электронасоса масло из бака трансформатора поступает на рабочее колесо насоса, а оттуда через каналы аппарата 6 и кольцевой канал — на лопатки корпуса. Лопатки корпуса выпрямляют закрученный поток масла и направляют его в сторону нагнетательного патрубка. Под влиянием избыточного давления часть масла из тыльной пазухи рабочего колеса поступает в электродвигатель, омывает подшипники и через отверстие в валу и обтекатель возвращается во всасывающую полость рабочего колеса. Такая циркуляция масла обеспечивает интенсивный отвод тепла от работающего двигателя.

Электронасос типа ЭЦТ-63/10 является центробежным бессальниковым одноступенчатым. Производительность его  $63 \text{ м}^3/\text{ч}$  при напоре 10 м вод. ст. Температура перекачиваемой жидкости должна быть в пределах от  $+75$  до  $-15^\circ \text{С}$ . Режим работы непрерывный продолжительный. На трехфазный двигатель подается напряжение 380 в переменного тока. Номинальная мощность 2,8 квт. Скорость вращения ротора двигателя 1420 об/мин. Габаритные размеры насоса  $412 \times 328 \times 390 \text{ мм}$ , вес 94 кг.

Ротор насоса вращается по часовой стрелке, если смотреть со стороны патрубка А. Для нормальной работы электронасоса необ-

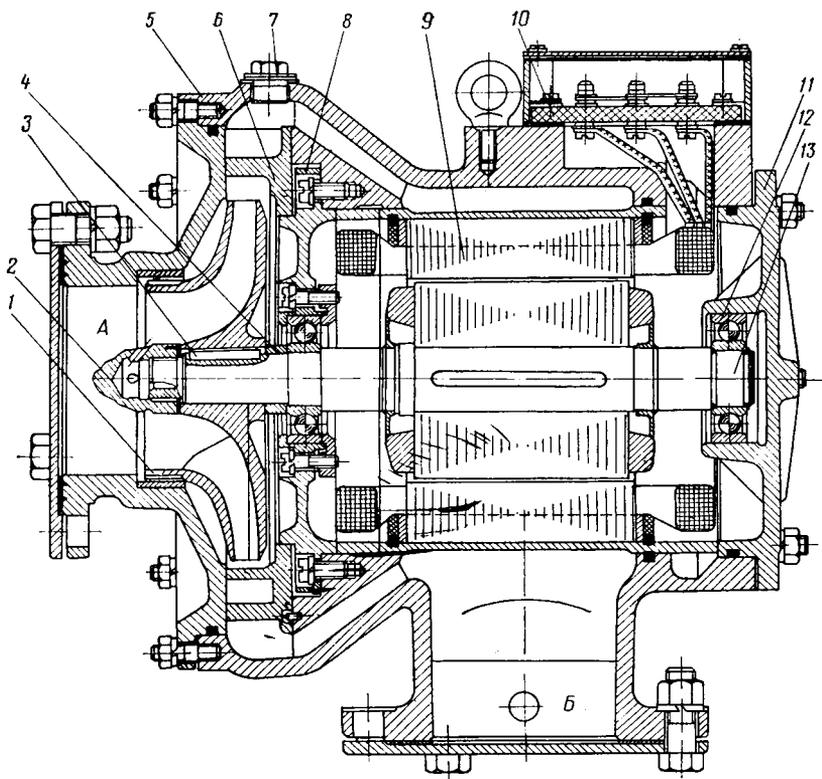


Рис. 121. Электронасос ЭЦТ-63/10

ходимо, чтобы ротор вращался в направлении, указанном стрелкой на всасывающем патрубке. Так как в собранном двигателе ротор закрыт и невозможно определить направление его вращения, то, чтобы проверить правильность его работы, нужно установить вместо пробки 7 манометр на корпус насоса. Давление по манометру при закрытой нагнетательной заслонке должно быть равно  $1,3 \text{ кг/см}^2$ . Если насос не создает необходимого напора, следует взаимно переключить два любых подводющих конца двигателя, чтобы изменить направление его вращения.

Проводятся работы по совершенствованию электронасоса ЭЦТ-63/10. В новых электронасосах ЭЦТТ-63/10 применена изоляция класса В вместо А и, кроме того, изменено число пазов ротора для улучшения пусковых свойств двигателя.

Теплообменники трансформатора охлаждаются воздухом, поступающим от вентиляторов. На каждой продольной стороне трансформатора располагают по одному комплекту теплообменников. Производительность одного вентилятора составляет  $326 \text{ м}^3/\text{мин}$  при противодавлении 70 мм вод. ст.

На электровозах ВЛ60 первых выпусков также устанавливали тяговые трансформаторы ОЦР-5600/25, но с двумя мотор-насосами вертикального типа, которые располагали на расширителе трансформатора (рис. 122). Система охлаждения одной стороны трансформатора состоит из электродвигателя 4 типа АОМ-42-2, который приводит во вращение центробежный насос 5 типа 2К-9 производительностью  $22 \text{ м}^3/\text{мин}$ . По маслопроводу из верхней части тягового трансформатора масло поступает в нижний всасывающий патрубок насоса, а из насоса через нагнетательный патрубок по патрубку 3 — к струйному реле 2, установленному на трубе маслопровода 1. Струйные реле позволяют включить трансформатор и осуществлять его работу только при циркуляции масла, т. е. при работающей системе охлаждения. По трубопроводу 1 масло поступает в масляные коллекторы теплообменника и затем уже охлажденное возвращается в трансформатор.

На восьмиосных электровозах ВЛ80<sup>к</sup> устанавливают тяговые трансформаторы ОЦР-5000/25, которые по конструкции подобны трансформаторам ОЦР-5600/25. Отличаются они лишь техническими данными, схемой обмотки для вспомогательных цепей и размерами.

Трансформатор имеет три обмотки. Первичная обмотка высокого напряжения выполнена на номинальное напряжение 25 кв, мощность ее 4630 ква. Обмотка непрерывная. Обе ее части, расположенные на стержнях магнитопровода, соединены параллельно. Вторичная обмотка трансформатора также состоит из двух плечей. Номинальное напряжение холостого хода на концах одного плеча этой обмотки (между выводами 01 и а1, 02 и а2) равно 1230 в. Обмотка каждого плеча имеет секционированную и несекционированную части с нулевой точкой 01 или 02, состоящие из четырех секций. Одна секция рассчитана на напряжение 146 в. В соответствии с принятой схемой регулирования на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> можно получать различные величины напряжения на вторичной обмотке (табл. 5).

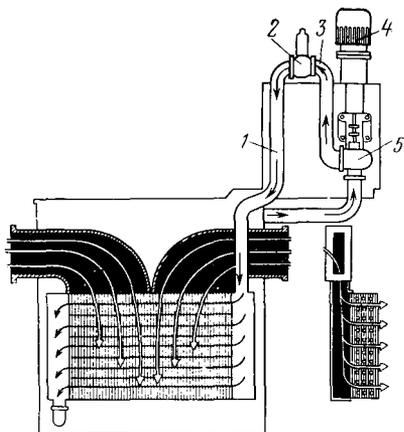


Рис. 122. Система охлаждения трансформатора ОЦР-5600/25

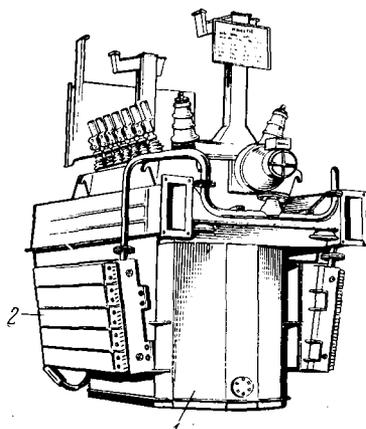


Рис. 123. Трансформатор ОЦР-5000/25В

Обмотка вспомогательных цепей имеет пять вводов. При напряжении на первичной обмотке 25 кв в режиме холостого хода напряжение составляет 625 в между вводами  $a3-x$ , 479 в между  $a4-x$ , 396 в между  $a5-x$  и 229 в между вводами  $a6-x$ . Обмотка эта выполнена точно так же, как соответствующая ей у трансформатора ОЦР-5600/25, т. е. состоит из четырех катушек, соединенных параллельно.

Система охлаждения трансформатора ОЦР-5000/25 аналогична системе, принятой для трансформатора ОЦР-5600/25.

В настоящее время на электровозах ВЛ80к установлены трансформаторы ОЦР-5000/25В (рис. 123), которые незначительно отличаются от ОЦР-5000/25. Бак 1 такого трансформатора восьмигранный, а не четырехгранный, а теплообменники 2 установлены в наклонном положении.

На электровозах ВЛ80г устанавливают трансформаторы ОДЦЭ-5000/25Б. Они отличаются от трансформаторов ОЦР-5000/25В

Таблица 5

Показатели	Величины показателей при соединении вводов обмотки низшего напряжения									
	$x1-1$ или $x2-5$	$x1-2$ или $x2-6$	$x1-3$ или $x2-7$	$x1-4$ или $x2-8$	$x1-01$ или $x2-02$	$x1-8$ или $x2-4$	$x1-7$ или $x2-3$	$x1-6$ или $x2-2$	$x1-5$ или $x2-1$	
Напряжение между вводами $a1-01$ или $a2-02$ в в	1230	1084	938	792	646	500	354	208	62	
Позиция контроллера	33	29	25	21	17	13	9	5	1	

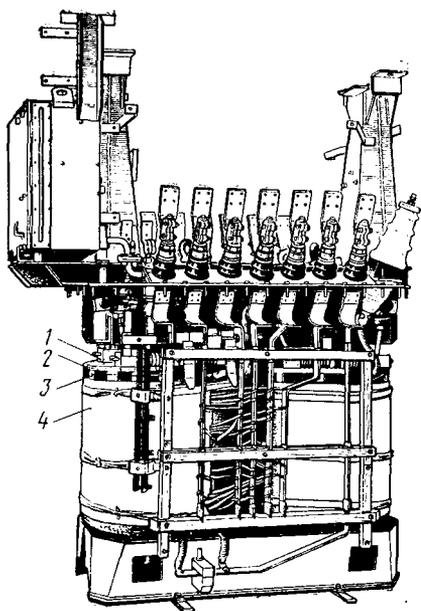


Рис. 124. Трансформатор  
ОДЦЭ-5000/25Б без бака

размерами магнитной системы (уменьшена высота окна магнитопровода); кроме того, у них выше плотность тока во всех обмотках (примерно на 10%) и, следовательно, ниже вес меди обмоток, а также установлены специальные перегородки и экраны, обеспечивающие более эффективную циркуляцию масла и его охлаждения.

Все это позволило снизить вес трансформатора на 1000 кг и довести его до 8000 кг.

В трансформаторе ОДЦЭ-5000/25Б применено специальное устройство 1 (рис. 124), прессующее обмотки, усилие от которого передается через металлическое кольцо 2 на ярмовую изоляцию 3 и обмотки 4 трансформатора.

С течением времени изоляция обмоток трансформатора дает усадку. Чтобы обеспечить механическую прочность обмоток, даже в процессе усадки изоляции применяют автома-

тическое прессующее устройство (рис. 125). На ярмовой балке 8 располагают два специальных винта 1. Между винтом и башмаком 3 находится стержень 2. Башмаки насажены на шпильку 6; на башмаки воздействует пружина 5, с одного конца ограниченная неподвижным упором 4. По мере усадки изоляции обмоток под действием пружин 5 стержень 2 стремится принять вертикальное положение. Так как один конец его закреплен на балке 8 в специальном винте 1, то другой конец с башмаком будет скользить по металлическому кольцу 7 и, нажимая на него, прессовать обмотки трансформатора.

Для работы прессующего устройства необходимо, чтобы пружины 5 находились в сжатом состоянии. Это состояние первоначально создается стяжными гайками и шайбами, показанными на рис. 125. После того, как винтами 1 будет обеспечиваться удержание пружин 5 в сжатом состоянии, стяжные гайки и шайбы удаляют.

На электровозах двойного питания ВЛ82 и ВЛ82<sup>м</sup> установлены трансформаторы ОДЦЭ-4000/25. Трансформатор этого типа отличается от рассмотренных тем, что в нем отсутствует секционированная часть вторичной обмотки. Это наиболее простой трансформатор со сравнительно небольшими размерами и весом.

Трансформатор имеет три обмотки: высшего напряжения, низшего с напряжением 3800 в и отпайкой на 2050 в, а также обмотку собственных нужд с напряжением 332 в и отпайкой на 240 в.

Трансформаторы ОДЦЭ-4000/25 оборудованы также прессующим устройством обмоток.

На электровозах ЧС4 регулирование напряжения осуществляется на первичной стороне трансформатора, который состоит собственно из двух трансформаторов, расположенных в одном баке. Один из них представляет собой автотрансформатор, а другой — обычный понизительный трансформатор с постоянным коэффициентом трансформации. Обмотка автотрансформатора является регулировочной, а понизительный трансформатор предназначен для понижения регулируемого напряжения до величины, соответствующей коэффициенту трансформации.

Автотрансформатором называют такой трансформатор, у которого часть первичной обмотки является одновременно как бы и вторичной. Принцип работы автотрансформатора заключается в следующем. Если обмотку  $AХ$  (рис. 126) присоединить к внешней сети переменного тока, например к контактной сети, напряжение последней  $u_1$  распределится равномерно по всем ее виткам и по ней потечет ток  $i_1$ . Примем за вторичную обмотку автотрансформатора часть витков  $ax$  обмотки  $AХ$ . Если замкнуть их на сопротивление, то в обмотке  $ax$  потечет ток  $i_2$  при напряжении на ее зажимах  $u_2$ . Однако по обмотке  $ax$  может протекать ток  $i$ , представляющий собой разность токов в первичной  $i_1$  и вторичной  $i_2$  цепях. Ток  $i$  будет протекать по виткам вторичной обмотки в направлении, противоположном току  $i_1$ .

В тяговых трансформаторах клемма  $a$  автотрансформатора занимает разное положение на его обмотке и в пределе возможно совмещение зажимов  $a$  и  $A$ . Напряжение  $u_2$  при этом равно напряжению  $u_1$ .

Величина потерь в автотрансформаторе незначительна, поэтому коэффициент полезного действия его достигает 99,7%. Коэффициент трансформации, как и для обычного трансформатора, выражает отношение числа витков обмотки  $AХ$  к числу витков обмотки  $ax$ .

На электровозах ЧС4 установлены тяговые трансформаторы броневые типа LTS-7,85/25. Автотрансформатор этого трансформатора имеет первичную обмотку  $D32-D0$  (рис. 127) и вторичную,

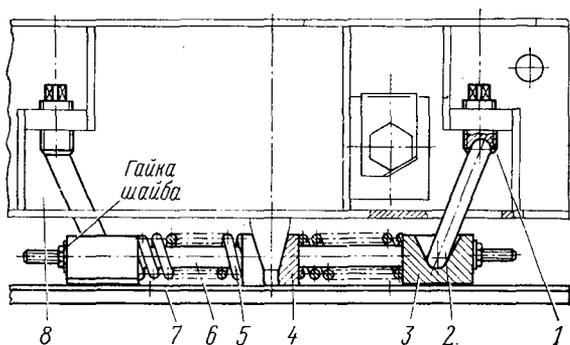


Рис. 125. Автоматическое прессующее устройство

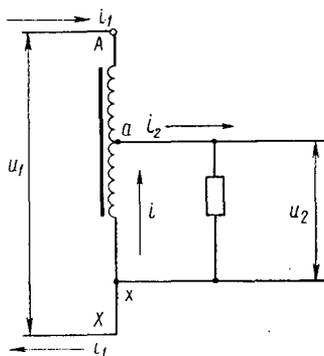


Рис. 126. Схема автотрансформатора

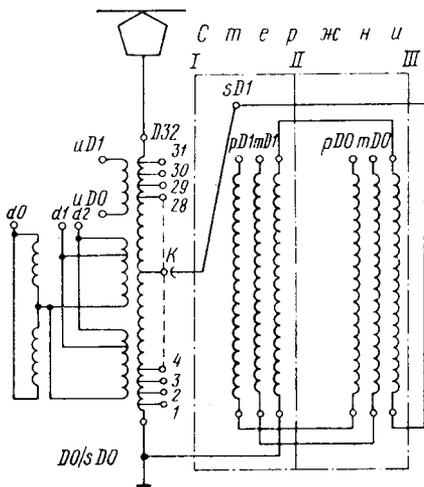


Рис. 127. Схема соединений обмоток трансформатора LTS-7,85/25 электроваза ЧС4

напряжение в контактном проводе равно 12 кв. С ней электрически соединена первичная обмотка  $sD1-sD0$  понизительного трансформатора. Электрическое соединение ввода  $sD1$  с одной из клемм на автотрансформаторе осуществляется аппаратом, называемым переключателем ступеней. На рис. 127 он условно обозначен скользящим контактом  $K$ .

При перемещении контакта  $K$  по клеммам автотрансформатора от  $0$  до  $32$  изменяется напряжение на зажимах обмотки  $sD1-sD0$  и, следовательно, на обеих вторичных обмотках  $mD0-mD1$  и  $pD0-pD1$ . Когда контакт  $K$  соединен с клеммой  $D32$ , напряжение на каждой вторичной обмотке понизительного трансформатора составляет 1040 в.

На электровазах ЧС4 тяговый трансформатор имеет масляное принудительное охлаждение. Два алюминиевых теплообменника  $10$  (рис. 129) и два фланцевых бессальниковых насоса  $9$  совместно с баком и трубами образуют циркуляционную систему охлаждения трансформатора. Бак  $1$  трансформатора четырехугольной формы. На продольных стенках бака предусмотрена рама  $2$  для установки трансформатора в кузове электроваза.

К баку присоединен переключатель ступеней  $3$ , который заполняется маслом независимо от бака. Все электрические соединения переключателя с регулировочной обмоткой трансформатора осуществляют с по-

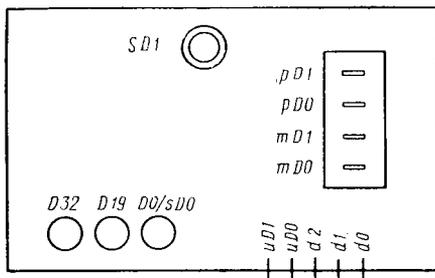


Рис. 128. Схема размещения вводов на крышке трансформатора LTS-7,85/25

у которой одна клемма  $0$  совмещена с клеммой первичной обмотки, а вторая является скользящей (контакт  $K$ ) и может занимать любое положение от клеммы  $1$  до  $32$ . Понизительный трансформатор имеет первичную обмотку  $sD1-sD0$  и две вторичные обмотки с вводами  $mD0-mD1$  и  $pD0-pD1$ . Кроме того, имеется обмотка, питающая вспомогательные цепи  $d0-d2$  напряжением 260 в с отпайкой  $d1$  на напряжение 213 в, и обмотка отопления поезда  $uD1-uD0$  напряжением 3030 в.

Обмотка  $D32-D0$  регулировочная; она имеет отпайку  $D19$  (рис. 128), к которой можно присоединиться в тех случаях, когда

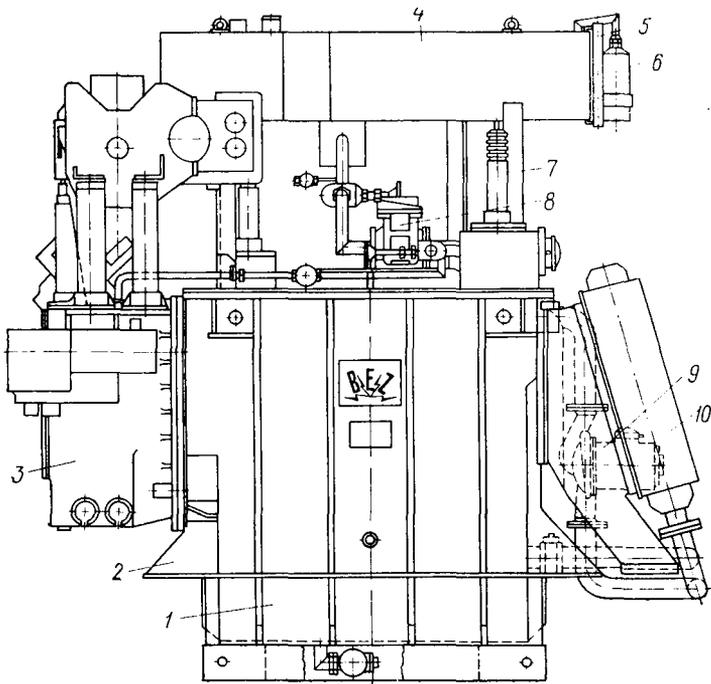


Рис. 129. Трансформатор LTS-7,85/25 электровоза ЧС4

мощью штепсельных разъемов, что позволяет демонтировать переключатель ступеней без каких-либо работ по трансформатору. На крышке бака 1 размещены три ввода 7 высшего напряжения, а также вводы вторичной обмотки трансформатора, выполненные в виде полосы из меди и прикрепленные к гетинаксовой плите на крышке трансформатора.

Вводы обмоток собственных нужд и отопления выполнены так же, как на отечественных электровозах.

На крышке трансформатора находится реле газовой защиты 8. Расширитель 4 коробчатой формы расположен над крышкой трансформатора. На его стенке установлен указатель уровня масла 5 и воздухоосушитель 6, которым расширитель сообщается с атмосферой. Воздухоосушитель наполнен веществом, поглощающим влагу из воздуха, и, следовательно, предупреждает попадание воды в трансформаторное масло.

Воздухоосушитель (рис. 130) состоит из корпуса 3, масляного затвора 1, стеклянного цилиндра 7, верхней крышки 8, трубки 6, соединенной шплинтом 5 с воздухоосушителем, и наполнителя 4. С расширителем воздухоосушитель соединен трубкой 10 и гайкой 9. Масляный затвор 1 предназначен для очистки воздуха от пыли и грязи. Масло в затвор заливается до винта 2. Сообщается расширитель с атмосферой через масляный затвор 1, наполнитель 4, трубки 6 и 10. В качестве наполнителя применяют силикагель,

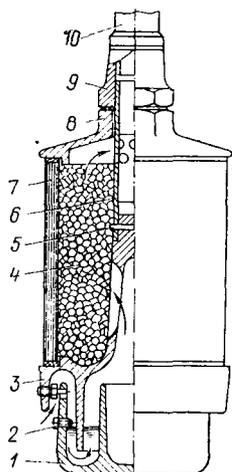


Рис. 130. Воздухоосушитель

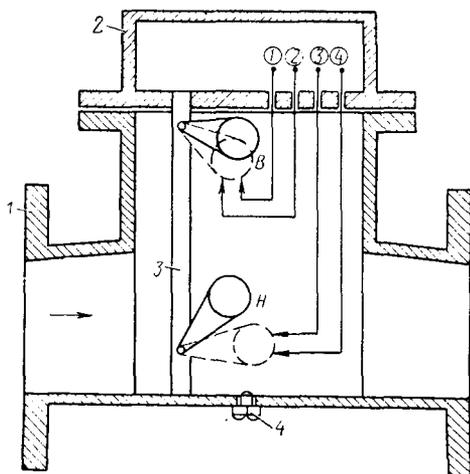


Рис. 131. Реле газовой защиты

блаугель или их смесь. Блаугель в сухом состоянии имеет синий цвет, а при поглощении влаги становится розовым. Сухой силикагель — белого цвета; увлажняясь, он не изменяет цвет.

При работе у трансформатора могут возникнуть повреждения, приводящие к местному нагреву отдельных деталей под влиянием ухудшения контакта. В местах нагрева происходит разложение твердой органической изоляции и масла, что сопровождается выделением газа. Чтобы своевременно обнаружить эти повреждения, применяют газовое реле. Его устанавливают в патрубке между крышкой бака и расширителем. Выделяющиеся в месте повреждения пузырьки газа поднимаются в верхнюю часть бака и на пути в расширитель попадают в газовое реле, вытесняя из него масло. При понижении уровня масла в реле опрокидывается специальный поплавок *B* (рис. 131), замыкающий контакты *1* и *2* в цепи сигнализации<sup>1</sup>.

В случае возникновения значительных повреждений в трансформаторе, которые сопровождаются бурным выделением газов (короткое замыкание, электрическая дуга), создается толчок масла и газа в патрубок и реле. В результате этого опрокидывается второй поплавок *H* реле, который замыкает контакты *3* и *4* в цепи управления главного выключателя, и трансформатор отключается.

Газовое реле состоит из корпуса *1*, крышки *2*, двух поплавков верхнего *B* и нижнего *H*. Поплавки расположены один над другим и прикреплены к стойке *3*. Направление масла в корпусе газового реле показано стрелкой. Пробка *4* служит для спуска масла.

Трансформатор LTS-7,85/25 снабжен необходимыми устройствами для контроля температуры масла, спуска масла из бака, подъема выемной части и всего трансформатора.

<sup>1</sup> Контактам на рис. 131 соответствуют цифры в кружках.

## § 35. Реакторы сглаживающие и переходные

Реактором называют электрическую катушку, индуктивное сопротивление которой значительно по сравнению с индуктивным сопротивлением остальной электрической цепи. Для того чтобы индуктивность реактора была наибольшей, его обмотку располагают на сердечнике из ферромагнитного материала, т. е. материала, обладающего высокой магнитной проницаемостью<sup>1</sup>. Таким материалом является, например, листовая электротехническая сталь. Индуктивность реактора, сердечник которого выполнен из ферромагнитного материала, не является величиной постоянной, а зависит от тока в его обмотке. Это объясняется тем, что индуктивность изменяется прямо пропорционально магнитной проницаемости.

В свою очередь магнитная проницаемость зависит от магнитной индукции. Если в обмотке реактора ток возрастает, то одновременно возрастает и магнитная индукция, что вызывает уменьшение магнитной проницаемости, а следовательно, и уменьшение индуктивности. При уменьшении тока в обмотке реактора индуктивность последнего будет увеличиваться. Это свойство реактора с ферромагнитным сердечником использовано в силовых цепях электровозов для сглаживания пульсации выпрямленного тока.

Известно, что величина пульсации выпрямленного тока зависит от значений тягового тока: чем больше ток, тем меньше пульсация, и наоборот. Между тем для условий нормальной коммутации тяговых двигателей необходимо, чтобы величина пульсации в любом режиме работы двигателя оставалась постоянной. Для этого в цепь тока включают реактивные катушки, индуктивность которых наибольшая при малых тяговых токах и наименьшая при больших токах (рис. 132).

Реактор, включенный последовательно в цепь тяговых двигателей для уменьшения пульсации выпрямленного тока, называют сглаживающим. Такие реакторы применяют на всех электровозах переменного тока и электровозах двойного питания.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> устанавливают два сглаживающих реактора РЭД-4000А. Индуктивность такого реактора равна 5,6 мГн при токе 1545 а и 9,5 мГн при токе 300 а. Номинальный ток сглаживающего реактора 1545 а. Корпусная изоляция его рассчитана на напряжение 3100 в. Вес реактора 1570 кг.

Реактор РЭД-4000А (рис. 133) имеет стальной сердечник 1, который образует

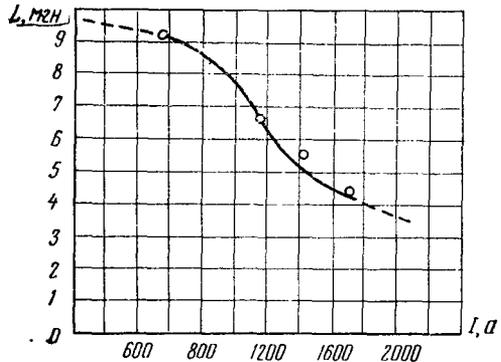


Рис. 132. Электромагнитная характеристика сглаживающего реактора

<sup>1</sup> Под магнитной проницаемостью понимают величину, характеризующую магнитные свойства среды.

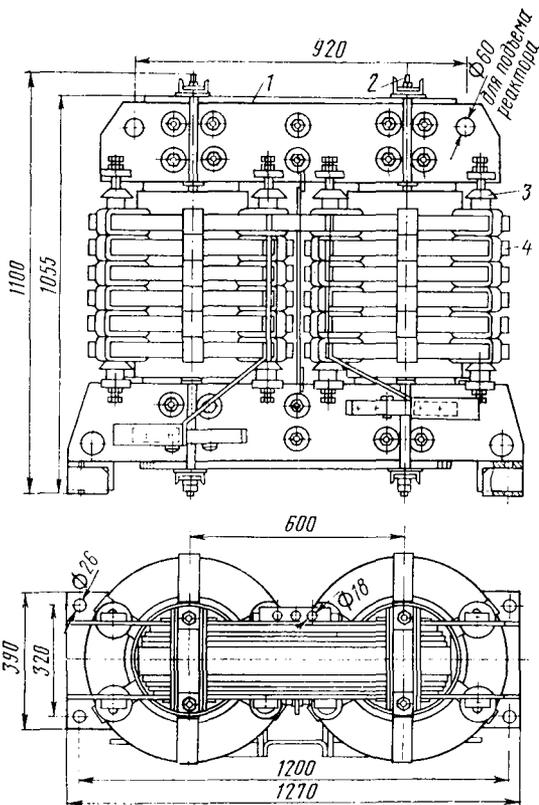


Рис. 133. Сглаживающий реактор РЭД-4000А

сиальным каналам между обмотками реактора, который заключен в специальный цилиндрический кожух из листового алюминия.

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> устанавливают по четыре сглаживающих реактора РС-32 и РС-53. Основные данные реакторов одинаковы.

Начальная индуктивность реакторов составляет 6 мГн, а при номинальном токе часового режима 1850 а индуктивность реакторов уменьшается до 4 мГн; корпусная изоляция рассчитана на напряжение 1500 в; длительный ток реакторов 1700 а; вес реакторов составляет 800 кг.

Реактор РС-32 (рис. 134) устанавливают на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>. Он состоит из сердечника 3 и обмотки 2. Сердечник собран из листов электротехнической стали, покрытых изоляционным лаком. Обмотка состоит из 70 витков, намотанных на ребро из шинной меди.

Между витками обмотки укладывается изоляция из электролита, которая выступает над обмоткой. Обмотка и сердечник с боков зажаты гетинаксовыми боковинами 1 и в осевом направлении стянуты изолированными шпильками из немагнитного материала (дюралюминиевого сплава): четыре по краям и одной по центру. Охла-

разомкнутый магнитопровод.

Стержни магнитопровода по высоте разделены немагнитными прокладками из гетинакса, что обеспечивает меньшее насыщение сердечника при больших токах. Сердечник набирают из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм; листы изолированы друг от друга лаком и собраны в пакеты, стянутые шпильками 2 из немагнитного материала. На сердечнике размещена обмотка 4, выполненная в виде двенадцати спиральных дисковых катушек, которые намотаны из голой шинной меди сечением  $5 \times 50 \text{ мм}^2$  и соединены друг с другом последовательно. Обмотка расположена на изоляторах 3. Охлаждение сглаживающих реакторов воздушное принудительное. Воздух проходит по ак-

ждение реакторов воздушное принудительное, количество охлаждающего воздуха  $95 \text{ м}^3/\text{мин}$ .

На электровозах ВЛ80<sup>г</sup> устанавливают реакторы РС-53. Их отличие от реактора РС-32 заключается в том, что на них применяют направляющие кожуха из стеклопласта для улучшения условий охлаждения.

На электровозах ВЛ82 и ВЛ82<sup>м</sup> устанавливают по четыре сглаживающих реактора РС-33; индуктивность каждого из них 3,5 мГн при номинальном токе 510 а. Корпусная изоляция реактора рассчитана на напряжение 3000 в. Вес реактора 1180 кг. Кроме того, на электровозах ВЛ82 устанавливают сглаживающие реакторы в цепи вспомогательных машин постоянного тока.

На электровозах ЧС4 в цепи тяговых двигателей установлены сглаживающие реакторы 1LCVH-7050 с тремя обмотками, выполненными из алюминиевых шин с изоляцией из стеклоткани класса В. Индуктивность реактора  $3 \times 3$  мГн. Номинальный ток  $3 \times 1150$  а. Напряжение 850 в. Вес реактора 1250 кг. В цепи вспомогательных машин применены реакторы типа А1-СIV 1914/06: один реактор с индуктивностью 4 мГн, другой — 6 мГн, соответственно ток реакторов 150 и 100 а.

Напряжение 188,5 в. Вес обоих реакторов 63 кг. Обмотки реакторов выполнены из алюминиевых шин.

На электровозах с регулированием напряжения на вторичной обмотке трансформатора в цепь ее регулировочной части включают так называемый переходный реактор, назначение которого — ограничивать ток в переключаемых секциях на переходных позициях. На ходовых позициях индуктивное сопротивление реактора практически равно нулю, а на переходных оно довольно велико и ограничивает ток в переключаемой секции трансформатора.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> устанавливают переходные реакторы типа ПРА-2, на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> — ПРА-3 и на электровозах ВЛ80<sup>г</sup> — ПРА-48.

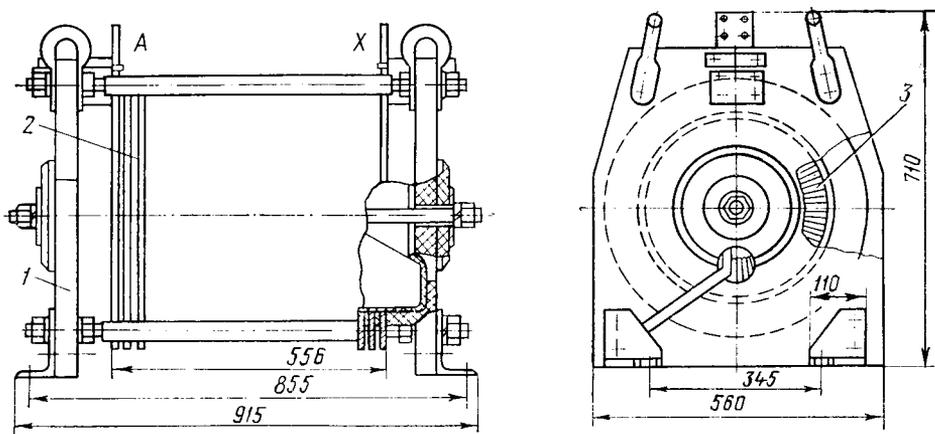


Рис. 134. Сглаживающий реактор РС-32

Основные технические данные переходных реакторов следующие:

Тип реактора . . . . .	ПРА-2	ПРА-3	ПРА-48
Номинальное рабочее напряжение (по отношению к земле) в в . . . . .	3100	1500	1500
Длительный ток одной ветви ( $\theta$ — $a$ или $\theta$ — $x$ ) в а . . . . .	650	1270	1270
Индуктивное сопротивление (обмотки $a$ — $x$ ) в ом . . . . .	0,26	0,12	0,12
Вес в кг . . . . .	550	572	450

Устройство переходных реакторов всех типов (рис. 135) и схема их (рис. 136) одинаковы. Охлаждение реакторов — естественное воздушное.

Переходный реактор (см. рис. 135) состоит из двух частей, каждая из которых работает самостоятельно в одном из плеч трансформатора.

Каждая часть состоит из четырех дисковых катушек 2, намотанных в виде спирали из алюминиевой шины. У реактора ПРА-2 катушку наматывают плашмя в две параллельные шины сечением  $6 \times 60 \text{ мм}^2$  с числом витков 11, а у реактора ПРА-3 — сечением  $8 \times 60 \text{ мм}^2$  с числом витков 8. Витки катушек друг от друга отделены изоляционными прокладками толщиной 8 мм, плотно зажатые между шинами. В радиальном направлении витки скреплены стеклобандажами, в осевом — катушки стянуты изолированными шпильками 3 из алюминиевого сплава. Концевые вводы алюминиевых шин подвергают специальному лужению с целью предохра-

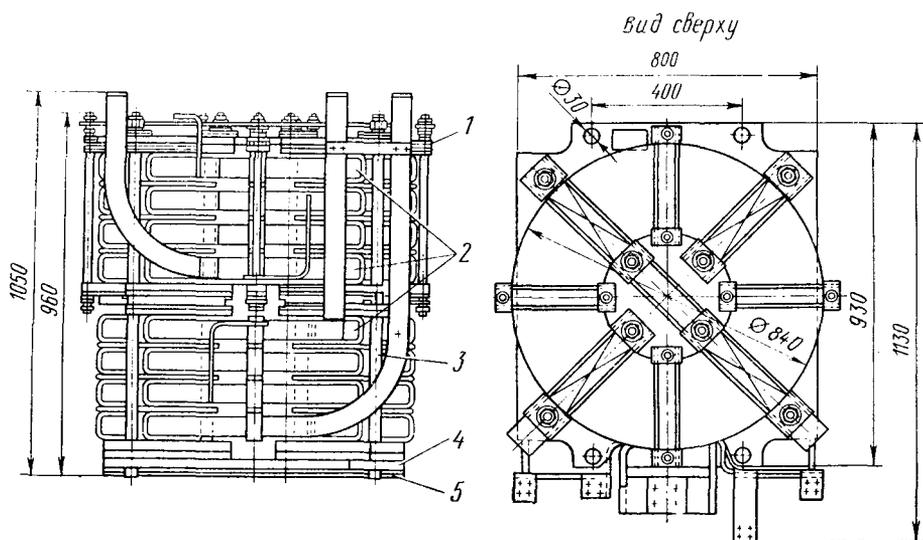


Рис. 135. Переходный реактор ПРА-2

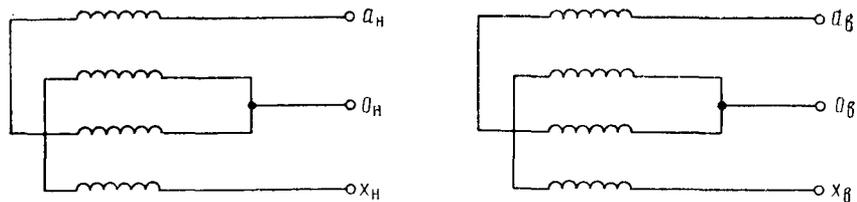


Рис. 136. Принципиальная электрическая схема реактора ПРА-3

нения их от разрушения при работе в электрическом контакте с медью.

Алюминиевые переходные реакторы не имеют стальных сердечников и установлены на основании 4. Сверху и снизу реактора устанавливаются экраны 1 и 5, набранные из листовой электротехнической стали и предназначенные для защиты металлических конструкций, расположенных вблизи реактора, от нагрева магнитными потоками рассеяния.

Устройство переходного реактора ПРА-48 отличается от описанных конструкций выводами и креплением верхней части катушек.

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

**§ 36. Общие сведения  
о преобразовательных установках**

На электроподвижном составе переменного тока, так же как на э. п. с. постоянного тока, устанавливают тяговые двигатели постоянного тока.

В контактной сети железных дорог, электрифицированных на переменном токе, напряжение переменное, синусоидальное, частотой 50 гц, величиной 25 кв. Поэтому на электровозах переменного тока устанавливают оборудование, которое, во-первых, снижает напряжение контактной сети до уровня напряжения тяговых двигателей; во-вторых, преобразует переменный ток в постоянный (пульсирующий) и, в-третьих, как было показано в главе IV, регулирует напряжение от нуля до номинального напряжения тяговых двигателей.

Понижение напряжения осуществляется трансформатором, а преобразование переменного тока в постоянный — выпрямителем. Регулирование величины напряжения на всех электровозах, как правило, осуществляется переключением секций обмоток трансформатора. При наличии в выпрямителях управляемых вентилях регулировать напряжение двигателей можно теми же выпрямителями, которые преобразуют переменный ток в постоянный. Другими словами, выпрямители с управляемыми вентилями выполняют две функции: выпрямляют ток и регулируют величину напряжения, причем регулирование напряжения преобразователями производится плавно и не сопровождается возникновением дуги.

В последнее время с применением управляемых полупроводниковых вентилях все более широкое распространение получают импульсные преобразователи, которые используются на электроподвижном составе как переменного, так и постоянного тока. Импульсными преобразователями обеспечивается рекуперация энергии, а также плавное регулирование режимов тяги и рекуперации.

Основным элементом всех преобразователей является вентиль — прибор, который допускает протекание тока только в одном направлении. В качестве вентилях на электровозах первых выпусков использовали игнитроны, а в настоящее время — полупроводниковые кремниевые вентиля как управляемые, так и неуправляемые.

В преобразователях, которые предназначены только для выпрямления тока (без регулирования и инвертирования), используют неуправляемые вентиля, т. е. такие, которые начинают сразу прово-

доть ток, как только к ним прикладывается напряжение, действующее в проводящем направлении.

В преобразователях, которые предназначены не только для выпрямления тока, но для регулирования напряжения и инвертирования, а также в импульсных преобразователях используют управляемые вентили. К управляемым вентилям относятся игнитроны (ртутные вентили) и тиристоры (полупроводниковые). Они, как и неуправляемые, пропускают ток только в одном направлении. Но для того чтобы управляемый вентиль начал работать, или, как говорят, открылся, помимо напряжения в проводящем направлении, необходимо еще подать отпирающий импульс на его управляющий электрод.

Игнитроны обладают рядом серьезных недостатков, из которых, главные: сложность обслуживания, связанная с жидкостным охлаждением и необходимостью поддержания температуры в узком диапазоне, малый срок службы, низкий к. п. д. и др.

Полупроводниковые кремниевые вентили по сравнению с ртутными имеют ряд значительных преимуществ: высокую надежность, простоту устройства, удобство обслуживания, долговечность, небольшие габариты и более высокий к. п. д.

Освоение промышленностью производства кремниевых выпрямителей, в том числе и управляемых, позволило полностью отказаться от применения ртутных выпрямителей на электровозах.

### § 37. Полупроводниковые кремниевые вентили

#### Тип и параметры полупроводниковых неуправляемых вентиляей.

На отечественных электровозах переменного тока установлены вентили следующих типов: ВКД-200, ВКДЛ-200 и ВЛ-200. Буквы обозначают: В — вентиль; К — кремниевый; Д — диффузионная технология изготовления *p-n*-перехода; Л — лавинный. Цифра 200 означает, что эти вентили рассчитаны на номинальный ток (среднее значение) 200 а. Такой ток допустим при условии, что вентиль посажен на семереберный радиатор и радиатор обдувается воздухом с температурой не более  $+40^{\circ}\text{C}$  и со скоростью не менее 12 м/сек. В других условиях допустимая нагрузка уменьшается.

Каждый вентиль характеризуют классом. Класс показывает, на какое обратное напряжение рассчитан вентиль. Например, вентиль 6-го класса имеет номинальное напряжение 600 в и может длительно и надежно работать с обратным напряжением 600 в, вентиль 7-го класса — с напряжением 700 в, вентиль 8-го класса — с напряжением 800 в и т. д. Класс вентиля определяют на заводе-изготовителе по напряжению загиба обратной ветви вольт-амперной характеристики.

Для обычных вентиляей напряжение загиба делят на два и отбрасывают две последние цифры. Оставшаяся цифра (или две) показывает класс вентиля. Для лавинных вентиляей напряжение загиба делят на 1,2 и отбрасывают также две последние цифры.

Например, класс лавинного вентиля, имеющего напряжение загиба 1420 в, определяют так:  $1420 \text{ в} : 1,2 = 1183 \text{ в}$ . Отбрасывая две последние цифры, получаем 11-й класс.

Обычный нелавинный вентиль с тем же напряжением загиба имеет меньший класс:  $1420 : 2 = 710 \text{ в}$ , т. е. только 7-й класс.

Поскольку вентили в выпрямительной установке рассчитаны на номинальное напряжение (меньшее напряжения загиба вольт-амперной характеристики), то вентили допускают превышение номинального напряжения. Допустимое превышение характеризуется повторяющимся и неповторяющимся напряжениями, которые не должны превышать соответственно 0,75 и 0,83 напряжения загиба обратной ветви вольт-амперной характеристики.

Каждый вентиль характеризуют прямым падением напряжения  $\Delta U$ , т. е. средним падением напряжения на вентиле при протекании через него однополупериодного (прерывистого) синусоидального тока 200 а (номинальное значение).

Величину  $\Delta U$  измеряют на заводе и проставляют на самом вентиле и в его паспорте.

При изменениях тока, протекающего через вентиль, как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения величина  $\Delta U$  изменяется незначительно. Для данного вентиля падение напряжения — величина практически постоянная, мало зависящая от тока. Это следует и из вольт-амперной характеристики вентиля: прямая ветвь идет вверх почти параллельно вертикальной оси.

Мощность потерь энергии в вентиле определяется произведением тока и величины  $\Delta U$ . При одинаковом токе потери энергии больше в том вентиле, который имеет большее падение напряжения. Существенное значение имеет комплектация выпрямительных установок вентилями по величине  $\Delta U$ . При правильной комплектации ток равномерно распределяется по параллельно включенным ветвям плеча выпрямителя.

Лавинные вентили характеризуют еще напряжением стабилизации  $U_{20}$  или  $U_{30}$ . Оно представляет собой амплитуду импульса обратного напряжения, при котором через лавинный вентиль протекает импульс тока с амплитудой 20 или 30 а. Напряжение стабилизации также замеряют на заводе-изготовителе и проставляют на вентиле.

Все выпрямительные установки электровозов комплектуются вентилями с номинальным током 200 а. На первых электровозах ставили вентили 4-го класса, а затем, с усовершенствованием производства, стали устанавливать вентили более высоких классов — не ниже 8-го с падением напряжения 0,52—0,58 в.

Можно предполагать, что в ближайшие годы на локомотивах начнут применять вентили с более высокими параметрами, что позволит существенно уменьшить количество их, упростить выпрямительные установки, повысить их надежность и уменьшить в них потери энергии.

**Тиристоры.** В выпрямительной установке возбуждения тяговых двигателей электровоза ВЛ80<sup>т</sup>, а также на опытных электровозах

с плавным регулированием напряжения с рекуперацией энергии, с вентильными двигателями, с асинхронными двигателями и регулированием частоты используют управляемые полупроводниковые вентили — тиристоры.

Для характеристики тиристоров введены те же параметры, что и для диодов (класс, определяемый величиной обратного напряжения, длительный ток) и дополнительные параметры, характеризующие его управляющую способность. К последним относится напряжение переключения (наибольшее прямое напряжение, которое выдерживает тиристор в запертом состоянии). Класс тиристора устанавливают по меньшему из двух напряжений: напряжения переключения и обратного напряжения. Поскольку обычно первое меньше, класс тиристора определяется, как правило, по напряжению переключения.

На электровозах ВЛ80Г и на перечисленных выше опытных электровозах применены тиристоры Т и ТЛ на 150—200 а 8—10-го классов. Вид, габариты и установочные размеры их такие же, как и у неуправляемых полупроводниковых вентилях. В последнее время созданы таблеточные тиристоры (рис. 137) с повышенными параметрами. Нижнее 1 и верхнее 3 основания тиристора, изолированные одно от другого изолятором 2, являются его электродами, к ним подводится силовая цепь. Наконечник 4 управляющего электрода подсоединяется к системе управления. Таблеточные тиристоры выполняют с прижимными контактами.

Исключение слоя спая из конструкции вентиля, который подвержен наиболее быстрому старению по сравнению с другими элементами, должно заметно увеличить срок службы таких тиристоров.

Таблеточные тиристоры (рис. 138, б и в) не ввинчиваются в радиаторы, как корпусные вентили (рис. 138, а), а прижимаются к ним с определенным усилием, которое контролируется специальным инструментом.

**Повреждения вентилях в эксплуатации.** Хотя полупроводниковые вентили значительно надежнее ртутных, все же и они выходят из строя.

Характерными повреждениями вентилях в эксплуатации являются: пробой вентиля, увеличение обратного тока или

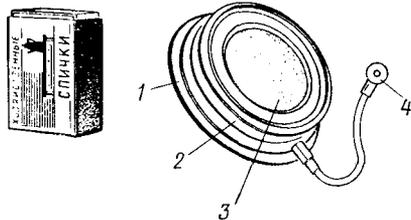


Рис. 137. Таблеточный тиристор на 300 а

Исключение слоя спая из конструкции вентиля, который подвержен наиболее быстрому старению по сравнению с другими элементами, должно заметно увеличить срок службы таких тиристоров.

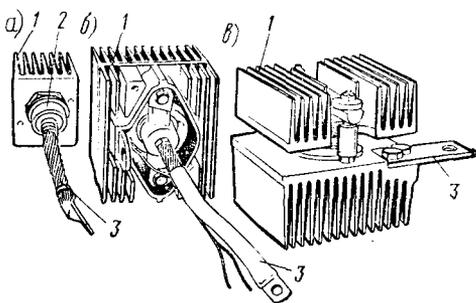


Рис. 138. Неуправляемый вентиль (а) и таблеточные тиристоры Т300 (б) и Т500 (в) в сборе:

1 — радиатор; 2 — вентиль или тиристор; 3 — вывод

понижение обратного сопротивления, обрыв электрической цепи внутри вентиля, потеря герметичности, механические повреждения.

Рассмотрим подробнее каждый вид повреждения. *Под пробоем вентиля подразумевается полная потеря вентиляльных свойств*: пробитый вентиль имеет очень малое обратное сопротивление (близкое к нулю), ток через пробитый вентиль может проходить как в прямом, так и в обратном направлении.

Пробой вентиля может быть вызван различными причинами. Большой обратный ток (при напряжениях, превосходящих напряжение лавинообразования) может привести к тепловому пробое. При вскрытии вентиля после теплового пробоя, как правило, обнаруживается в кремниевой пластинке сквозное круглое отверстие диаметром 0,2—0,5 мм. Его видно даже невооруженным глазом при «просмотре на свет». Такое отверстие образуется в «слабом» месте *p-n*-перехода в результате местного расплавления кремния под действием обратного тока.

Причиной потери вентиляльных свойств может быть также перекрытие по боковой поверхности кремниевой пластинки в месте, которое оказалось слабо защищенным, а также не обнаруженный во время изготовления дефект пластинки с *p-n*-переходом. Были случаи, когда при вскрытии пробитых вентилях обнаруживали трещины в пластинке: перекрытие по незащищенной поверхности трещины приводило к пробое вентиля. Или, например, в пробитых вентилях поверхность пластинки с *p-n*-переходом имела определенной формы вкрапления, которые на заводах-изготовителях оставались незамеченными и не проявлялись даже в начальный период эксплуатации.

Следует отметить, что сам *p-n*-переход не стареет ни с течением времени, ни под воздействием тока.

Как показывают наблюдения, вольт-амперная характеристика вентиля не изменяется.

Для обнаружения пробитых вентилях на электровозах устанавливают специальную защиту, которая в случаях пробоя хотя бы одного вентиля выпрямительной установки дает сигнал об этом машинисту, а на высоких позициях (выше 25-й), кроме того, отключает главный выключатель. Выпрямительная установка рассчитана так, что в случае повреждения одного вентиля она полностью сохраняет работоспособность. Машинист может спокойно вести поезд до депо или пункта оборота. В депо необходимо отыскать пробитый вентиль и заменить его на исправный. При отыскании пробитого вентиля следует пользоваться прибором, работающим от напряжения не ниже 50 в. Применять для отыскания пробитых вентилях или проверки исправности вентилях тестер недопустимо: напряжения тестера (равно 1—2 в) недостаточно для того, чтобы надежно обнаружить пробитые вентили.

Если в плече имеются хотя бы два необнаруженных пробитых вентиля, это может привести к *сквозному пробое плеча* — к тяжелому аварийному режиму.

В эксплуатации иногда срабатывает защита от пробоя вентиля, но пробитые вентили не обнаруживаются. Причиной срабатывания защиты в таких случаях является *увеличение обратного тока вентиля*, или, другими словами, уменьшение его обратного сопротивления. Обратный ток у подавляющего большинства вентилях при номинальном обратном напряжении меньше 1 ма и часто измеряется микроамперами. По действующим техническим условиям обратный ток нагретого до  $140^{\circ}\text{C}$  вентиля при номинальном напряжении не должен превышать 3 ма для нового вентиля и 10 ма для вентиля, находящегося в эксплуатации. Следует помнить, что при комнатной температуре обратный ток в несколько раз меньше, чем при температуре  $+140^{\circ}$ , для которой установлена норма. Вентиль с увеличенным обратным током следует заменить как негодный, хотя он и не потерял своих вентиляных качеств. Отыскать такой вентиль несколько сложнее, чем пробитый.

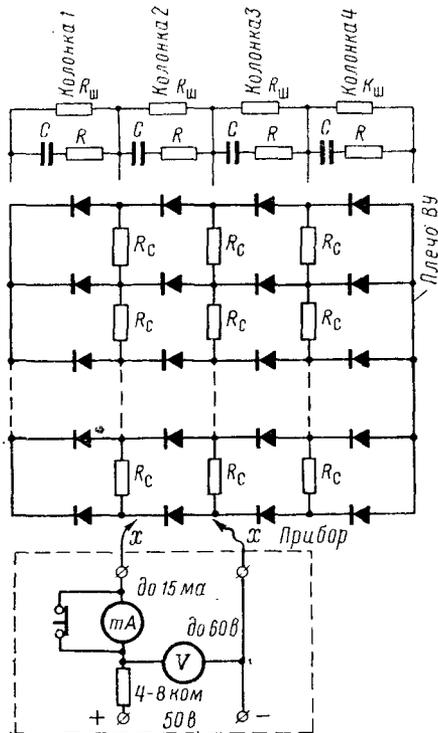


Рис. 139. Принципиальная схема проверки вентилях плеча от напряжения 50 в

Имеется довольно много различных приборов для проверки вентилях (они же служат для отыскания неисправных вентилях). Рассмотрим один из возможных способов обнаружения пробитых вентилях и вентилях с увеличенным обратным током. Для проверки вентилях без съема с выпрямительной установки нужно отсоединить от нее провода вспомогательных элементов и защиты. Затем концы  $x-x$  прибора подключать поочередно к каждой колонке вентилях (рис. 139). Если ток по миллиамперметру меньше 1—2 ма, то все вентилях проверяемой колонки можно считать исправными. Если же в какой-либо колонке ток больше 2—3 ма, то следует отыскать вентиль с повышенным обратным током. Для этого нужно колонку вентилях разделить сначала пополам (снять резистор связи  $R_c$ ) и замерить обратный ток в обеих частях колонки. Затем часть колонки с большим током разделить еще раз пополам и опять замерить токи — и так до отыскания неисправного вентилях. Неисправный вентиль нужно снять и проверить на стенде выпрямительного цеха депо.

Задача отыскания вентилях с увеличенным обратным током может оказаться сложной, если на электровозах имеются *вентили с нестабильной обратной вольт-амперной характеристикой* — временами

в каких-то условиях у вентиляей резко увеличивался обратный ток, а затем он уменьшался до нормальной величины. Такие вентили подлежат замене, несмотря на то что они при проверке через некоторое время оказываются по всем показателям исправными. Причинами нестабильности характеристик может быть потеря герметичности вентиляей и отклонение в технологии обработки и защиты боковой поверхности кремниевой пластинки.

Более редкий вид повреждения — это *обрыв внутренней электрической цепи вентиля*. Вентиль не пропускает ток ни в прямом, ни в обратном направлении. Как показывают вскрытия таких вентиляей, цепь нарушается, как правило, по спаю нижней вольфрамовой (или молибденовой) пластинки с корпусом. Если сам кремниевый *p-n*-переход не стареет, как, например, не стареют провода от протекания через них тока, то срок службы — долговечность вентиля — определяется долговечностью его вспомогательных элементов, в частности слоя спая выпрямительного элемента с корпусом. Старение слоя спая объясняется тем, что при нагревании вольфрамовая пластинка и медный корпус расширяются неодинаково и этот слой подвергается механическим и тепловым воздействиям. Чем чаще производят набор и сброс позиций на электровозе, тем интенсивнее может идти старение слоя спая. Вот почему на электропоездах, где наборов и сбросов во много раз больше, чем на электровозах, количество случаев обрыва цепи вентиля больше.

Обрыв цепи в вентиле остается незамеченным машинистом и не обнаруживается в депо, если не производят специальной проверки вентиляей на обрыв. Для такой проверки либо применяют тестер (отсоединив предварительно резистор связи), либо, не отсоединяя резистор связи, пропускают через плечо ток низшего (регулируемого) напряжения, и в ветви, где нет тока, находят вентиль с обрывом цепи. Недопустимо оставлять в работе вентиля с видимыми наружными механическими повреждениями. Сорванная резьба корпуса вентиля не обеспечивает плотного прилегания его к радиатору, что в конечном итоге приводит к перегреву вентиля и выходу его из строя. Вмятина на корпусе вызывает опасения за целостность самого выпрямительного элемента, и, кроме того, дает основание предполагать нарушение герметичности вентиля.

### **§ 38. Преобразовательные установки с полупроводниковыми вентилями**

На электровозах с полупроводниковыми вентилями преобразователи включены по мостовой схеме. В мостовой схеме четыре плеча, которые работают попарно и поочередно: в один полупериод — одна пара плеч, в следующий — другая.

Полупроводниковая выпрямительная установка представляет собой шкаф, чаще прямоугольной, реже цилиндрической формы, в котором смонтированы полупроводниковые вентили четырех плеч со вспомогательными устройствами (выравнивающие и защитные

устройства). На электровозах переменного тока каждая выпрямительная установка обеспечивает питание двух (электровозы ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup>) или трех (электровозы ВЛ60<sup>к</sup>, ЧС4) тяговых двигателей. Основные параметры плеч преобразовательной установки — обратное напряжение и ток — определяются выпрямленным напряжением и наибольшим рабочим током тяговых двигателей.

Чтобы обеспечить необходимое для тяговых двигателей напряжение, вентили в плечах приходится соединять последовательно, а для того, чтобы обеспечить необходимый ток, вентили, а точнее, — ветви с последовательно включенными вентилями соединяют параллельно. Таким образом, каждое плечо полупроводниковой выпрямительной установки представляет собой несколько параллельно соединенных ветвей вентиляй (рис. 140). Количество последовательно соединенных вентиляй рассчитывают по максимально возможному обратному напряжению, которое может быть при наибольшем напряжении в контактной сети (29 кв) и наивысшей ступени (33-й) регулирования. К расчетному количеству дополнительно прибавляют еще один вентиль с целью повышения надежности. При таком выборе в случае пробоя одного вентиля плечо и соответственно выпрямительная установка остаются работоспособными и не снижаются тяговые возможности локомотива.

Если бы обратные ветви вольт-амперных характеристик всех последовательно соединенных вентиляй были одинаковыми, то обратное напряжение делилось бы поровну между вентилями. Но вентили имеют неодинаковые характеристики и обратное напряжение распределяется неравномерно — пропорционально обратному сопротивлению каждого вентиля. На вентиль с большим обратным сопротивлением приходится наибольшая доля полного обратного напряжения и соответственно на вентили с малым обратным сопротивлением — меньшая доля. Так как обратные сопротивления вентиляй могут отличаться одно от другого в сотни и тысячи раз, то обратное напряжение (если нет специальных устройств) распределяется неравномерно по последовательно соединенным вентилям.

Как показали исследования, для лавинных вентиляй нет необходимости обеспечивать равномерное распределение обратного напряжения. А для обычных (нелавинных) вентиляй равномерность распределения напряжения имеет большое значение.

Для равномерного распределения обратного напряжения по последовательно соединенным вентилям ветви каждый вентиль шунтируют резистором  $R_{ш}$  (рис. 141). Сопротивления всех резисторов  $R_{ш}$  одинаковы и примерно одинаковы протекающие через них токи, что обуславливает одинаковое падение напряжения на каждом резисторе и, следовательно, одинаковые напряжения на каждом вентиле.

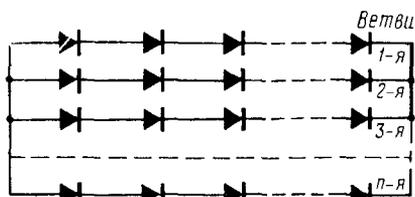


Рис. 140. Схема плеча выпрямительной установки

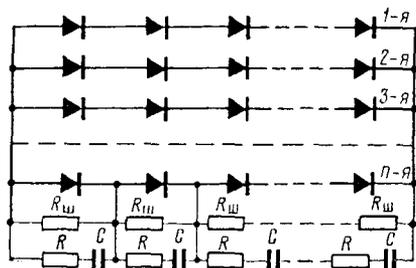


Рис. 141. Схема плеча выпрямительной установки с резисторами  $R_{ш}$  и цепочками  $RC$

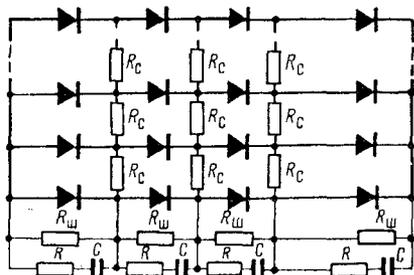


Рис. 142. Схема плеча выпрямительной установки с резисторами  $R_{ш}$ ,  $R_c$  и цепочками  $RC$

В случае обрыва цепи одного из резисторов  $R_{ш}$  обратное напряжение на вентиле, включенном параллельно с ним, резко возрастет, и вентиль может выйти из строя. В связи с этим в случае обнаружения в выпрямительной установке пробитого вентиля следует обязательно проверить исправность вспомогательных элементов, в том числе целостность резисторов  $R_{ш}$ , ибо причиной пробоя может быть не только дефект самого вентиля или перенапряжения в схеме, но и неисправность вспомогательных элементов.

К вспомогательным элементам выпрямительных установок, помимо резисторов  $R_{ш}$ , относятся так называемые цепочки  $RC$ . Известно, что вентили работают в прерывистом режиме. В каждом периоде есть рабочая (токопроводящая) и нерабочая части. В момент прекращения протекания тока к вентилю прикладывается обратное напряжение, под действием которого в течение очень короткого промежутка времени, измеряемого микросекундами, протекает обратный ток. В момент прекращения протекания этого тока возникает кратковременное перенапряжение, называемое коммутационным. Такие перенапряжения для нелавинных вентилях представляют опасность. Они появляются 50 раз в секунду, и их параметры (величина и продолжительность), зависящие от многих факторов, могут меняться в широких пределах. Для защиты от коммутационных перенапряжений к вентилям подключают цепочки  $RC$ . Сопротивление  $R$  обычно выбирают в пределах 5—20 ом, а емкость — 2—10 мкф.

Таким образом, чтобы обеспечить надежную работу последовательно соединенных нелавинных вентилях, необходимо каждый вентиль шунтировать резистором  $R_{ш}$  и цепочкой  $RC$ . Однако если во всех параллельных ветвях для каждого вентиля устанавливать вспомогательные элементы, то выпрямительная установка получится очень громоздкой, дорогой, малонадежной и неудобной для обслуживания. Чтобы сократить количество вспомогательных элементов, можно резисторы  $R_{ш}$  и цепочки  $RC$  одной ветви использовать для вентилях остальных параллельных ветвей, установив поперечные соединения в виде малоомных резисторов связи  $R_c$  (рис. 142). Такие

резисторы связи как бы распространяют выравнивающее действие резисторов  $R_{ш}$  и защитные действия цепочек  $RC$  на всю колонку вентилях. В то же время резисторы связи не вносят нарушений в распределение прямого тока, ибо их сопротивление (0,5—2 ом) в сотни раз больше прямого сопротивления самих вентилях, т. е. практически  $R_c$  не участвуют в распределении тока.

Количество необходимых параллельных ветвей вентилях в плече определяют по наибольшему (пусковому) току тяговых двигателей. За расчетный ток тяговых двигателей принимают ток уставки реле перегрузки с учетом неравномерного распределения тока по параллельным ветвям. Ток в наиболее нагруженной ветви не должен превышать допустимый ток вентиля (200 а).

Вентили в прямом проводящем направлении имеют очень маленькое сопротивление. Поэтому даже при небольшой разнице в сопротивлениях двух параллельно работающих вентилях (или ветвей) распределение тока было бы неравномерным. Понятно, что практически невозможно подобрать вентили с одинаковыми характеристиками, в том числе и с одинаковыми прямыми сопротивлениями, о которых можно судить по величине падения напряжения  $\Delta U$ . Чем больше  $\Delta U$  у вентиля, тем больше его сопротивление, так как  $\Delta U$  измеряют на всех вентилях при одинаковом токе 200 а. Для обеспечения более или менее равномерного распределения прямого тока по параллельным ветвям (разница токов не должна превышать 10—20% среднего тока ветви) вентили подбирают по величине прямого падения напряжения  $\Delta U$  так, чтобы сумма  $\Delta U$  для вентилях каждой параллельной ветви была у всех ветвей одинаковой. Этого требования следует придерживаться и при замене в депо неисправного вентиля.

Иногда неправильно считают, что резисторы связи способствуют более равномерному распределению тока по вентилях. Это не так. Через резисторы связи протекают токи, значительно меньшие 1а. Столь малые токи (по сравнению с 200 а) никакого выравнивания практически не производят.

Для выпрямительных установок с лавинными вентилями благодаря высокой их надежности защиты от пробоя вентилях не требуется, а на выпрямительных установках с обычными вентилями такая защита установлена.

Так как пробой вентиля случается редко, то выявить пробитый вентиль можно, периодически проверяя все вентили, причем с такой периодичностью, чтобы наверняка исключалась возможность появления двух пробитых вентилях в плече. Кроме того, можно установить постоянный автоматический контроль за исправностью вентилях, который не совсем правильно называется защитой от пробоя вентилях. При этом появляется необходимость систематического и тщательного контроля исправности самой защиты, ибо в противном случае, а также при отсутствии соответствующей проверки вентилях создаются благоприятные условия для накопления неисправных вентилях.

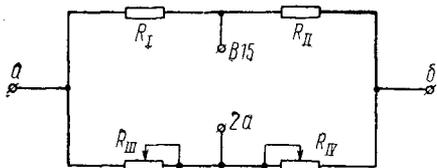


Рис. 143. Уравновешенный мост сопротивлений

Рассмотрим устройство защиты от пробоя вентиляей. Если к зажимам  $a$  и  $b$  (рис. 143) подвести напряжение и сопротивления выбрать так, чтобы

$$R_I : R_{II} = R_{III} : R_{IV},$$

то такой мост будет уравновешен. Напряжение между точками  $B15$  и  $2a$  будет равно нулю независимо от приложенного к точкам  $a$  и  $b$  напряжения. Напряжение между точками  $B15$  и  $2a$  появится только в том случае, если изменятся сопротивления, т. е. если нарушится установленный баланс.

При пробое вентиля его обратное сопротивление резко уменьшается — это и используют в защите от пробоя вентиляей. В один полупериод в плече выпрямительной установки есть рабочий ток, а в другой — тока нет и к плечу приложено полное обратное напряжение. В рабочий полупериод напряжение на элементах плеча невелико (примерно 1 в) и защита от пробоя вентиляей бездействует. В нерабочий полупериод к плечу приложено обратное напряжение, которое и используется для контроля исправности вентиляей. Величина обратного напряжения зависит от степени регулирования и на высших позициях может достигать нескольких тысяч вольт. Таким образом, в 1 сек вентиля 50 раз подвергаются контролю — каждый раз в нерабочий полупериод, когда к ним приложено обратное напряжение.

Плечо выпрямительной установки разбито на несколько частей. В каждой части суммарное обратное сопротивление исправных вентиляей уравновешено сопротивлениями регулируемых резисторов. Уменьшение обратного сопротивления при пробое вентиля нарушает баланс сопротивлений и приводит к появлению напряжения в мосте. На этом принципе выполнена защита выпрямительных установок электровозов.

Рассмотрим подробнее устройство защиты применительно к электровозу ВЛ60<sup>к</sup>. Плечо выпрямительной установки этого электровоза состоит из десяти параллельных ветвей, в каждой из которых по восемь последовательно соединенных вентиляей ВКД-200 7-го класса. (На первых электровозах ВЛ60<sup>к</sup> — по 14 вентиляей 4-го класса).

Для контроля исправности вентиляей плечо разбито на две части (по четыре последовательно включенных вентиляей), а каждая часть — еще на две неравные части — с одним и тремя последовательно включенными вентиляями (рис. 144). Таким образом, плечо разбито на четыре части по схеме  $3 + 1 + 1 + 3$ , в каждой из которых по 10 параллельных ветвей. (На первых электровозах ВЛ60<sup>к</sup> плечо выпрямительной установки разбито также на четыре части, но по схеме  $5 + 2 + 2 + 5$ , в каждой из которых также по 10 параллельных ветвей.)

Обратное сопротивление вентиляей каждой такой части в защите использовано как плечо уравновешенного моста. Так, сопро-

тивления первой и второй частей (обведенные на рис. 144 штриховой линией), обозначенные  $R_I$  и  $R_{II}$ , уравновешены омическими сопротивлениями  $R_{III}$  (состоит из  $1R1$  и  $1R2$ ) и  $R_{IV}$  (состоит из  $1R3$  и  $1R4$ ). В нерабочий полупериод под действием обратного напряжения через вентили и сопротивления протекают небольшие обратные токи.

Регулируя резисторы  $1R1$  и  $1R4$ , мост уравновешивают так, чтобы при всех исправных вентилях напряжение между точками  $B15$  и  $2a$  было близко нулю. В случае пробоя какого-либо вентиля в части  $R_I$  или  $R_{II}$  равновесие моста сопротивлений  $R_I$ ,  $R_{II}$ ,  $R_{III}$  и  $R_{IV}$  нарушится и между точками  $B15$  и  $2a$ , к которым подключен трансформатор  $Tr1$  с мостом, появится напряжение. Этот сигнал усиливается магнитными усилителями  $TUM1$  (или  $TUM2$ ) и поступает на промежуточное реле  $РПВ1$  (или  $РПВ2$ ). Реле отключает главный выключатель электровоза (если электровоз работал на высокой ступени регулирования), и замыкает цепь красной сигнальной лампы  $ВУ1$ .

Каждая выпрямительная установка электровоза (по схеме — один мост) имеет восемь датчиков сигнала, два магнитных усилителя и два реле, каждое со своим блинкером. Катушка реле  $РПВ1$  получает питание через обмотку магнитного усилителя  $TUM1$ . При всех исправных вентилях магнитопровод усилителя находится в состоянии насыщения, поэтому индуктивное сопротивление обмоток усилителя, через которые получают питание реле  $РПВ1$  и  $РПВ2$ , невелико. Реле возбуждены, и через их замыкающие контакты получает питание удерживающая катушка главного выключателя, а их размыкающими контактами разомкнута цепь красной сигнальной лампы  $ВУ1$  ( $ВУ2$ ) и цепь блинкеров  $БС1$  и  $БС2$ . Магнитный усилитель настроен так, что достаточно подать на него даже слабый сигнал, поступающий при пробое вентиля, как его сердечник становится ненасыщенным, индуктивное сопротивление обмотки усилителя увеличивается, ток катушки реле  $РПВ1$  резко уменьшается и его якорь отпадает. Контакты реле разрывают цепь удерживающей катушки

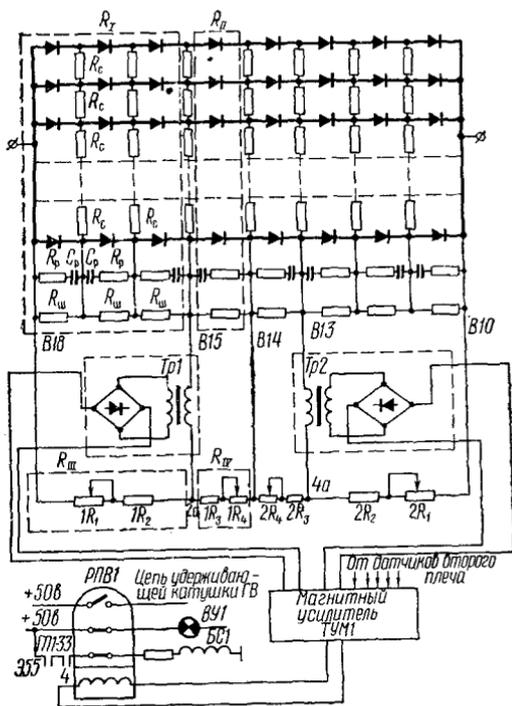


Рис. 144. Схема защиты от пробоя вентилях на электровозе ВЛ60<sup>к</sup>

(выключатель отключается), замыкают цепь красной сигнальной лампы ВУ1 (сигнализация уведомляет машиниста о причине, по которой произошло отключение главного выключателя) и замыкают цепь блинкера БС, по которому можно установить, в какой паре плеч выпрямительной установки появился пробитый вентиль.

Если во время срабатывания защиты кулачковый вал контроллера ЭКГ-8 находился на позиции не выше 25-й, то благодаря замкнутому контакту ГПО ÷ 25 отключения ГВ не произойдет, так как удерживающая катушка будет получать питание через этот контакт даже при разомкнутых контактах РПВ1 и РПВ2 (см. рис. 293).

Защита должна срабатывать также при наличии двух-трех пробитых вентилях в плече.

Аналогично устройство защиты от пробоя вентилях электровоза ВЛ80<sup>к</sup>.

Кремниевые вентили имеют неодинаковые вольт-амперные характеристики: у одних обратное сопротивление больше, у других меньше. Кроме того, с изменением нагрузки и соответственно температуры изменяются вольт-амперные характеристики, причем у разных вентилях интенсивность и характер изменений их различны. Поэтому настройку защиты следует проверять систематически и, кроме того, каждый раз после замены даже одного вентиля.

Защита должна надежно срабатывать при закорачивании одного или нескольких вентилях в любой комбинации, даже при пониженном напряжении в контактной сети. Одновременно нельзя допускать ложных срабатываний защиты, т. е. срабатываний при исправных вентилях из-за большого расхождения обратных токов. Последнее проверяют на высоких ступенях регулирования.

Наличие защиты от пробоя не исключает необходимости регулярной проверки всех вентилях специальным пробником, работающим от напряжения постоянного тока не ниже 50 в. Пользуясь таким же пробником, находят поврежденный вентиль, о наличии которого сигнализирует защита.

На отечественных электровозах теперь устанавливают выпрямительные установки только с лавинными вентилями и без вспомогательных элементов и без защиты от пробоя вентилях. Лавинные вентили способны надежно работать при напряжениях, близких к напряжению загиба обратных вольт-амперных характеристик. Поэтому оказалось возможным отказаться от принудительного распределения обратного напряжения по последовательно соединенным лавинным вентилям с помощью резисторов  $R_{ш}$ . Сначала на опытных, а затем на всех электровозах резисторы  $R_{ш}$  были отключены. Благодаря равномерному распределению обратного тока по площади  $p$ - $n$ -перехода лавинные вентили безболезненно переносят коммутационные перенапряжения, возникающие в конце токопроводящей части периода. Поэтому отпала необходимость в защите их от таких перенапряжений, т. е. в цепочках  $RC$ , которые также были сняты.

Наконец, высокая надежность лавинных вентилях, значительно меньшая интенсивность отказов их по пробую позволили отказаться и от защиты вентилях от пробоя. Правда, пришлось ввести обяза-

тельную проверку всех вентилях на пробой на каждом плановом ремонте, а в первое время — и на профилактических осмотрах. Благодаря снятию с электровоза защиты от пробоя, требующей большого внимания со стороны высококвалифицированного персонала, объем работ по содержанию и ремонту выпрямительных установок сократился.

Рассмотрим некоторые конструктивные особенности полупроводниковых выпрямительных установок. Каждая пара — вентиль со своим радиатором — должна быть изолирована от соседних пар. Поэтому радиаторы крепят в установке на изоляционных шпильках и между ними прокладывают изоляционные пластины. Вентили с радиаторами в установке размещаются так, чтобы радиаторы находились в потоке охлаждающего воздуха, а вентили — снаружи, за сетчатым ограждением.

На рис. 145 показана выпрямительная установка электровоза ВЛ80<sup>к</sup>, имеющая следующие технические данные:

Номинальный выпрямленный ток . . . . .	3200 а
Номинальное выпрямленное напряжение . . . . .	1350 в
Номинальное напряжение, на котором выполнена изоляция относительно корпуса . . . . .	1500 »
Продолжительность перегрузки током 80 ка не более . . . . .	0,02 сек
Обратное напряжение плеча:	
длительное . . . . .	2400 в
кратковременно допустимое . . . . .	5500 »
К. п. д. не менее . . . . .	98%
Вес не более . . . . .	750 кг

Выпрямительная установка имеет четыре плеча, каждое из которых состоит из 12 параллельных ветвей с четырьмя последовательно включенными лавинными вентилями 3. Одно плечо распо-

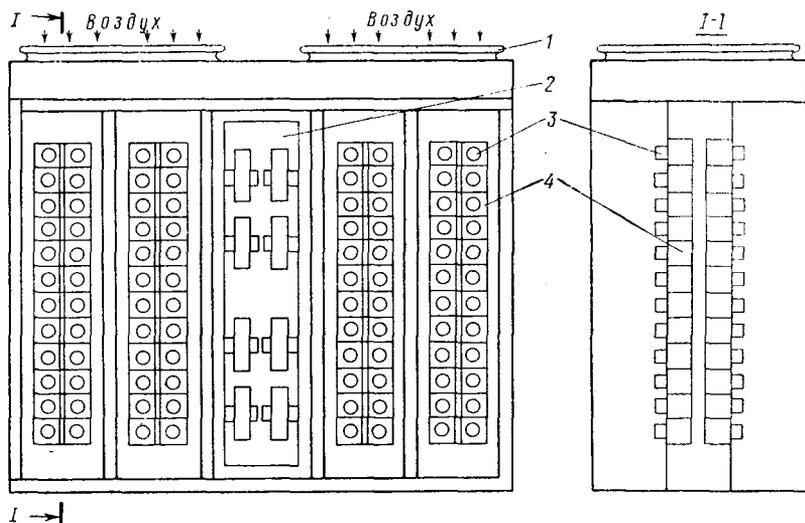


Рис. 145. Выпрямительная установка электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

ложено слева, второе — справа и остальные два — с задней стороны установки. Между двумя плечами размещена панель 2 со вспомогательными элементами. Сверху выпрямительная установка имеет воздухохорборник с двумя патрубками 1 для присоединения к системе вентиляции. Предусмотрен обдув только радиаторов 4, помещаемых внутри установки. Корпуса вентиляей охлаждаются со стороны гибкого вывода естественной циркуляцией воздуха. Выпрямительная установка рассчитана на питание двух тяговых двигателей, поэтому на восьмиосном электровозе смонтированы четыре такие установки.

Аналогичную конструкцию имеют выпрямительные установки электровозов ВЛ60<sup>к</sup>, ЧС4 и др.

Выпрямительные установки возбуждения тяговых двигателей (работают при реостатном торможении электровоза) менее мощные, чем рассмотренные тяговые установки; они собраны на тиристорах и имеют вспомогательное оборудование для управления тиристорами (см. главу 10).

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

### § 39. Общие сведения

На электровозах переменного тока применяют следующие вспомогательные машины:

мотор-компрессоры, обеспечивающие сжатым воздухом пневматические системы электровоза и тормоза поезда;

мотор-вентиляторы, создающие потоки воздуха для охлаждения тяговых двигателей, выпрямителей, реакторов, трансформатора и резисторов;

мотор-насосы, обеспечивающие циркуляцию жидкости в системах охлаждения ртутных выпрямителей и трансформатора;

расщепители фаз, преобразующие однофазный ток в трехфазный для питания асинхронных вспомогательных машин;

генераторы управления, питающие постоянным током цепи управления и освещения электровоза и служащие для заряда аккумуляторной батареи. На электровозах серий ВЛ60<sup>к</sup> генераторы управления приводятся в движение расщепителями фаз, а на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> вместо генераторов применяют статическое зарядное устройство.

За исключением расщепителей фаз и генераторов управления, каждая вспомогательная машина представляет собой агрегат, состоящий из вспомогательного механизма (компрессор, вентилятор, насос) и электродвигателя, который приводит в действие этот механизм. Большинство вспомогательных двигателей питается от вспомогательной обмотки трансформатора.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> применены в качестве привода вспомогательных машин трехфазные асинхронные двигатели, а на электровозах ЧС4 и ВЛ82<sup>м</sup> — двигатели постоянного тока, питание которых осуществляется от кремниевых полупроводниковых выпрямительных установок.

Вспомогательные механизмы, которые должны работать при опущенном токоприемнике (пантографе) или отсутствии напряжения в контактном проводе, на всех электровозах приводятся в движение двигателями постоянного тока, получающими питание от аккумуляторной батареи. К этим механизмам относят компрессор, используемый для подъема токоприемника, когда в главном резервуаре нет воздуха, и вспомогательные насосы системы охлаждения ртутных выпрямителей, которые обеспечивают циркуляцию жидкости в системе при отсутствии напряжения на электровозе.

## § 40. Асинхронные двигатели

Как известно из курса электротехники, каждый асинхронный двигатель состоит из статора и ротора. Статор неподвижен. Внутри него может вращаться набранный из листовой стали и укрепленный на валу ротор цилиндрической формы. Статор представляет собой литой корпус, в котором укреплен собранный из отдельных листов стали сердечник. В пазах сердечника размещена обмотка, с помощью которой создается вращающееся магнитное поле. Ротор также имеет пазы, в которых расположены медные или алюминиевые стержни, соединенные по концам кольцами. Эти стержни и кольца образуют так называемое «беличье колесо».

Обмотка статора состоит из трех катушек  $A$ ,  $B$  и  $B$  (рис. 146,  $a$ ), плоскости которых расположены друг к другу под углом  $120^\circ$ . По катушкам протекают переменные токи  $i_A$ ,  $i_B$  и  $i_B$  (рис. 146,  $b$ ), сдвинутые между собой по фазе на  $120^\circ$  эл.

На рис. 147 показано направление токов и потоков в обмотках двигателя. Состояния  $a$ ,  $b$ ,  $в$ ,  $г$  на рис. 146 соответствуют во времени состояниям  $a$ ,  $b$ ,  $в$ ,  $г$  на рис. 147. Взаимодействие магнитных потоков статора и ротора создает результирующий магнитный поток, который, как показано на рис. 147, вращает ротор по часовой стрелке.

Если рассмотреть непрерывный процесс изменения токов в катушках за один период ( $1/50$  сек), то можно убедиться, что магнитное поле неизменно по величине и за это время делает полный оборот вокруг оси двигателя; скорость вращения магнитного поля в этом случае составит 3000 об/мин. При увеличении числа катушек статора, или, что то же самое, числа пар полюсов, в 2—3 раза скорость вращения уменьшится соответственно в 2—3 раза, т. е. составит 1500 или 1000 об/мин. Скорость вращения ротора двигателя будет несколько меньшей из-за его скольжения примерно на 3—8% и зависит она от нагрузки двигателя.

Катушки статора вспомогательных двигателей отечественных электровозов соединены по схеме «звезда», т. е. концы всех обмоток замкнуты между собой, а начала присоединены к источнику трехфазного напряжения. Чтобы изменить направление вращения асинхронного двигателя, необходимо изменить направление вращения

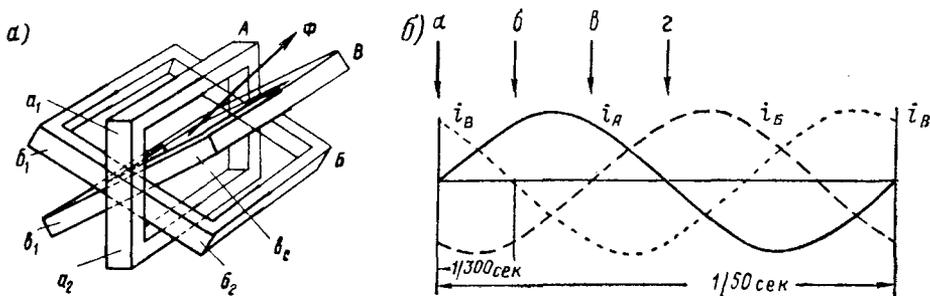


Рис. 146. Схема, поясняющая образование вращающегося магнитного поля ( $a$ ), и кривые токов в катушках  $A$ ,  $B$  и  $B$  ( $b$ )

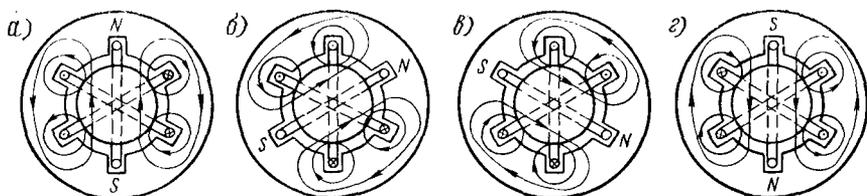


Рис. 147. Магнитное поле, созданное катушками, в разные моменты периода тока (а, б, в, г соответствуют моментам времени, показанным на рис. 146, б)

магнитного поля, для чего достаточно начала двух любых катушек поменять местами на зажимах источника напряжения.

Асинхронные вспомогательные двигатели и двигатели постоянного тока обладают различными свойствами. Это различие особенно заметно проявляется при изменениях (в широких пределах) напряжения обмотки вспомогательных цепей трансформатора вследствие колебания напряжения в контактном проводе. В этих условиях скорость вращения асинхронных двигателей не изменяется и они обеспечивают постоянную производительность вспомогательных механизмов. Напротив, скорость вращения двигателей постоянного тока прямо пропорциональна величине напряжения. Поэтому производительность вспомогательных механизмов, приводимых в движение такими двигателями, уменьшается при понижении напряжения в контактном проводе.

С другой стороны, при снижении напряжения вращающий момент асинхронных двигателей уменьшается. Они могут остановиться или при включении на низкое напряжение не тронутся с места. Вращающий момент двигателей постоянного тока не зависит от напряжения, поэтому двигатели не остановятся при низком напряжении, но снизят скорость вращения. Достоинством асинхронных двигателей является простота их конструкции и относительно небольшая стоимость.

На электровозе ВЛ60<sup>к</sup> установлены двигатели единой серии А (асинхронные): шесть — типа АП-82-4 для привода центробежных вентиляторов, охлаждающих тяговые двигатели, реакторы, радиаторы систем охлаждения полупроводниковых выпрямительных установок и силового трансформатора, два — типа АС-81-6 для компрессоров. На электровозах последнего выпуска применен один насос в системе охлаждения трансформатора, приводимый в действие специальным асинхронным двигателем.

Буквами АП обозначают машины с повышенным пусковым моментом, АС — двигатели, имеющие повышенное скольжение. Первая цифра, помещенная после букв, означает наружный диаметр сердечника статора (габарит), вторая — длину сердечника, цифра после тире — число полюсов.

Двигатель АС-81-6 (рис. 148) имеет литой чугунный остов 1, в котором закреплен набранный из листов электротехнической стали сердечник. В пазах сердечника помещена двухслойная обмотка,

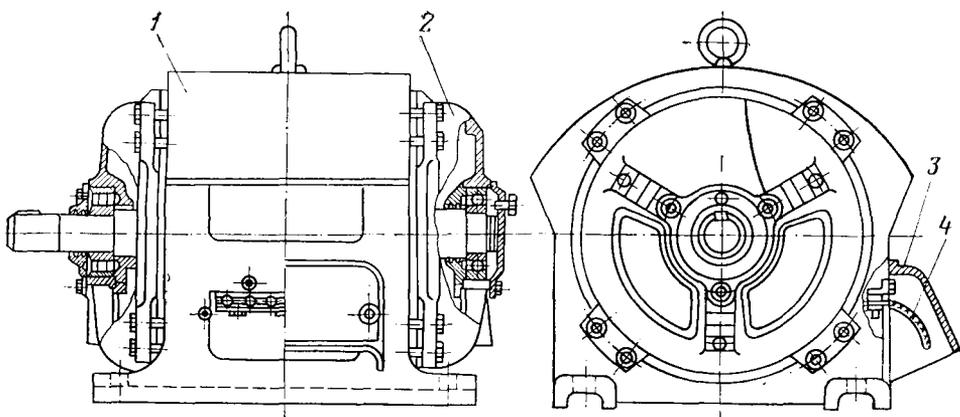


Рис. 148. Общий вид двигателя АС-81-6

имеющая изоляцию класса В. Наружу выведено шесть концов обмотки — начало и конец каждой фазы, а три вывода — по одному от каждой фазы — соединены вместе. Таким образом, обмотка соединена по схеме «звезда». Выводы 4 имеют наконечники и закрыты кожухом 3.

Сердечник ротора, так же как и статора, набран из листов электротехнической стали. В его пазы залит сплав, состоящий из 96% алюминия и 4% меди. Короткозамыкающие кольца, находящиеся с обеих сторон ротора, отлиты вместе с вентиляционными лопатками. Вал ротора вращается в двух шариковых подшипниках.

Подшипниковые щиты 2 двигателя стальные. Для смазки подшипников в наружных подшипниковых крышках имеются отверстия, закрываемые пробками. Двигатель соединен с компрессором с помощью муфты, насаженной на конец вала двигателя.

Режим работы двигателя повторно-кратковременный. Под повторно-кратковременным режимом (ПН) понимаем режим, характеризующийся отношением времени включения двигателя к времени включения плюс время паузы (выключения двигателя). ПН измеряется в процентах. Если двигатель нормально работает 5 мин, а 5 мин стоит (пауза), тогда

$$\text{ПН} = \frac{5}{5+5} 100 = 50 \text{ \%}.$$

В данном примере ПН равен 50%.

Двигатель АП-82-4 отличается от рассмотренного обмоткой статора, которая имеет не шесть, а четыре полюса. Кроме того, «беличье колесо» ротора у этого двигателя выполнено из алюминия и имеет по два стержня (один над другим) в каждом пазу. Смазывают подшипник со стороны вентилятора через специальную трубку.

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> для привода компрессоров и центробежных вентиляторов применяют электродвигатели АС-82-4. На элек-

тровозах ВЛ80<sup>к</sup> первых выпусков для охлаждения реакторов, радиаторов вентилялей и трансформаторов устанавливали осевые вентиляторы с приводом от двигателя АО-63-3 для работы в вертикальном положении.

Конструкция двигателей АО-63-2 и АС-82-4 аналогична конструкции двигателей АС-81-6 и АП-82-4; незначительные отличия определяются условиями работы на электровозах и касаются изменения механической части (длина вала) и обмотки статора.

Для электровозов переменного тока двигателями единой серии А, принятые в качестве вспомогательных машин, выпускались с усиленной изоляцией класса В и стальными подшипниковыми щитами. Однако этого оказалось недостаточно и потребовалось создать двигатель в специально тяговом исполнении, обеспечивающем надежную работу его в эксплуатации.

Новым асинхронным двигателям присвоены обозначения АЭ-92-6 (для привода компрессоров на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>) и АЭ-92-4 (для привода компрессоров и центробежных вентиляторов электровозов ВЛ80<sup>к</sup>). В последнее время при модернизации электровозов ВЛ60<sup>к</sup> устанавливают двигатели АЭ-92-4 также для привода вентиляторов.

Эти двигатели рассчитаны на работу в условиях повышенной влажности ( $95 \pm 3\%$ ), резких изменений температур (от  $-50$  до  $+60^\circ\text{C}$ ) и повышенных вибраций. Корпус статора и подшипниковые щиты выполнены из стали, жесткая конструкция обмотки имеет изоляцию класса Н. Подшипниковые узлы усилены.

Двигатель открытого исполнения устанавливается в горизонтальном положении (рис. 149). Он состоит из корпуса 9, сердечника статора 12, обмотки статора 15, коробки выводов 22, сердечника 13 и клетки 17 ротора, вала 20. Ротор вращается в подшипниках 2 и 19, установленных в капсулы 3 подшипниковых щитов 4 и 16, которые болтами 7 крепят к торцовым кольцам 8. Подшипники закрывают крышками 1 и 18. Вентилятор 5 засасывает охлаждающий воздух через окна с сетками 6 и отверстия в переднем подшипниковом щите. Внутри двигателя воздух охлаждает передние лобовые части обмотки статора, затем разделяется на два параллельных потока: первый проходит между наружной поверхностью сердечника статора 12 и обшивкой 10 корпуса, второй — через вентиляционные отверстия сердечника ротора 13. Корпус двигателя сварной и образуется из двух торцовых колец 8, приваренных к продольным ребрам 14 и обшивке 10. На корпусе имеется коробка выводов 22 и ушко для подъема 11, а также маслопровод 21. Стальные болты 24 заземления ввернуты в лапу 23 корпуса.

Основные технические данные асинхронных двигателей приведены в табл. 6.

Режим работы асинхронных двигателей на электровозах значительно отличается от режима, на который они рассчитаны и который характеризуют их паспортные данные. Асинхронные двигатели получают питание на электровозе от несимметричной трехфазной

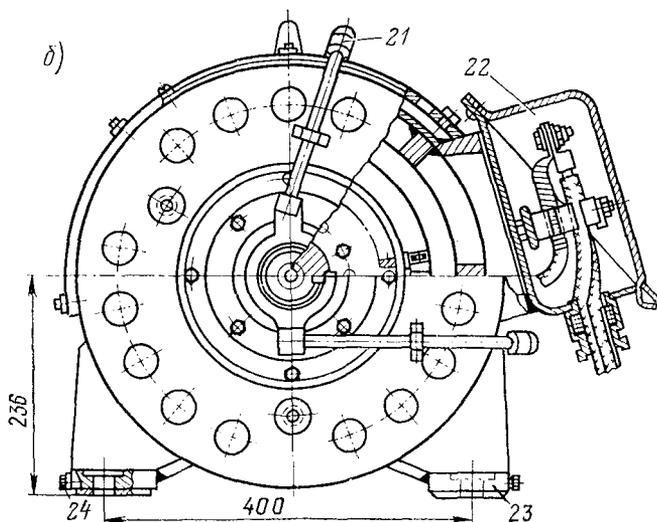
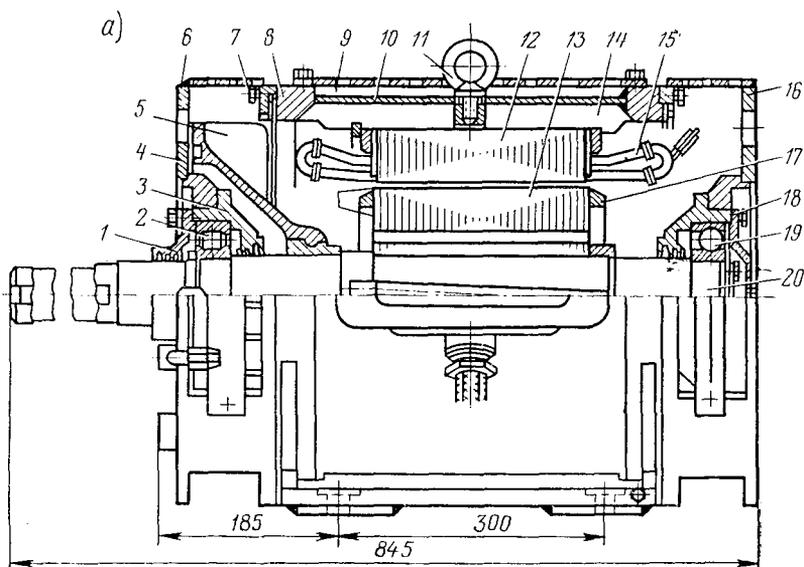


Рис. 149. Общий вид двигателя АЭ-92-4

системы напряжения, форма которого значительно отличается от синусоидальной, а величина изменяется от 265 до 455 в.

Вращающий момент асинхронных двигателей существенно зависит от напряжения на их зажимах: при минимальном напряжении он приблизительно в 2 раза меньше номинального. Если выбрать двигатели без запаса мощности, т. е. рассчитать их на номинальную нагрузку при напряжении трансформатора 380 в, то при снижении напряжения в контактной сети до 19—20 кв они останутся. По-

Характеристика	Технические данные двигателя типа					
	АЭ-92-4	АЭ-92-6	АП-82-4	АС-81-6	АС-82-4	АО-63-2
Напряжение в в	380	380	380	380	380	380
Мощность в квт	40	20	55	25	55	14
Скорость вращения в об/мин	1415	950	1460	925	1380	2950
К. п. д. в %	83	82	90,5	84	86,2	88
Ток в а	104	74	107	51,5	106,2	27
Класс изоляции	Н	Н	В	В	В	В
Вес в кг	350	340	400	360	400	265

этому мощность всех вспомогательных двигателей примерно в 2 раза больше, чем это необходимо для привода механизмов при номинальном напряжении. Так, мощность, развиваемая двигателями на электровозе ВЛ60<sup>к</sup> при 380 в, составляет 15 квт для АС-81-6 и 20 квт для АП-82-4. Это значительно меньше их номинальной мощности.

Кроме того, запас по мощности вспомогательных двигателей обусловлен несимметрией трехфазной системы питающего напряжения. Симметричной называют систему напряжений, в которой напряжения трех фаз  $C_1C_2$ ,  $C_2C_3$  и  $C_3C_1$  (см. рис. 154) равны по величине и сдвинуты друг относительно друга на  $120^\circ$  эл. При этом в обмотках двигателей протекает трехфазный синусоидальный ток.

Несимметрия напряжений вызывает неравенство фазовых токов двигателя и сдвиг их на угол, не равный  $120^\circ$  эл. Неравномерность нагрузки фаз двигателя приводит к повышенному нагреванию той обмотки, по которой протекает наибольший ток, что ограничивает мощность машины.

Вследствие несимметрии, кроме того, несколько уменьшается пусковой момент двигателя.

Расцепители фаз электровоза обеспечивают практически симметричный режим двигателей только при номинальном напряжении в случае, если работают все вспомогательные машины. При малом числе включенных машин симметрия нарушается. При несимметричном питании вспомогательных машин их механическая устойчивость может понизиться. Заметно нарушается симметрия при изменении напряжения относительно номинального, что видно на рис. 150. При отключении одного из расцепителей фаз также нарушается симметрия режима.

Для выравнивания фазовых напряжений и токов двигателей между генераторной фазой расцепителей фаз и одним из выводов обмотки вспомогательных цепей трансформатора включены конденсаторы. Конденсаторы распределены по цепям вспомогательных двигателей. К двигателям вентиляторов присоединено по три банки конденсаторов КМ-0,5, двигатели компрессоров имеют по одной

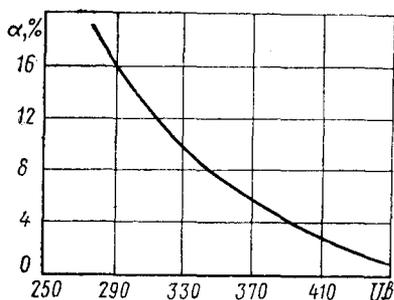


Рис. 150. Зависимость коэффициента  $\alpha$  несимметрии для двигателя АС-81-6 от напряжения питания

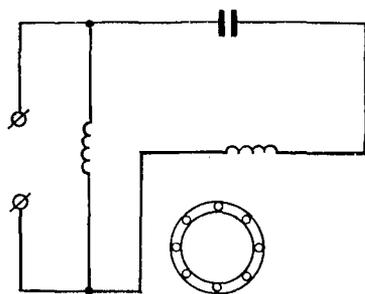


Рис. 151. Схема включения конденсаторного асинхронного двигателя

такой банке, а в цепи сравнительно маломощных двигателей насосов нет конденсаторов.

Конденсатор КМ-0,5, который применяют на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup>, представляет собой две пластины из алюминиевой фольги, которые разделены пропитанной трансформаторным маслом бумагой и помещены в банку из листовой стали. Если к конденсатору подвести переменное напряжение, то ток в его цепи будет опережать напряжение на четверть периода. Это свойство конденсаторов и используют для выравнивания нагрузки фаз вспомогательных двигателей.

Емкость одного конденсатора КМ-0,5 равна 125—130 мкф, рассчитан он на 500 в, весит 23 кг и имеет мощность примерно 10 квар.

Способность конденсатора сдвигать по фазе ток, протекающий по его цепи, используют в конденсаторных асинхронных двигателях. Конденсаторные двигатели имеют две обмотки с разным числом витков, расположенные на статоре под углом 90° друг относительно друга (рис. 151). На обе обмотки подается однофазное напряжение: на одну — непосредственно, а на другую — через конденсатор. Ток в обмотке с конденсатором оказывается сдвинутым примерно на 90° эл по отношению к току в другой фазе. При этом в двигателе образуется вращающееся магнитное поле, которое создает вращающийся момент короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя.

Такие двигатели сравнительно небольшой мощности устанавливают на электровозе ВЛ82 для привода насоса системы охлаждения силового трансформатора. Мощность двигателя 2,8 квт, напряжение 240 в однофазного тока, скорость вращения 1420 об/мин. Устройство его подобно устройству трехфазных асинхронных двигателей.

## § 41. Расщепители фаз

Преобразование однофазного тока трансформатора в трехфазный для питания асинхронных двигателей на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> осуществляют расщепители фаз. Расщепитель фаз представляет собой асинхронную машину, выполняющую одновременно функции однофазного двигателя и трехфазного генератора.

Рассмотрим, как работает однофазный асинхронный двигатель. При питании его обмотки однофазным синусоидальным током возникнет переменное синусоидальное магнитное поле. В неподвижном однофазном двигателе в отличие от трехфазного создается не вращающееся, а пульсирующее магнитное поле, которое в течение одного полупериода имеет одно направление вдоль оси обмотки, а в течение другого — противоположное направление (рис. 152). Пульсирующее поле можно рассматривать как два вращающихся с одинаковой скоростью в противоположных направлениях поля, создаваемых потоками  $\frac{\Phi}{2}$ . Такое пред-

ставление о пульсирующем поле справедливо для неподвижного двигателя.

При питании однофазным током асинхронный двигатель с места не тронется, так как нет вращающегося поля. Однако, если ротор двигателя с помощью какой-либо посторонней силы запустить со скоростью  $n$ , он будет продолжать вращаться. В этом случае поле вращающегося ротора почти полностью гасит составляющую пульсирующего поля, вызванную потоком  $\frac{\Phi}{2}$ , которая вращается встречно по отношению к ротору. Другая составляющая поля движется в одном с ротором направлении, как у обычного асинхронного двигателя, и поддерживает его вращение.

Так как однофазные асинхронные двигатели не развивают пускового момента и у них плохо используется мощность, то их не применяют для привода вспомогательных механизмов электровоза, но принцип их действия используют в расщепителях фаз.

На электровозах ВЛ60\* применен расщепитель фаз типа НБ-455, об-

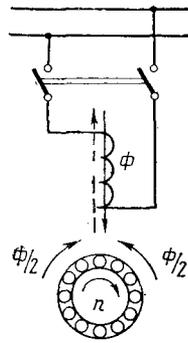


Рис. 152. Изменение магнитного потока в неподвижном однофазном двигателе

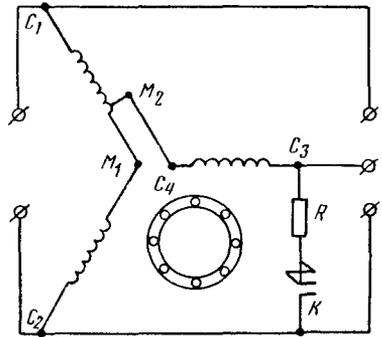


Рис. 153. Принципиальная схема соединения обмоток статора расщепителя фаз НБ-455

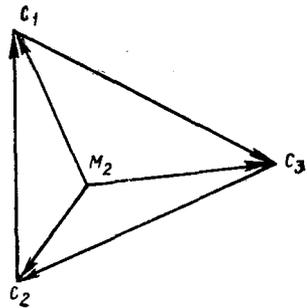


Рис. 154. Векторная диаграмма напряжений в расщепителе фаз

мотки которого соединены в трехфазную несимметричную звезду (рис. 153). Две фазы звезды  $C_1M_2$  и  $M_1C_2$  составляют двигательную обмотку, а третья фаза  $C_3C_4$  — генераторную, ее используют также и для пуска расщепителя.

В момент включения двигательных обмоток расщепителя на однофазное напряжение трансформатора контактор  $K$  замкнут и генераторная обмотка получает питание по цепи, проходящей через пусковой резистор  $R$ . Из-за введения активного сопротивления резистора  $R$  цепи двигательной и генераторной обмоток имеют разные соотношения индуктивных и активных сопротивлений. От этих соотношений зависит сдвиг тока относительно питающего напряжения. Ток генераторной обмотки оказывается сдвинутым по фазе на некоторый угол по сравнению с током в двигательных обмотках, и хотя при этом не образуется симметричной трехфазной системы токов, все же этого сдвига оказывается достаточно для разгона расщепителя без нагрузки при отключенных вспомогательных двигателях.

При достижении скорости вращения 1430 об/мин срабатывает реле оборотов, отключающее контактор  $K$ . После отключения контактора расщепитель работает как однофазный асинхронный двигатель на холостом ходу. Вращающееся магнитное поле, образованное двигательной обмоткой и ротором, пересекает витки генераторной обмотки, наводя в ней э. д. с., которая сдвинута примерно на  $90^\circ$  эл по отношению к напряжению обмотки вспомогательных цепей трансформатора: на него включена двигательная обмотка расщепителя. Благодаря этому образуется трехфазная система напряжений. Необходимый сдвиг по фазе э. д. с. в генераторной обмотке обусловлен расположением этой обмотки на статоре под углом примерно  $120^\circ$  относительно двигательных обмоток. Чтобы получить симметричную трехфазную систему напряжений, обмотки расщепителя фаз выполняют с различным числом витков:  $C_1M_2$  — 28 витков,  $M_1C_2$  — 44 витка,  $C_3C_4$  — 54 витка.

Если при работающем расщепителе фаз измерить напряжения между всеми его выводами, то можно построить диаграмму напряжений (рис. 154), из которой видно, что напряжения между выводами  $C_1C_3$ ,  $C_3C_2$ ,  $C_2C_1$  равны и образуют симметричную трехфазную систему.

Расщепитель фаз НБ-455 представляет собой агрегат, состоящий из расщепителя и генератора управления ДК-405 (рис. 155). Расщепитель фаз рассчитан на напряжение 380 в и имеет мощность 115 ква. При частоте тока 50 гц скорость вращения его ротора составляет 1490 об/мин. Расщепитель вместе с генератором управления весит 900 кг.

В литой чугунный остов расщепителя впрессован сердечник 3, набранный из листов электротехнической стали. В 60 пазах статора размещена трехфазная обмотка 5, имеющая изоляцию класса В. Ротор 4 имеет алюминиевое «беличье колесо» и напрессован на вал, вращающийся в шариковых подшипниках. На одном конце вала установлено реле оборотов 1 типа РО-60, на другом, удлиненном —

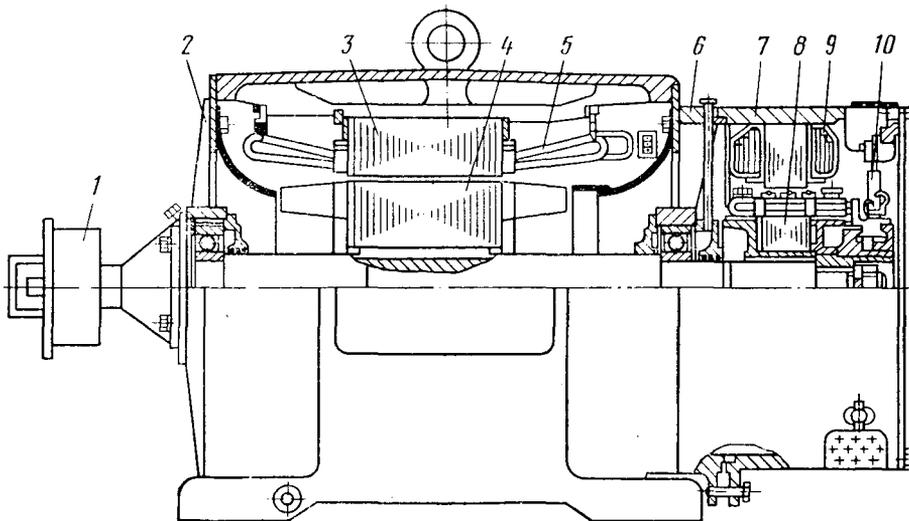


Рис. 155. Расщепитель фаз НБ-455 с генератором управления

якорь 8 генератора управления. Корпус реле крепят к подшипниковой крышке 2 расщепителя. Стальной литой остов 7 генератора управления с помощью болтов прикреплен к подшипниковому щиту 6 расщепителя фаз.

Генератор управления ДК-405 мощностью 4,5 квт рассчитан на напряжение 50 в. Ток якоря равен 90 а. Генератор имеет параллельное возбуждение. Четыре щеткодержателя генератора крепят к поворотной траверсе 10. Агрегат имеет самовентиляцию. При вращении ротора расщепителя фаз алюминиевые лопатки создают поток воздуха, который засасывается через отверстия в подшипниковом щите и крышке генератора управления и затем, обтекая обмотку статора расщепителя, полюса 9 и якорь генератора, выбрасывается в боковые окна остова.

Расщепитель фаз НБ-455А электровоза ВЛ80<sup>к</sup> имеет более короткий вал. Генератор управления в нем заменен статическим зарядным устройством. В остальном его конструкция не отличается от конструкции расщепителя фаз электровоза ВЛ60<sup>к</sup>.

## § 42. Двигатели постоянного тока

Вспомогательные машины с двигателями постоянного тока установлены на электровозах ВЛ82, ВЛ82<sup>м</sup> и ЧС4. Питание вспомогательных двигателей постоянного тока осуществляется по схеме рис. 156. Для преобразования переменного тока в постоянный служит выпрямительная установка с кремниевыми выпрямителями 1. Сглаживание выпрямленного тока осуществляется с помощью реактора 2, а для ограничения пускового тока применен резистор 3.

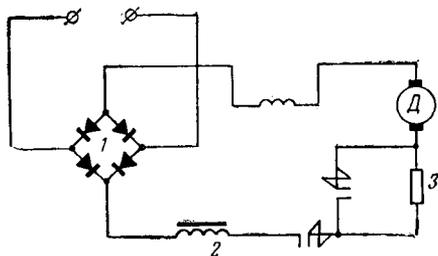


Рис. 156. Схема питания вспомогательного двигателя постоянного тока

Двигатели имеют стальной корпус и подшипниковые щиты, изготовленные из стали. К корпусу прикреплены сердечники с катушками главных и дополнительных полюсов. Для доступа к коллектору и щеткам имеются два коллекторных люка. Щеткодержатели крепят на поворотной траверсе.

На электровозе двойного питания большая часть вспомогательных машин должна работать на обеих системах тока. По этой причине на электровозе два компрессора приводятся в движение двигателями НБ-100, рассчитанными на номинальное напряжение 3000 в постоянного тока. Мощность двигателя 21,2 квт, скорость вращения 1240 об/мин. Режим работы кратковременный, ПВ-50%. Двигатель имеет независимое охлаждение. Воздух поступает из вентиляционных каналов тяговых двигателей, расход его не превышает 16 м<sup>3</sup>/мин.

Для привода четырех мотор-вентиляторов системы охлаждения тяговых двигателей применены двигатели НБ-101, у которых напряжение на коллекторе 1500 в, а относительно земли 3000 в. Мощность двигателя 41 квт, скорость вращения 1600 об/мин. Двигатели ЭТВ-20 для привода восьми вентиляторов системы охлаждения пуско-тормозных реостатов и двух двигателей охлаждения трансформаторов работают от напряжения 220 в. Мощность двигателя 13,7 квт, скорость вращения 2950 об/мин.

На электровозах ВЛ82<sup>м</sup> для привода вентиляторов охлаждения тяговых двигателей, выпрямительных установок и реакторов применяются двигатели типа НБ-111 мощностью 40 квт, 1400 об/мин, напряжением 3000 в. У этих двигателей выступают два конца вала. На одном конце вала устанавливаются колеса вентиляторов, а на другом у одного двигателя (МВ1) — генератор управления переменного тока НБ-104, а у другого (МВ2) — вентилятор охлаждения трансформатора (для каждой секции электровоза).

Для охлаждения пуско-тормозных реостатов применяются двигатели НБ-107. Мощность каждого из них 70 квт, число оборотов 1600 в 1 мин, напряжение 144 в. Каждый двигатель имеет по два выступающих конца вала, на которые посажены колеса вентиляторов.

Все высоковольтные двигатели выполнены с изоляцией класса В.

На электровозах ВЛ82 для питания цепей управления установлены генераторы ДК-405, приводимые в движение от мотор-вентиляторов, а на электровозах ВЛ82<sup>м</sup> — трехфазные синхронные генераторы управления переменного тока НБ-104.

В генераторе НБ-104 магнитное поле создается обмоткой возбуждения, расположенной на статоре и получающей питание от независимого источника постоянного тока. Обмотка якоря имеет три вывода, отстоящих друг от друга по окружности на 120°. Каждый

вывод присоединен к своему кольцу. Таким образом, на валу якоря имеется три кольца. При вращении якоря в постоянном магнитном поле в обмотках якоря будут наводиться э. д. с., сдвинутые по фазе также на угол  $120^\circ$ . Частота переменного тока будет  $f = pn$ , где  $p$  — число пар полюсов, а  $n$  — число оборотов ротора. Генератор НБ-104 имеет мощность нагрузки 7,5 квт, число оборотов 1500 в 1 мин, независимое возбуждение напряжением 36 в. Вентиляция генератора независимая. Воздух поступает от вентилятора, который, как и генератор, приводится в действие одним двигателем НБ-111.

Трехфазный ток генератора выпрямляется в постоянный выпрямительной установкой, собранной по мостовой схеме. От выпрямительной установки питаются все цепи управления и освещения на электровозе.

Применение на электровозе ВЛ82<sup>м</sup> генераторов управления переменного тока с выпрямительными установками позволило уменьшить вес оборудования на электровозе примерно на 0,5 т в сравнении с весом при генераторах управления постоянного тока ДК-405, мощность которых к тому же меньше почти на 50%.

На электровозах ЧС4 в качестве вспомогательных машин применены двигатели постоянного тока напряжением 220 в: для привода компрессоров — двигатели 11А2135/4, вентиляторов охлаждения тяговых двигателей — 1А2732/4, вентиляторов выпрямительных установок — SM4003L и вентиляторов охлаждения радиаторов трансформатора, реакторов и резисторов — 6А2135/4. Все двигатели четырехполюсные последовательного возбуждения с дополнительными полюсами и с самовентиляцией. Вентиляторное колесо насаживают на вал двигателя на стороне, противоположной коллектору. Двигатель 6А2135/4 имеет вал с одним выступающим концом, остальные для привода вентиляторов имеют вал с двусторонними выступами. Основные технические данные двигателей сведены в табл. 7.

Для привода вспомогательного компрессора применен двигатель напряжением 50 в, мощностью 1,2 квт.

Особенность машин постоянного тока — уменьшение их скорости вращения при снижении напряжения. Ток и мощность с увеличением напряжения так же, как и скорость вращения, увеличиваются.

Двигатели постоянного тока так же, как и переменного, имеют запас по мощности. Их мощность примерно в 2 раза больше той,

Т а б л и ц а 7

Наименование показателя	Характеристика двигателя типа			
	11А2135/4	6А2135/4	1А2732/А	SM4003L
Мощность в квт	17,0	17,0	25,0	4,5
Ток в а	93	93	135	24,7
Скорость вращения в об/мин	2800	2800	1800	2800
Вес в кг	250	250	340	78

которая потребовалась бы, если бы напряжение на зажимах двигателей не изменялось. Вспомогательные двигатели постоянного тока, получающие питание от аккумуляторной батареи, рассчитаны на сравнительно небольшую мощность.

На электровозе ВЛ60<sup>к</sup> применен двигатель П11М для привода вспомогательного компрессора токоприемников. Двигатель имеет цилиндрическую стальную станину, алюминиевые подшипниковые щиты, последовательную и параллельную обмотки возбуждения, два главных и один дополнительный полюсы. Изоляция обмоток применена класса В. Подшипники с обеих сторон вала шариковые. Двигатель работает при напряжении 50 в, мощность его 0,5 квт, ток 14,8 а, скорость вращения 2850 об/мин, вес 18 кг.

### § 43. Компрессоры

На электровозах серии ВЛ60<sup>к</sup> установлено два мотор-компрессора, каждый из которых состоит из компрессора Э-500 и асинхронного двигателя АС-81-6. Двигатель и компрессор соединены эластичной пальцевой муфтой.

Компрессор (рис. 157) имеет цилиндр 5 низкого и цилиндр 7 (меньшего диаметра) высокого давления. Цилиндры отлиты из чугуна вместе с корпусом 10, который установлен на плите 1; снаружи у них предусмотрены ребра для лучшего охлаждения. В цилиндры впрессованы сменные втулки, в которых ходят поршни 4.

Поршень высокого давления имеет пять уплотняющих колец и одно маслосъемное. На поршне низкого давления размещены три уплотняющих и одно маслосъемное кольцо. Поршни соединены с шатунами 3, головки которых обхватывают кривошпы коленчатого вала 12. На коленчатый вал насажено зубчатое колесо 11, находя-

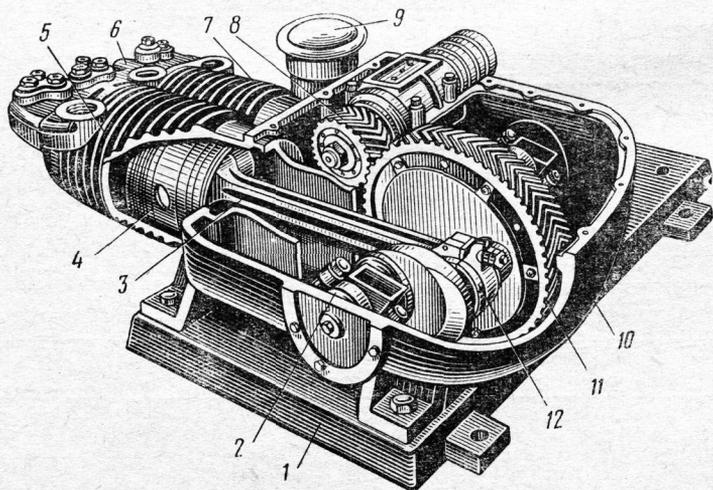


Рис. 157. Компрессор Э-500

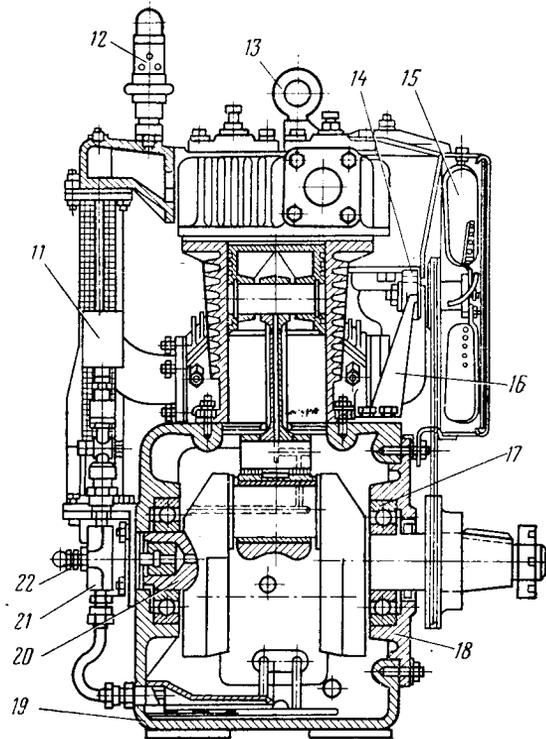
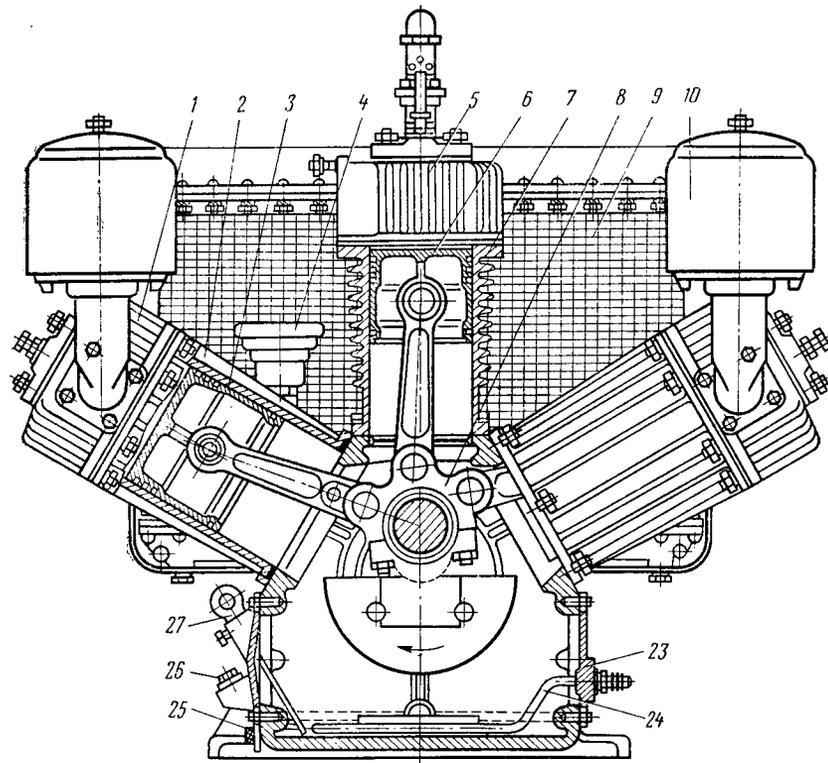


Рис. 158. Компрессор КТ6-Эл:

1 — клапанная коробка ступени; 2 — цилиндр 1-й ступени; 3 — поршень 1-й ступени; 4 — сапун; 5 — клапанная коробка 2-й ступени; 6 — поршень 2-й ступени; 7 — цилиндр 2-й ступени; 8 — узел шатунов; 9 — промежуточный холодильник; 10 — воздушный фильтр; 11 — масляный манометр; 12 — предохранительный клапан холодильника; 13 — рымболт; 14 — болт; 15 — вентилятор; 16 — кронштейн; 17 — подшипник; 18 — крышка; 19 — картер; 20 — коленчатый вал; 21 — масляный насос; 22 — редукционный (перепускной) масляный клапан; 23 — крышка; 24 — маслоподогреватель; 25 — сливная пробка; 26 — заливная пробка; 27 — маслоуказатель

щеся в зацеплении с шестерней 8, насаженной на конец приводного вала. Зубья колеса и шестерни имеют шевронную форму, передаточное число равно  $73 : 16 = 4,55$ . Коленчатый вал вращается в подшипниках скольжения 2.

Цилиндры высокого и низкого давления закрыты общей клапанной коробкой 6, в которой установлены впускные и нагнетательные клапаны. Цилиндр низкого давления имеет три впускных и три нагнетательных клапана, закрытых заглушками, а цилиндр высокого давления — один впускной и один нагнетательный клапан.

Корпус компрессора закрыт сверху крышкой. На дно корпуса налито масло. При работе компрессора большое колесо разбрызгивает масло и оно попадает на трущиеся поверхности механизма. На всасывающей трубе низкого давления установлен фильтр, предохраняющий цилиндры от пыли. Внутреннее пространство компрессора сообщается с атмосферой через трубку и отдушник 9. Благодаря этому исключается повышение давления в корпусе компрессора из-за движения поршней разного диаметра.

Производительность компрессора 1750 л/мин при противодавлении 9 кг/см<sup>2</sup>.

На восьмиосных электровозах установлены двухступенчатые поршневые компрессоры КТ6-Эл. По конструкции они значительно отличаются от компрессора типа Э-500. Компрессор КТ6-Эл имеет производительность 2750 л/мин, рабочее давление 9 кг/см<sup>2</sup>, скорость 440 об/мин, вес 650 кг. Режим работы повторно-кратковременный.

Компрессор КТ6-Эл (рис. 158) двухступенчатый, имеет три цилиндра, из которых два, расположенные V-образно, низкого давления, или 1-й ступени, и один 7, расположенный вертикально, высокого давления, или 2-й ступени. Охлаждение компрессора осуществляется вентилятором 15, приводимым в движение ременной передачей от коленчатого вала 20. При низких температурах воздуха возможно подогревание масла трубчатым электронагревателем 24 мощностью 250 вт, напряжением 50 в. Смазка компрессора комбинированная, производится от масляного насоса 21 и разбрызгиванием.

Привод компрессора от двигателя осуществляется через редуктор (рис. 159) с передаточным отношением 3,143 (число зубьев шестерни 21, колеса 66). Литой корпус 1 редуктора состоит из двух разъемных половин — верхней и нижней. Нижняя половина служит масляной ванной для смазки зубчатых колес. На валы 4 полумуфт насажены шестерня 2 и большое зубчатое колесо 8. Концы валов полумуфт своими шейками опираются на под-

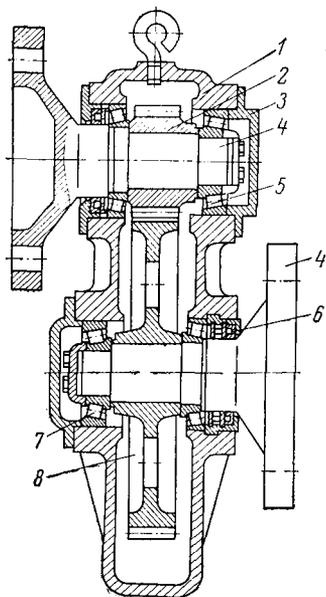


Рис. 159. Редуктор мотор-компрессора

шипники качения 5 и 7 с коническими роликами. Герметичность подшипниковых узлов обеспечивается крышками 3 и резиновыми манжетами 6.

На электровозах ЧС4 установлены компрессоры поршневого типа двухцилиндровые с двухступенчатым сжатием. Производительность компрессора составляет 2630 л/мин, рабочее давление 9 кг/см<sup>2</sup>, скорость вращения 970 об/мин, вес 225 кг. Режим работы компрессора повторно-кратковременный.

## § 44. Вентиляторы

Принудительную вентиляцию для охлаждения оборудования электровоза осуществляют вентиляторами центробежными и осевыми. Центробежный вентилятор (рис. 160) состоит из колеса 3 с рабочими лопатками, втулки 5, крышки 2 и улиткообразного кожуха 4. Колесо насажено на выступающий конец вала приводного двигателя 1. Воздух засасывается через патрубок 6.

При вращении вентиляторного колеса частицы воздуха под действием центробежной силы направляются в улиткообразный кожух и через выходное отверстие вентилятора выходят в воздухопроводы. Взамен вышедших из вентилятора частиц воздуха поступают новые, так как внутри колеса и кожуха создается вакуум, вызывающий приток воздуха снаружи через всасывающее отверстие. Около этого отверстия создается определенное разрежение (т. е. недостаток давления относительно атмосферного), а у выходного отверстия вентилятора — избыточное давление воздуха. Избыточное давление необходимо для преодоления сопротивления движению воздуха и сообщения воздуху нужной скорости. У центробежных вентиляторов воздух засасывается в осевом направлении, а выходит по окружности колеса в радиальном направлении.

На грузовых электровозах установлены центробежные вентиляторы типа Ц8-19 № 6,5 и № 7,6. Основные технические данные их следующие:

	№ 6,5	№ 7,6
Производительность в м <sup>3</sup> /мин . . . . .	200—450	150—350
Противодавление в мм вод. ст. . . . .	260—240	364—330
Скорость вращения в об/мин . . . . .	1405	1470
Диаметр рабочего колеса в мм . . . . .	650	760

Кроме того, на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> первых выпусков установлены осевые вентиляторы типа ВЗ-6М2 производительностью 305 м<sup>3</sup>/мин при противодавлении 220 мм вод. ст. и скорости вращения 2950 об/мин. Диаметр рабочего колеса равен 600 мм. Осевой вентилятор (рис. 161) состоит из лопастного колеса 1 и кожуха 2. На кожухе расположены неподвижные лопатки: на входе — направляющего аппарата, на выходе — спрямляющего.

Работа осевых вентиляторов основана на действии наклонных лопаток типа самолетного винта. При вращении винта его лопатки

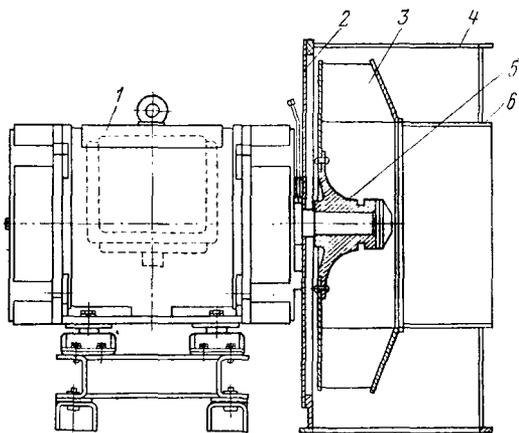


Рис. 160. Центробежный вентилятор

встречают воздух под некоторым углом, создают перепад давлений и тем самым заставляют воздух перемещаться в осевом направлении.

При вращении колеса двигателем 3 лопатки захватывают находящийся впереди воздух и отбрасывают его на другую сторону колеса. Воздух поступает через входное отверстие кожуха, проходит между лопатками в осевом направлении и попадает в воздухопровод. Осевые вентиляторы применяют для подачи относительно больших объемов воздуха

при меньших давлениях, чем в центробежных вентиляторах. На электровозах ВЛ82 установлены центробежные вентиляторы ЦВ-19 № 7, 6 для охлаждения тяговых двигателей выпрямительных установок и реакторов.

Для охлаждения радиаторов тяговых трансформаторов применен вентилятор ВЭ-055, а для охлаждения пускотормозных реостатов — ВЭ-056. Производительность их 280—330 м<sup>3</sup>/мин при противодавлении 250—230 мм вод. ст., скорость вращения 3300 об/мин.

На электровозах ВЛ82<sup>м</sup> применяются только центробежные вентиляторы: ЦВ-19 № 7, 6 для охлаждения тяговых двигателей, выпрямительных установок и сглаживающих реакторов и № 6, 5 для охлаждения пуско-тормозных реостатов.

В табл. 8 приведены технические данные осевых вентиляторов, установленных на электровозах ЧС4.

Для производства центробежных вентиляторов применяют разные конструкционные материалы. Чаще всего вентиляторы изготавливают из листовой стали толщиной 4—5 мм для кожуха и патрубка, 2—3 мм для крышки и лопаток.

Все соединения металлических частей выполняют электросваркой. Только втулки к диску вентилятора присоединяют заклепками

диаметром 10 мм. Колесо вентилятора статически балансируется и вместе с электродвигателем подвергается динамической балансировке, причем после нее допустимая амплитуда вибрации не должна превышать 80 мкм.

В последнее время на восьмиосных электровозах устанавливают центробеж-

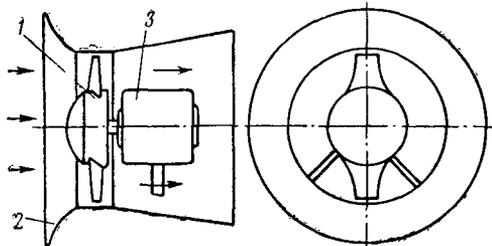


Рис. 161. Схема осевого вентилятора

Т а б л и ц а 8

Наименование показателя	Характеристика вентилятора для охлаждения		
	тяговых двигателей	выпрямительных установок	трансформатора и реактора
Производительность в м <sup>3</sup> /мин	270	114	390
Противодавление в мм вод. ст.	290	150	150
Скорость вращения в об/мин	1800	2800	2800
Диаметр рабочего колеса в мм	710	425	560

ные вентиляторы, кожуха и патрубки которых выполнены из стеклоткани с последующей пропиткой полиэфирной смолой.

Осевые вентиляторы, в частности их втулки, лопадки типа самолетного винта, выполняют литой конструкции.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ, БЛОКИ И ПРИБОРЫ

### § 45. Общие сведения

На электровозах переменного тока используется различное электрооборудование и приборы: токоприемники, выключатели, контакторы, разъединители, переключатели ступеней, реверсоры, всевозможные реле, регуляторы, разрядники, блоки защиты и многое другое.

Аппаратура электровоза разнообразна по назначению, по устройству и по параметрам. Расчетные напряжения изоляции аппаратов электровоза охватывают большой диапазон — до 30 кв, а рабочие токи — от нескольких миллиампер до нескольких тысяч ампер.

Вся аппаратура, которой осуществляется управление самим электровозом и его вспомогательными аппаратами, имеет дистанционный привод. Чаще всего для этого используются электромагнитные и электропневматические системы. Разъединители, отключатели и некоторые переключатели имеют ручной привод. Операции с такой аппаратурой разрешается производить только при опущенных токоприемниках.

Часть аппаратуры размещена на крыше электровоза, а часть — в неотапливаемом кузове, куда, несмотря на защитные устройства, все же проникает пыль и влага. Большой диапазон изменения температуры в кузове (от  $-50$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ), резкое и частое изменение влажности воздуха, попадание пыли, тряска, толчки, удары, возникающие при ведении электровозом поезда, создают тяжелые условия работы электрооборудования. Они тяжелее по сравнению, например, с условиями, в которых работает оборудование тяговых подстанций. В то же время к электровозу предъявляют повышенные требования по надежности. Все это приводит к необходимости применять аппараты с повышенными запасами на прочность, износ и надежность.

Рассмотрим основные аппараты и приборы электровозов переменного тока. Основное внимание уделим ознакомлению прежде всего с устройством и принципами действия аппаратов, отметив на примерах характерные конструктивные особенности аппаратов.

### § 46. Токоприемники

Переменный ток из контактного провода в цепи электровоза поступает через токоприемник, который на электровозах выполнен в виде пантографа. При движении электровоза токоприемник сколь-

зит по контактному проводу и через скользящий контакт между нижней поверхностью провода и верхней поверхностью токоприемника осуществляется токосъем.

Особенности работы скользящего контакта предъявляют к конструкции токоприемника определенные требования. Он должен быть легким, чтобы во время скольжения его полоза по контактному проводу, высота подвески которого изменяется, он успевал «следить» за ней — не отрывался бы от контактного провода при увеличении высоты подвески и не создавал сильных ударов при уменьшении высоты.

Контактная поверхность полоза токоприемника должна быть гладкой с тем, чтобы обеспечивать минимальный износ контактного провода и хороший контакт как во время движения, так и во время стоянки электровоза (на стоянке электровоз может потреблять значительный ток для отопления поезда и для собственных нужд). Необходимо, чтобы пружинный механизм обеспечивал примерно одинаковое нажатие токоприемника на провод независимо от высоты контактного провода.

Кроме того, токоприемник должен иметь высокую механическую прочность, надежную изоляцию от заземленных частей электровоза, малое трение в шарнирных соединениях подвижной системы и достаточную боковую устойчивость ее против колебаний и вибраций.

Токоприемник по форме должен быть обтекаемым, а точнее — должен иметь удовлетворительные аэродинамические характеристики, особенно полоз, имеющий большую поверхность. Это требование обусловлено тем, что при большой скорости движения электровоза нажатие токоприемника на контактный провод не должно изменяться в больших пределах и совершенно недопустим отрыв его от контактного провода. Кроме того, характеристика токоприемника должна быть такой, чтобы даже при очень сильном ветре не могло произойти его самопроизвольного подъема.

Необходимо также, чтобы механизм подъема — опускания был прост и надежен в работе. Должна быть предусмотрена возможность дистанционного управления подвижной системой при всех условиях работы.

На электровозах переменного тока при опускании токоприемника всегда возникает дуга между полозом и контактным проводом. Даже при отключенном главном выключателе через поднятый токоприемник протекают небольшие емкостные токи. Роль конденсаторов (емкостей) здесь играют шины 25 кв и витки помехоподавляющего дросселя, расположенные вблизи заземленной крыши электровоза.

Для сокращения длительности горения дуги, возникающей при опускании токоприемника, необходимо, чтобы вначале опускание происходило быстро, а затем во избежание ударов медленно. И наоборот, при подъеме токоприемник должен быстро пройти первую половину высоты подъема, а затем во избежание ударов о контактный провод медленно подойти к проводу. Все токоприемники электровозов имеют один и тот же принцип действия. Подвижная

система связана с системой спиральных пружин, часть которых действует в направлении подъема, а другая — в направлении опускания токоприемника. Усилия опускающих пружин превосходят усилия подъемных, и токоприемник находится в опущенном положении. Для подъема его предусмотрено специальное подъемное устройство, работающее от сжатого воздуха и управляемое из кабины машиниста.

Независимо от типа и конструктивных особенностей все токоприемники состоят из четырех основных узлов: основания, выполненного в виде рамы, укрепленной на опорных изоляторах; подвижной системы, состоящей из подвижных рам, шарнирно соединенных друг с другом; контактной системы, представляющей собой совокупность кареток и одного или двух полозов с контактными вставками; механизма подъема — опускания, состоящего из пружин подъема и опускания, системы рычагов и приводного воздушного цилиндра.

Рассмотрим особенности устройства и работы различных токоприемников.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> установлены токоприемники типа П-1В (рис. 162), а на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> — типа ТЛ-13У (рис. 163). Полозы с медными вставками, которые ранее устанавливали на этих электровозах, заменены полозами с угольными вставками. На электровозах ЧС4 установлены токоприемники 2SLS-1. По внешнему виду они очень похожи на токоприемник П-1В. Технические данные токоприемников приведены в табл. 9.

Устройство и принцип работы токоприемника П-1В можно проследить по кинематической схеме (рис. 164). В основании 1 токоприемника, укрепленном на изоляторах, установлены два вала 2, которые могут поворачиваться вокруг своих осей. К каждому

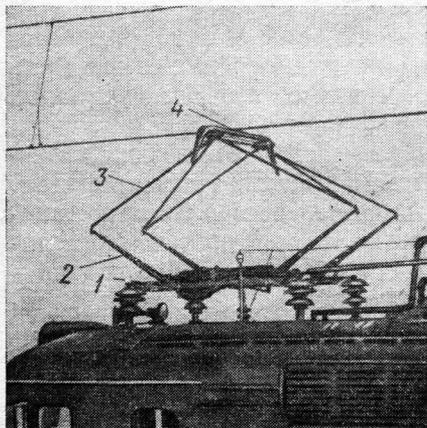


Рис. 162. Токоприемник П-1В:

1 — основание; 2 — нижняя рама; 3 — верхняя рама; 4 — полоз

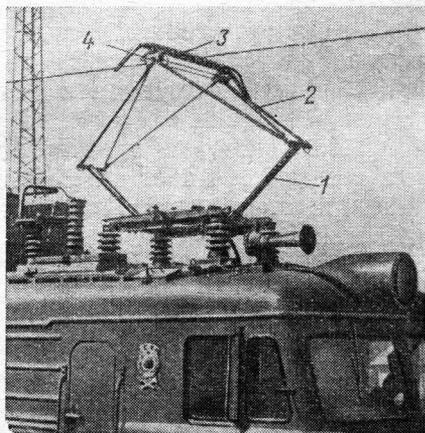


Рис. 163. Токоприемник ТЛ-13У:

1 — нижняя рама; 2 — верхняя рама; 3 — полоз; 4 — каретка

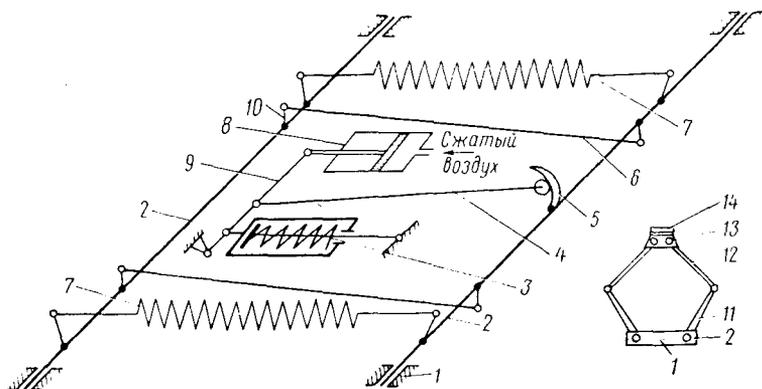


Рис. 164. Кинематическая схема токоприемника П-1

из двух валов жестко прикреплены нижние рамы 11, с которыми шарнирно связаны верхние рамы 12. Верхние рамы связаны друг с другом также шарнирно специальной кареткой 13, к которой прикреплен полз 14 с токосъемными вставками. Благодаря наличию синхронизирующих тяг 6, связанных с валами рычагами 10, валы и вместе с ними нижние рамы 11 могут поворачиваться только одновременно и симметрично (либо сходиться, либо расходиться).

При повороте навстречу, т. е. левого вала по часовой стрелке, а правого — против, рамы поднимаются. При обратном движении валов токоприемник опускается. Растянутые пружины 7 постоянно стремятся повернуть валы навстречу, т. е. поднять токоприемник, поэтому их называют подъемными. Сжатая пружина 3 стремится повернуть рычаг 9 по часовой стрелке. Толкатель 4 через фигурный рычаг 5 поворачивает вал 2 в направлении опускания токоприемника.

Таким образом, на токоприемник постоянно действуют подъемные и опускающие пружины с усилиями, направленными в противоположные стороны. Однако воздействие опускающих пружин, как отмечено выше, сильнее и токоприемник нормально опущен. При подаче сжатого воздуха в цилиндр 8 поршень, преодолевая усилие пружины 3, перемещается вправо, рычаг 9 поворачивается против часовой стрелки, отводя толкатель 4 от рычага 5. Этим исключается воздействие опускающей пружины, и подъемные пружины осуществляют беспрепятственно подъем токоприемника. Сила нажатия токоприемника на контактный провод зависит от усилий подъемных пружин.

Чтобы опустить токоприемник, сжатый воздух нужно выпустить из цилиндра в атмосферу. Опускающая пружина 3, разжимаясь, поворачивает рычаг 9 по часовой стрелке; толкатель 4, нажимая на рычаг 5, поворачивает вал 2 по часовой стрелке (а левый вал поворачивается против часовой стрелки), и происходит опускание токоприемника.

Токоприемники, разработанные специально для электровозов переменного тока, существенно отличаются от токоприемников П-1В, имеют более совершенную конструкцию и лучшие технические данные.

Кинематическая схема токоприемника ТЛ-13У такая же, как П-1В, а кинематическая схема привода (рис. 165) иная. Два вала 2, которые могут поворачиваться в раме 1 вокруг своих осей, составляют основу подвижной системы. На каждом из них жестко закреплены стойки 11 которые иногда (по аналогии с токоприемником П-1В) называют нижними рамами. Верхние рамы 12 шарнирно связаны со стойками и друг с другом. В верхней части с помощью кареток 13 укреплен полз 14 с токосъемными вставками. Тяга 6, связанная с валами 2 рычагами 8, синхронизирует движение обеих половин токоприемника. Растянутые пружины 7 рычагами 9 постоянно стремятся повернуть валы навстречу, т. е. поднять токоприемник. Сжатые опускающие пружины 4, вмонтированные в цилиндр привода 3, стремятся сблизить поршни. Последние через промежуточные валы 5 и тяги 10 постоянно создают вращающие моменты, приложенные к валам 2 и действующие в направлении

Т а б л и ц а 9

Наименование показателя	Характеристики токоприемника типа		
	П-1В	ТЛ-13У	2SLS-1
Номинальное напряжение в кв	25	25	25
Длительный допустимый ток в а:			
при движении	600	500	400
» стоянке	50	50	50
Максимально допустимая скорость в км/ч	120	160	160
Максимальная высота в сложенном состоянии от опорной поверхности изолятора до накладок в мм	785	740	620
Рабочая высота в мм:			
максимальная	1900	1900	1600
минимальная	400	400	250
Нажатие на контактный провод в рабочем диапазоне в кг:			
при подъеме не менее	7	6	6
» опускании не более	11	9	9
Опускающее усилие в рабочем диапазоне в кг не менее	4,5	10	14
Разность нажатий при опускании и подъеме в любой точке рабочего диапазона в кг не более	3	2	2
Время подъема (или опускания) до максимальной рабочей высоты в сек	4—7	4—7	4—6
Давление сжатого воздуха в ат:			
номинальное	5	5	4,7
минимальное	3,75	3,5	2,4
Полный прогиб каретки в мм	50	50	30
Вес в кг с изоляторами	440	315	320

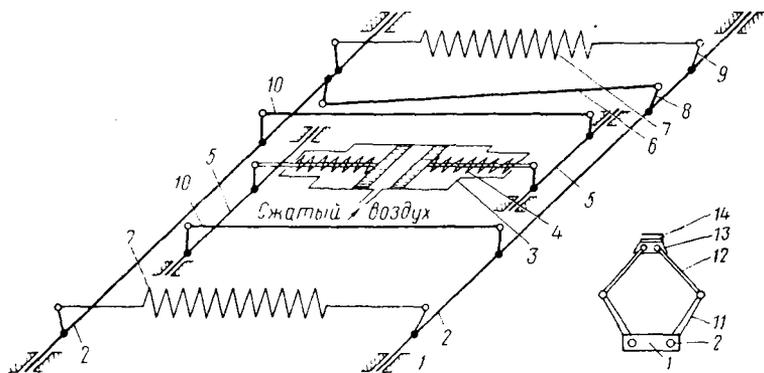


Рис. 165. Кинематическая схема токоприемника ТЛ

опускания токоприемника. Таким образом, действия пружин 4 и 7 противоположны. Однако воздействие опускающих пружин сильнее, и, когда нет сжатого воздуха в цилиндре, токоприемник опущен. При подаче сжатого воздуха в цилиндр поршни расходятся, сжимают опускающие пружины. Системой рычагов и тяг поступательное движение поршней превращается во вращательное движение промежуточных 5 и основных 2 валов, и токоприемник поднимается.

При такой кинематической схеме сила нажатия полоза на контактный провод зависит от соотношения усилий подъемных и опускающих пружин, а также от давления сжатого воздуха в цилиндре привода. Чтобы опустить токоприемник, сжатый воздух нужно выпустить из цилиндров в атмосферу. Опускающие пружины, возвращая поршни с тягами в исходное положение (преодолевая действие подъемных пружин), разворачивают валы в направлении опускания токоприемника. Таким образом, кинематические схемы приводов токоприемников П-1В и ТЛ-13У хотя и различны, но имеют много общего, так как выполняют одни и те же функции в одинаковых условиях.

Токоприемник со всеми деталями, включая раму, валы, цилиндр сжатого воздуха и др., находится под высоким напряжением контактной сети. Поэтому он установлен на опорных изоляторах. Чтобы изолировать цилиндр сжатого воздуха от корпуса (крыши) электровоза, воздух к нему подводят через специальный изоляционный шланг.

Для уменьшения веса токоприемника и массы подвижных частей его основание изготавливают из полых элементов прямоугольного сечения, а тяги и детали рам — из труб. Чтобы электрический ток не протекал через шарнирные соединения, которые представляют собой омическое сопротивление, и не вызывал их перегрева и разрушения, на каждом шарнирном соединении установлен обводной гибкий шунт.

Для защиты токоприемника от ударов полоз его крепят к верхним рамам с помощью специального упругого механизма — так

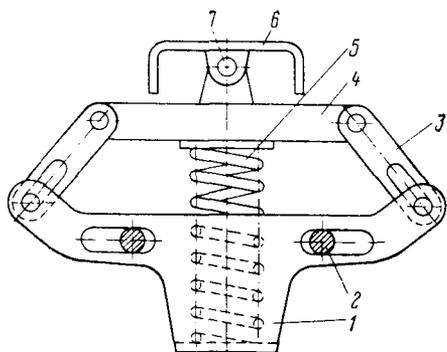


Рис. 166. Устройство каретки токоприемника

помощью оси 7 посажено коромысло 6 (на рисунке показано коромысло токоприемника П-1В, оно несколько отличается от коромысла токоприемника ТЛ-13У). Коромысло на оси 7 может поворачиваться в определенных пределах относительно планки 4. К коромыслу болтами крепят полоз токоприемника.

Основание 1, серьги 3 и планка 4 образуют трапецию. Между основанием 1 и верхней планкой 4 вставлена сжатая пружина 5, которая всегда стремится растянуть трапецию, придав ей симметричную форму. Прорези в серьгах 3 позволяют изменять форму трапеции. Верхняя планка с полозом может перемещаться вниз, вправо, влево, параллельно самой себе и может также поворачиваться относительно основания.

Коромысло с полозом имеет возможность поворачиваться в небольших пределах (до упора концов коромысла в планку) относительно оси 7. Благодаря такой конструкции каретки при резких изменениях высоты контактного провода (не более чем на 25 мм) удары полоза смягчаются упругим механизмом. При плавном изменении высоты контактного провода упругий механизм крепления полоза практически не действует, а изменение высоты подъема токоприемника происходит в результате изменения положения рам.

Длина полоза выбрана с учетом зигзагообразной подвески контактного провода, которая обеспечивает большую равномерность износа контактных вставок. Концы полоза опущены вниз с тем, чтобы контактный провод не мог попасть под полоз.

Неравномерность движения токоприемника при опускании (быстрый отрыв и медленное опускание) достигается неравномерным выпуском сжатого воздуха из цилиндра. Для управления токоприемником на электровозах установлен клапан типа КПП-17-09, представляющий собой разновидность электропневматического вентиля. При возбуждении вентиля система клапанов открывает доступ сжатому воздуху в цилиндр управления токоприемником. Проходное сечение устанавливают специальным регулировочным винтом. От величины сечения зависит скорость подъема токоприемника.

называемых кареток; с каждой стороны токоприемника имеется по одной каретке. Основание 1 каретки (рис. 166) посажено на поперечные прутки 2, которые жестко связаны с верхними рамами. При подъеме и опускании токоприемника расстояние между прутками меняется. Поэтому в основании каретки сделаны горизонтальные прорези, в которых передвигаются прутки.

С основанием шарнирно соединены две серьги 3, а с ними также шарнирно связана верхняя планка 4 со стойкой.

При снятии напряжения (50 в) с электропневматического вентиля система клапанов отсоединяет цилиндр от резервуара сжатого воздуха и соединяет его с атмосферой. Вначале, когда давление сжатого воздуха в цилиндре еще достаточно велико, открывается дополнительный выход для воздуха из цилиндра. Благодаря этому давление быстро падает и полоз отрывается от контактного провода с достаточно большой скоростью. Затем при уменьшении давления в цилиндре дополнительное выходное отверстие в клапане токоприемника закрывается, и оставшийся сжатый воздух продолжает выходить уже через небольшой канал, сечение которого подобрано так, что токоприемник опускается медленно, без ударов.

На полозе токоприемника укреплены токосъемные угольные вставки (раньше были медные). На зарубежных электровозах иногда применяют вставки и из других материалов: во Франции, например, стальные, в Японии — металлокерамические.

Медные вставки необходимо было систематически смазывать, ибо только при обильной смазке они работали хорошо, не вызывая повышенного износа контактного провода. При недостаточной смазке (например, после сильного дождя) на трущихся друг о друга медных поверхностях вставки и провода появлялись задиры, неровности, увеличивавшие износ контактного провода и ухудшавшие токосъем.

Угольные вставки (рис. 167) выгодно отличаются от медных. Они не требуют смазки. Благодаря слоистой структуре графита при скольжении вставки по проводу происходит самосмазывание. Все неровности контактного провода заполняются графитом, провод шлифуется. При угольных вставках износ контактного провода в несколько раз меньше, чем при медных. Поэтому угольные вставки получили практически повсеместное распространение на электровозах переменного тока.

Рассмотрим некоторые особенности устройства токоприемников 2SLS-1, установленных на электровозах ЧС4.

Кинематическая схема этого токоприемника (рис. 168) несколько проще тех, которые были рассмотрены. Две растянутые подъемные пружины 7, действуя на рычаги 9, стремятся повернуть валы 2 навстречу, т. е. поднять токоприемник. Однако опускающие пружины 4, действуя на поршень, стремятся повернуть правый вал 2 по часовой стрелке. Но оба вала 2, связанные симметрирующей тягой 6, могут поворачиваться в раме 1 только одновременно, оставаясь всегда симметричными. Поэтому действие опускающей пружины от правого вала 2 через рычаги 8 и тягу 6 передается на левый

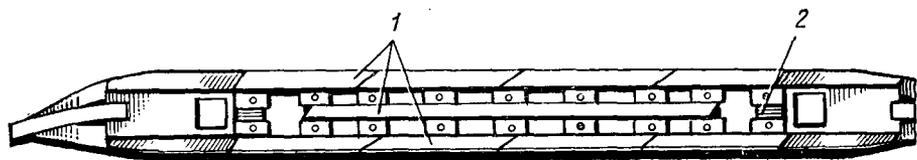


Рис. 167. Полоз с угольными вставками:

1 — угольные вставки; 2 — полоз

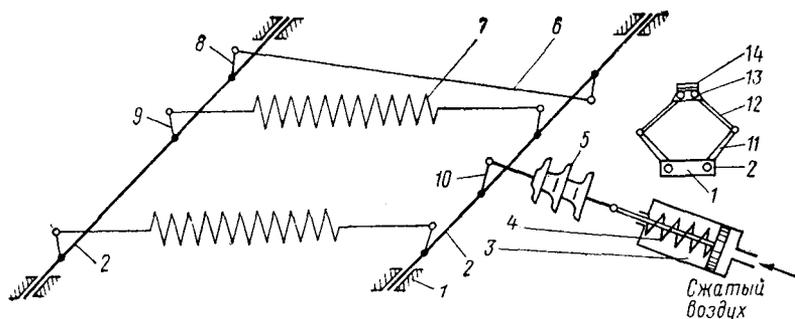


Рис. 168. Кинематическая схема токоприемника электровоза ЧС4 (позиции 11—14 означают то же, что на рис. 165)

вал, но уже в направлении против часовой стрелки. Усилие опускающих пружин больше, чем подъемных, и при отсутствии сжатого воздуха токоприемник опущен.

При подаче сжатого воздуха в цилиндр 3 поршень перемещается влево, воздействуя на рычаг 10. Правый вал 2 при этом поворачивается против, а левый вал 2 — по часовой стрелке, и токоприемник поднимается. При необходимости опустить токоприемник машинист выпускает сжатый воздух из цилиндра, и опускающие пружины 4, преодолевая сопротивление подъемных 7, опускают его.

Отличительной особенностью привода токоприемника 2SLS-1 является применение изолятора 5, изолирующего приводной цилиндр от высокого напряжения. Каретка по схеме и конструкции несколько отличается от кареток токоприемников П-1 и ТЛ, но эти отличия не вносят изменений в работу токоприемника.

## § 47. Главные выключатели

Главный выключатель (ГВ) прерывает питание электровоза переменного тока со стороны контактной сети. Выключатель устанавливают в цепи питания первичной обмотки трансформатора. При его отключении прерывается цепь питания первичной обмотки трансформатора, а следовательно, снимается напряжение со вторичной и вспомогательной обмоток. Если ГВ отключается во время движения электровоза, то прекращается тяговый режим и останавливаются вспомогательные машины.

Главное назначение ГВ — защитные действия. Во всех тяжелых аварийных режимах, которые представляют опасность для основного оборудования электровоза, защиты воздействуют на ГВ, при отключении которого снимается напряжение с силовых и вспомогательных цепей электровоза. Снятие напряжения приводит к прекращению питания тяговых двигателей и вспомогательных машин, все силовые цепи электровоза, в том числе и цепь с аварийным режимом, остаются без напряжения — аварийный режим прекращается. Чем меньше

времени проходит от возникновения аварийного режима до снятия напряжения, тем меньше опасность повреждения оборудования. Главный выключатель отключается за 0,04—0,06 сек, что обеспечивает в большинстве случаев сохранность оборудования электровоза.

Во время работы на электровозе машинисту часто приходится отключать ГВ, что он осуществляет с помощью соответствующей кнопки. Например, перед опусканием токоприемника машинист обязан выключить ГВ. Если он этого не сделает, то при опускании токоприемника между полозом и проводом образуется устойчивая и довольно продолжительная (1—2 сек) дуга, которая может повредить поверхности контактного провода и вставок, что приведет к их ускоренному износу.

При осмотре или ремонте электровоза, находящегося под контактным проводом, отключать ГВ необходимо также для обеспечения безопасности работающих в высоковольтной камере людей. По условиям безопасности необходим двойной разрыв между контактным проводом и электрическими цепями электровоза, на котором работают люди. Первый разрыв образуется между проводом и опущенным токоприемником, а второй обеспечивается отключенным ГВ. Если при осмотре электровоза ГВ оставить включенным, то в случае обрыва контактного провода или струнки контактной сети на токоприемник попадет напряжение 25 кв, и, следовательно, все цепи электровоза окажутся под напряжением.

В настоящее время на электровозах переменного тока в качестве ГВ устанавливают воздушные выключатели, в которых сжатый воздух используется и для привода выключателя, и для гашения дуги, образующейся на контактах при их размыкании. Токоведущая цепь воздушного выключателя имеет две пары контактов: разрывные контакты и разъединитель.

Процесс отключения воздушного выключателя состоит из двух последовательных операций: размыкания разрывными контактами силовой цепи под нагрузкой и размыкания разъединителем уже обесточенной цепи. После отключения разъединителя происходит замыкание теперь уже обесточенных разрывных контактов. Силовая цепь остается разорванной контактами разъединителя. Все операции строго согласованы во времени: каждая последующая начинается только после завершения предыдущей. Нельзя допустить, например, чтобы размыкание контактов разъединителя началось раньше чем погаснет дуга на разрывных контактах. Это привело бы к выгоранию и порче контактов разъединителя, не приспособленных для размыкания цепи под нагрузкой. Нельзя также допустить, чтобы в процессе отключения выключателя разрывные контакты замкнулись раньше чем разъединитель займет отключенное положение. В противном случае отключатель не произведет отключения цепи, а лишь кратковременно ее прервет. Таким образом, разрывные контакты замкнуты как при включенном, так и при отключенном ГВ. Они лишь кратковременно размыкаются в процессе отключения выключателя, разрывая силовую цепь под нагрузкой и обеспечивая возможность отключения разъединителей.

Процесс включения воздушного выключателя заключается лишь в замыкании контактов его разъединителя (разрывные контакты замкнуты).

На отечественных электровозах в настоящее время устанавливают воздушные выключатели типа ВОВ-25-4М. Буква М обозначает, что выключатели этого типа по сравнению с ВОВ-25-4 модернизированы. В частности, усилен воздухопроводный наклонный изолятор — стенки его стали толще, прочнее, вероятность разрушения уменьшилась. В нем увеличено изоляционное расстояние (по перекрытию). Резервуар сжатого воздуха изготовляют из нержавеющей стали. С целью более быстрого и надежного гашения дуги улучшена конструкция дугогасительных контактов, введена постоянная продувка воздухом дугогасительной камеры, комплектно с выключателем поставляется резистор нелинейного сопротивления. Однако устройство, конструкция и технические данные практически одинаковы у выключателей обоих типов.

Номинальное напряжение . . . . .	25 кв	+16% -25%
Номинальный ток . . . . .	400 а	
Предельный ток отключения . . . . .	10 ка	
Сквозной ток короткого замыкания . . . . .	25 »	
Диапазон рабочего давления воздуха . . . . .	6—9 ат	
Мощность отключения:		
при давлении 6—9 ат . . . . .	250 Мва	
»   »   5—6 » . . . . .	125 »	
при двукратном отключении без пополнения запаса воздуха и начальном давлении в баке не менее 8 ат . . . . .	250 »	
то же не менее 7 ат . . . . .	125 »	
Пределы ступенчатого регулирования тока уставки автоматического отключения . . . . .	200—500 а	
Собственное время автоматического отключения от промежуточного реле не более:		
при двукратном токе срабатывания . . . . .	0,05 сек	
» токе, равном 130% тока срабатывания . . . . .	0,06 »	
Собственное время отключения от электромагнита переменного тока не более . . . . .	0,04 »	
Номинальное напряжение цепей управления . . . . .	50 в	+20% -35%
Уставка срабатывания реле минимального давления:		
на замыкание контактов . . . . .	5,8—0,2 ат	
» размыкание   » . . . . .	4,8—0,2 »	
Количество блок-контактов:		
замыкающих . . . . .	3	
размыкающих . . . . .	3	
Вес выключателя . . . . .	200 кг	

Рассмотрим, как устроены и работают воздушные выключатели, и попутно отметим их характерные особенности.

Воздушный выключатель ВОВ-25-4 (рис. 169) разработан Всесоюзным электротехническим институтом (ВЭИ). Его основными элементами являются разъединитель и разрывные дугогасительные контакты. Нож разъединителя 4 жестко укреплен на поворотном

высоковольтном изоляторе 5. Во включенном положении нож замкнут с контактом 2, а в отключенном — с заземляющим кронштейном 3.

Разрывные контакты выключателя установлены в горизонтально расположенном изоляторе 1, который одновременно является и дугогасительной камерой. Этот изолятор укреплен на наклонно расположенном пустотелом опорном изоляторе 9, через который подается сжатый воздух в дугогасительную камеру.

Механизмы включения и отключения выключателя находятся в нижней части — в силовом корпусе 6. Корпус выключателя закреплен на крыше электровоза в специальном люке. К одной из стенок корпуса прикреплен воздушный резервуар 8, в котором находится запас сжатого воздуха. Из резервуара выведена трубка 7, предназначенная для спуска сжатого воздуха в случае необходимости и для отвода конденсата. В трубку врезан специальный запорный вентиль.

Токоведущая цепь выключателя образована разъединителем 11 (рис. 170), выводом 9, корпусом цилиндра 6, подвижным и неподвижными разрывными контактами 5 и 2, расположенными в дугогасительной камере 3, и фланцем 1, к которому подсоединена шина. Подвижной разрывной контакт 5 связан с поршнем 7, который постоянно отжат сжатой пружиной 8 в сторону замыкания контактов.

Контактная поверхность токоведущих деталей с целью обеспечения надежного электрического контакта покрыта слоем серебра. Величина контактного нажатия разрывных контактов составляет примерно 45 кГ. Токоведущая цепь изолирована от корпуса опорными изоляторами 34 и 12.

Для смягчения ударов поршня 7 при его перемещении в крайнее правое положение предусмотрен демпфер (на рисунке не показан), набранный из резиновых и стальных шайб.

Воздушный выключатель является основным защитным аппаратом, поэтому он должен быть постоянно готов к действию — к отключению. Возможно и ошибочное включение выключателя на короткозамкнутую цепь. При этом он должен немедленно отключиться. Следовательно, до включения выключателя в его резервуаре должно быть достаточно сжатого воздуха, чтобы он был способен надежно произвести отключение. Этот контроль обеспечен специальным реле давления 36, которое не допускает включения при недостаточном давлении в резервуаре и производит отключение, если при снижении давления оно достигает минимального уровня.

Пользуясь принципиальной схемой выключателя (см. рис. 170) рассмотрим, как он работает. Для включения его, т. е. для вклю-

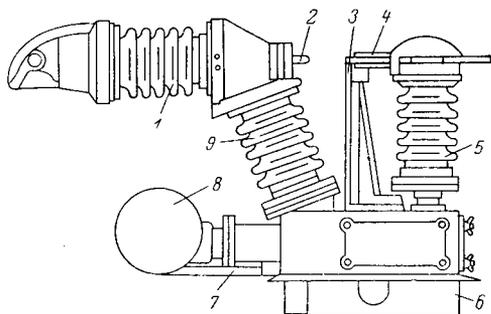


Рис. 169. Воздушный выключатель BOB-25-4

чения разъединителя, необходим сжатый воздух в резервуаре 38 при давлении не ниже 5,6 ат. Если давление ниже 5,6 ат, то контакты реле давления 36 отключают общий минусовый провод всех цепей управления. При этом невозможно произвести включение. Забегая вперед, отметим, что если выключатель был включен, а давление стало ниже 4,8 ат, то контакты реле давления приведут в действие отключающий механизм выключателя и произойдет отключение.

Чтобы включить выключатель, машинист сначала включает кнопку *Выключение ГВ*. При этом напряжение 50 в подается на удерживающую катушку 28. Затем машинист кратковременно, в течение 2—3 сек, нажимает кнопку *Включение ГВ и возврат реле*, имеющую пружину возврата. При этом напряжение 50 в через соответствующие блок-контакты в цепи управления и через блок-контакт выключателя, замкнутый в отключенном положении выключателя, подается на включающий электромагнит 26, который на схемах электрических цепей обозначен *4 вкл.* Он воздействует на пусковой клапан 23. Когда клапан откроется, сжатый воздух по каналу 22 устремится в цилиндр 19 под поршень 21 и переместит его в левое крайнее положение.

При движении штока 18, тяги и рычага 17 поворачиваются вал 15 и изолятор 12 с ножом разъединителя на угол  $60^\circ$  до замыкания ножа 11 с контактом 9. В конце поворота вала рычаг 13 переключает блок-контакты, один из которых размыкает цепь включающего электромагнита 26. Сердечник электромагнита возвращается в исходное положение, пусковой клапан закрывается, и сжатый воздух из цилиндра 19 уходит в атмосферу. Поршень 21 остается в крайнем левом положении.

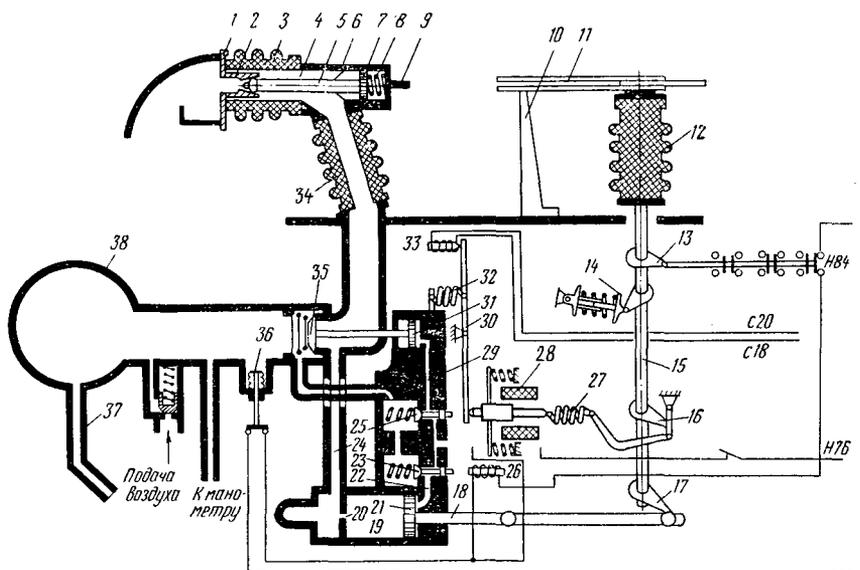


Рис. 170. Принципиальная схема воздушного выключателя

В отключенном положении разъединителя рычаг 16 через тягу растягивает пружину 27, которая оттягивает якорь электромагнита 28 в крайнее правое положение. Благодаря этому, при отключенном выключателе обесточивание удерживающего электромагнита не вызовет перемещения якоря влево и не приведет в действие механизм отключения выключателя.

После поворота вала 15 в сторону включения рычаг 16 освобождает пружину 27, и в дальнейшем положение якоря удерживающего электромагнита будет зависеть лишь от того, находится электромагнит 28 под напряжением или нет. Электромагнит 28 часто называют удерживающей катушкой. Якорь удерживающего электромагнита сжатыми пружинами постоянно отжимается в крайнее левое положение, т. е. в то положение, при котором начинает действовать механизм отключения. Если электромагнит находится под напряжением (50 в), электромагнитные силы превосходят силы пружин и удерживают якорь в крайнем правом положении. Если же электромагнит обесточится, то под действием пружин якорь переместится в левое положение, и тогда начнется отключение выключателя.

Для того чтобы отключить главный выключатель, нужно либо разомкнуть цепь удерживающей катушки, либо подать напряжение на отключающий соленоид 33. Цепь удерживающей катушки может быть разомкнута отключением кнопки *Выключение ГВ* либо контактами реле той или иной защиты. Например, на электровозе ВЛ80<sup>к</sup> цепь удерживающей катушки разрывается при срабатывании защиты от перегрузки тяговых двигателей, дифференциальной защиты, защиты выпрямительных установок, защиты от замедленного вращения вала переключателя ступеней, земляной защиты, токовой защиты вспомогательных цепей и токовой защиты силовой цепи.

Отключающий соленоид 33 получает питание от переменного напряжения в случаях срабатывания дифференциальной защиты. Как при размыкании цепи удерживающей катушки, так и при подаче питания на отключающий соленоид рычаг 30 поворачивается по часовой стрелке, преодолевая усилие пружины 32. Пусковой клапан 25 открывается, и через него сжатый воздух по каналу 29 устремляется к поршню 31, при перемещении которого влево открывается главный пусковой клапан 35. Теперь из резервуара 38 поток сжатого воздуха поступает в дугогасительную камеру 4 и одновременно по каналу 24 через диафрагму 20 в цилиндр 19 привода разъединителя.

В дугогасительной камере под действием возрастающего давления поршень 7 и связанный с ним подвижной контакт 5, сжимая пружину 8, переместятся вправо на 25 мм. Между разрывными контактами возникнет электрическая дуга. В образовавшуюся круговую щель между подвижным 5 и неподвижным 2 контактами устремится сжатый воздух.

Электрическая дуга, образовавшаяся между контактами, выдувается и гасится потоком сжатого воздуха, который попадает в полость головки, а затем выходит в атмосферу. Отключение вы-

ключателя всегда сопровождается звуком удара и хлопком, соответствующим кратковременному выбросу сжатого воздуха в атмосферу.

С наибольшим запаздыванием, которое определяется величиной диафрагмы 20, через 0,030—0,035 сек после начала размыкания дугогасительных контактов поршень 21 под действием сжатого воздуха перемещается в крайнее правое положение, размыкая токоведущую цепь и соединяя нож разъединителя с заземляющим кронштейном 10.

При повороте вала 15 в направлении, соответствующем отключению, растягивается пружина 27, перемещает якорь электромагнита 28 вправо и тем самым освобождает рычаг 30 и клапан 25 от воздействия на них якоря. Клапан 25 закрывается, воздух из-под поршня 31 уходит в атмосферу, и закрывается главный клапан 35. После этого давление в камере 4 падает и поршень 7 с подвижным контактом 5 возвращается в крайнее левое положение; дугогасительные контакты замыкаются.

Как в отключенном, так и во включенном положениях вал 15 фиксируется доводящим механизмом 14 со сжатой пружиной.

Конденсат из резервуара 38 удаляется через трубку 37.

Комплектно с воздушным выключателем ВОВ-25-4М поставляются резистор с нелинейным сопротивлением, специальный трансформатор тока на проходном изоляторе и реле, с помощью которого осуществляется защита от коротких замыканий в силовой цепи электровоза.

После размыкания разрывных контактов главного выключателя на них возникает дуга, которая погасает обычно тогда, когда ток переходит через нулевое значение. В определенных условиях дуга может погаснуть и раньше, что сопровождается резким спаданием тока.

В этом случае возникают большие перенапряжения, для снижения которых разрывные контакты шунтируют высоковольтным резистором с нелинейным сопротивлением, который как бы затягивает спадание тока до нуля и тем самым защищает цепи от возникновения перенапряжений. В момент погасания дуги на разрывных контактах напряжение на них резко возрастает, сопротивление резистора, подключенного параллельно разрывным контактам, уменьшается. Благодаря этому и удается предотвратить чрезмерное повышение напряжения.

Резистор с нелинейным сопротивлением типа ВНКС-25 (рис. 171) состоит из полого фарфорового изолятора 1, внутри которого расположены керамические шайбы 2, прижимаемые пружиной 3. Фланцы 4 закрывают изолятор с торцов и одновременно исполь-

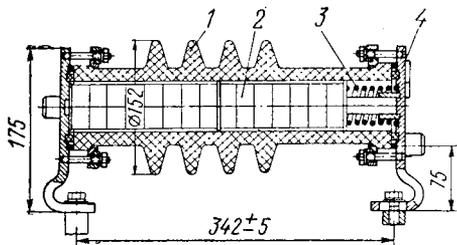


Рис. 171. Резистор нелинейного сопротивления ВНКС-25

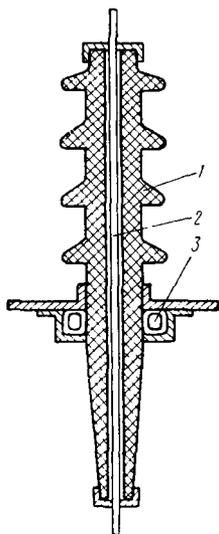


Рис. 172. Проходной изолятор с трансформатором тока

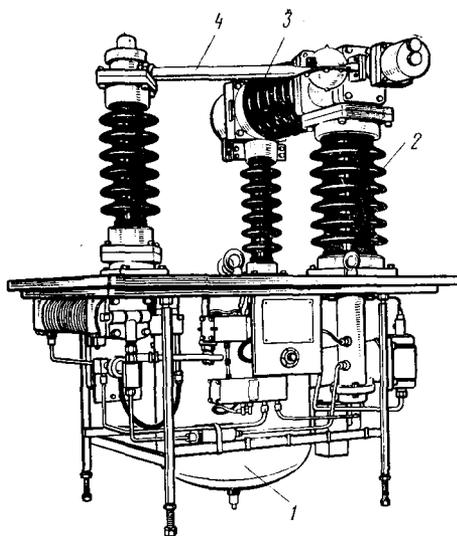


Рис. 173. Воздушный выключатель электровоза ЧС4:

1 — резервуар сжатого воздуха; 2 — полый опорный изолятор; 3 — горизонтальный изолятор; 4 — нож разъединителя

зуются для крепления резистора к главному выключателю. Сопротивление резистора ВНКС-25 при температуре  $25^{\circ}\text{C}$  с увеличением амплитуды напряжения от 26 до 50 кВ уменьшается от 60—100 до 7—12 тыс. ом.

Через проходной изолятор 1 (рис. 172) осуществляется ввод высокого напряжения 25 кВ в кузов электровоза — к силовому трансформатору.

В проходной изолятор встроен трансформатор тока, первичной обмоткой которого является токоведущий стержень 2 изолятора. Вторичная обмотка трансформатора тока намотана на кольцевой сердечник 3. Она имеет 16 витков. Таким образом, коэффициент трансформации равен 16.

Если ток, протекающий через проходной изолятор, будет равен 258 а (ток уставки), то ток во вторичной обмотке будет  $258 \text{ а} : 16 \approx \approx 16 \text{ а}$ . Такой ток обеспечивает надежное срабатывание реле максимального тока РМТ, которое смонтировано на панели и крепится к корпусу выключателя.

Катушка реле имеет шесть выводов, которыми она подсоединяется к трансформатору тока. Меняя количество рабочих витков катушки можно изменять уставку реле максимального тока. Чем больше витков в катушке реле, тем меньший ток будет достаточен для его срабатывания.

На электровозах ЧС4 в качестве главных устанавливают воздушные выключатели 2DW-25A1 (рис. 173).

## Технические данные выключателя следующие:

Номинальное напряжение . . . . .	25 кв
Максимальное эксплуатационное напряжение . . . . .	27,5 »
Номинальный ток . . . . .	400 а
Выключающая мощность:	
номинальная . . . . .	250 Мва
при давлении 8 ат . . . . .	200 »
»      »      6 ат . . . . .	150 »
Ток отключения:	
номинальный . . . . .	10 ка
при давлении 8 ат . . . . .	8 »
»      »      7 ат . . . . .	6 »
Кратковременный односекундный ток . . . . .	10 »
Динамический ток . . . . .	25 »
Включающий ток . . . . .	25 »
Напряжение управления:	
номинальное . . . . .	48 в
наименьшее . . . . .	33 »
наибольшее . . . . .	58 »
Мощность:	
вентиля выключающего . . . . .	10 вт
»      включающего . . . . .	150 »
Испытательное напряжение:	
действующее в течение 1 мин . . . . .	75 кв
ударное в течение 0,02 мсек . . . . .	180 »
Номинальное давление воздуха . . . . .	9 ат
Допустимый диапазон давления воздуха . . . . .	6,5—9 ат
Количество воздуха, необходимое:	
для включения . . . . .	10 л
» отключения . . . . .	150 »
» вентиляции . . . . .	50 л/ч
Время выключения собственное . . . . .	0,04 сек
» горения дуги . . . . .	0,02 »
Полное время выключения . . . . .	0,06 »

Как по устройству, так и по внешнему виду этот выключатель похож на выключатель ВОВ-25-4. Он также состоит из разъединителя с поворотным изолятором, разрывных контактов, смонтированных в горизонтальном полом изоляторе, и привода.

Основанием выключателя является плита, которой его крепят к крыше электровоза. Над крышей размещается высоковольтная часть выключателя (разъединитель и дугогасительные контакты), а в кузове — привод, резервуар сжатого воздуха и другие вспомогательные аппараты.

Включение выключателя сводится к включению разъединителя, так как его разрывные контакты всегда замкнуты. После подачи напряжения на катушку 27 (рис. 174) включающего электропневматического вентиля 26 клапаны перемещаются влево и сжатый воздух из резервуара 37 через левый клапан поступает под правый поршень привода 14 разъединителя. Одновременно в разгрузочном вентиле 15 приподнимается клапан, через который левая полость цилиндра соединяется с атмосферой. Это приводит к перемещению поршней привода разъединителя влево и повороту кулисного рычага вместе с изолятором 12 в сторону включения разъединителя. Доводящая пружина 13 (она же является фиксирующей) обеспечивает

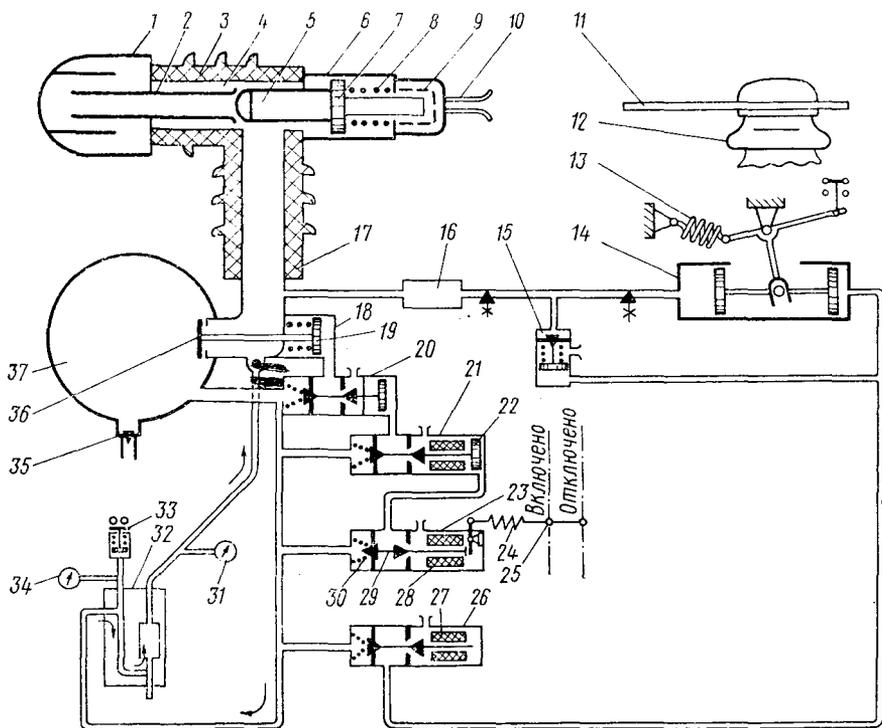


Рис. 174. Принципиальная схема выключателя DW-25С электровоза ЧС4

поворот ножа *11* до полного замыкания его с контактами *10*. С приводом разъединителя связаны блок-контакты выключателя. Один из них после включения разъединителя прерывает цепь включающей катушки *27*, клапаны вентиля под действием пружины перемещаются вправо, в результате чего правая полость цилиндра соединяется с атмосферой. Разъединитель остается включенным благодаря фиксирующему воздействию пружины *13*.

Одновременно с включением разъединителя в действие защитный электромагнитный удерживающий вентиль. В отключенном положении выключателя шарнир *25* пружины *24* находится в положении *Отключено* и рычажок удерживает клапаны в левом крайнем положении. Когда выключатель включен, шарнир *25* находится в положении *Включено* — пружина *24* и рычажок бездействуют. Но теперь электромагнит *28* удерживает клапаны *29* в левом положении. Если же электромагнит *28* потеряет питание, пружина *30* переместит клапаны вправо и начнется процесс отключения выключателя. Сжатый воздух из резервуара *37* через левый клапан вентиля *23* устремляется под поршень *22* другого отключающего вентиля *21*, который называют импульсным. Через клапан импульсного вентиля воздух поступает под поршень каскадного вентиля *20*, в котором также происходит перемещение и переключение клапанов.

Через левый клапан каскадного вентиля сжатый воздух попадает в цилиндр 18. Поршень 19, перемещаясь влево, открывает главный клапан 36, через который воздух из резервуара устремляется прежде всего вверх — в дугогасительную камеру 4, а также вправо — к приводу разъединителя 14. С повышением давления в дугогасительной камере поршень 7, размещенный в цилиндре 6, вместе с подвижным разрывным контактом 5 отходит от неподвижного контакта вправо. Мощный поток сжатого воздуха, проходя через образовавшийся кольцевой зазор между неподвижным и подвижным контактами, гасит образовавшуюся дугу. После дугогасительной камеры 4, находящейся внутри изолятора 3, и выхлопной камеры 1 воздух выбрасывается наружу.

Чтобы избежать резких ударов во время отключения, выключатель оборудован гидравлическим амортизатором 9. Сразу же после погасания дуги необходимо отключить разъединитель. С этой целью сжатый воздух подается в привод разъединителя 14 — под левый поршень. Чтобы обеспечить определенную выдержку времени, необходимую для разрыва силовой цепи и гашения дуги, воздух в привод разъединителя подают через замедляющий резервуар 16.

После того как нож разъединителя займет отключенное положение (с помощью пружины 13), пружина 24, нажимая на рычажок, поставит клапаны вентиля 23 в нормальное крайнее левое положение. Импульсный 21 и каскадный 20 вентиля обеспечат закрытие главного клапана 36. Прекратится поток воздуха внутри изоляторов 17 и 3. Давление в дугогасительной камере снижается, подвижной контакт 5 под действием пружины 8 замкнется с неподвижным 2.

Высоковольтная камера выключателя при наличии сжатого воздуха в резервуаре постоянно продувается сухим воздухом, что создает благоприятные условия для гашения дуги. Воздух из резервуара перед подачей в камеру очищают от пыли и осушают в водоотделителе 32. Направление вентилирующего воздуха на рисунке показано стрелками. Манометры 34 и 31 показывают давление в резервуаре и в трубке для продува дугогасительной камеры. Реле давления 33 контролирует давление в резервуаре. Сжатый воздух в резервуар поступает через обратный клапан 35.

#### **§ 48. Разъединители токоприемников и переключатель рода тока**

**Разъединитель токоприемников.** В случае повреждения токоприемника, например, при поломке с замыканием на корпус электровоза, его необходимо отсоединить от силовой цепи. Для этого на крыше электровоза устанавливают по одному разъединителю на каждый токоприемник; на электровозах переменного тока первых выпусков устанавливали разъединитель РВН-60. Включали и отключали его с земли изолированной штангой. На последующих шестиосных и восьмиосных электровозах переменного тока устанавливают разъединитель РВН-2 (рис. 175) с ручным приводом, выведенным

под крышу в кузов электровоза. Технические данные разъединителя РВН-2 следующие:

Номинальное напряжение . . . . .	25 кв
Номинальный ток . . . . .	300 а
Контактное нажатие . . . . .	9,5—10,5 кг
Вес . . . . .	90 кг

Устройство разъединителя весьма несложно. На стальной плите 4 закреплены два опорных изолятора 4, на которых смонтированы контактные ножи 5. Подвижной нож 5 вместе с опорным изолятором жестко закреплен на валу ручного привода 3. Ручной привод имеет два фиксированных положения: *Включено* и *Выключено*. Отключение и включение разъединителя производят рукояткой 1. О том, в каком положении находится разъединитель, можно судить по положению специального указателя 2. Нож в определенном положении фиксируется устройством с западающим роликом. Пружиной 6 поддерживается постоянное нажатие контактов разъединителя.

На электровозах ЧС4 в цепи между токоприемником и главным выключателем также установлены разъединители, которые лишь конструкцией контактов несколько отличаются от разъединителя РВН-2. Общий вид обоих разъединителей на крыше электровоза ЧС4 показан на рис. 176. Они имеют ручной привод. Разъединители поворотного типа. Каждый нож постоянно соединен со своим токоприемником. В отключенном положении нож 2 разъединителя замыкает цепь токоприемника на корпус электровоза (контакт 1), а во включенном — на главный выключатель (контакт 3).

**Переключатель рода тока.** На электровозах двойного питания в зависимости от того, какое напряжение в контактной сети (переменное 25 кв или постоянное 3,3 кв), напряжение должно быть подано либо на тяговый трансформатор, либо в силовые цепи тяговых двигателей. Соответствующие переключения в высоковольтной

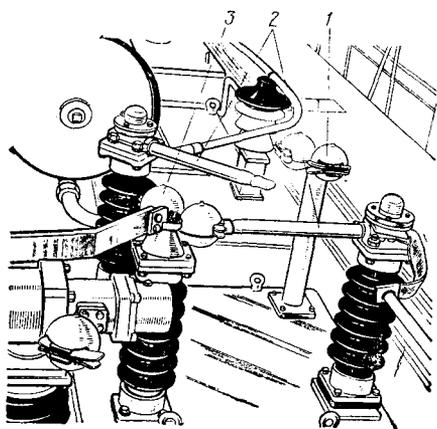
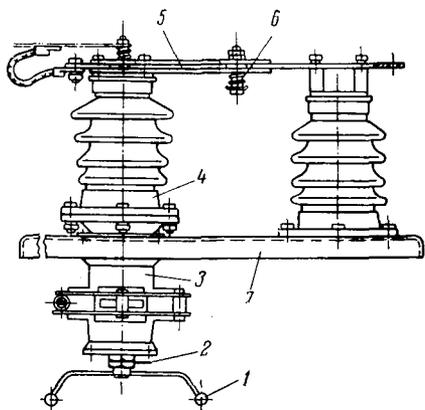


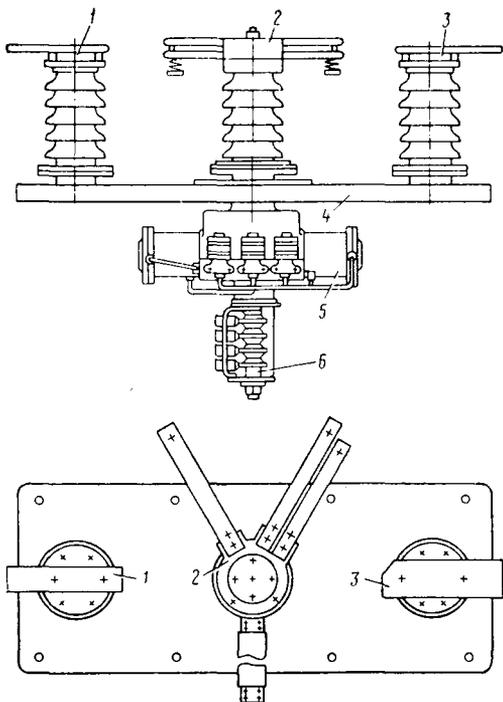
Рис. 175. Разъединитель токоприемника РВН-2

Рис. 176. Разъединитель токоприемников на электровозе ЧС4

цепи токоприемника электровоза ВЛ82<sup>м</sup> для подготовки его к работе от напряжения переменного или постоянного тока осуществляют переключателем рода тока ПРТ-71. Технические данные его следующие:

Номинальное напряжение:		
переменного тока . . . . .	25	кв
постоянного . . . . .	3	»
Длительный ток:		
переменный . . . . .	200	а
постоянный . . . . .	1100	»
Контактное нажатие каждого ножа . . . . .	7—8	кГ
Давление сжатого воздуха для пневматического привода:		
минимальное . . . . .	3,75	ат
номинальное . . . . .	5,0	»
максимальное . . . . .	6,75	»
Напряжение блок-контактов . . . . .	50	в
Ток блок-контактов . . . . .	5	а

Переключатель рода тока представляет собой ножевой аппарат рубящего типа. Двойной нож 2 укреплен на поворотном опорном изоляторе (рис. 177). Он может замыкаться с одним из неподвижных контактов: либо с контактом 1 переменного тока, либо с контактом 3 (рассчитанным на больший ток) постоянного тока. Контакты укреплены на неподвижных опорных изоляторах, смонтированных на основании 4, представляющем собой стальную плиту коробчатого сечения. Переключатель установлен на крыше электровоза так, что токоведущие части с опорными изоляторами расположены над крышей, а электропневматический привод и блокировочные устройства под крышей — в кузове электровоза.



Нож переключателя в зависимости от угла поворота опорного изолятора может находиться в одном из трех положений: соответствующем работе на переменном токе, работе на постоянном токе и в нейтральном положении.

Вал поворотного опорного изолятора имеет зубчатое зацепление с рейкой пневматического привода 5, который приводится в действие электропневматическими вентилями. Управляющие электрические сигналы на вентили поступают от уст-

Рис. 177. Переключатель рода тока

ройства контроля рода тока в контактной сети. О том, в каком из фиксированных положений находится переключатель, можно судить по указателю положения б.

## § 49. Разрядники

Для защиты высоковольтного оборудования от атмосферных перенапряжений, которые могут возникнуть в контактной сети во время грозных разрядов, а также от коммутационных перенапряжений на крыше электровоза установлен разрядник РВЭ-25М. Технические данные разрядника РВЭ-25М следующие:

Номинальное напряжение . . . . .	25 кв
Наибольшее допустимое напряжение . . . . .	29 »
Пробивное напряжение при частоте 50 гц (в сухом состоянии и под дождем) действующее значение не менее . . . . .	58 »
Импульсное пробивное напряжение при предразрядном времени от 1,5 до 2 мксек, не более . . . . .	66 »
Остающееся напряжение на разряднике при импульсном токе с длиной фронта волны 10 мксек и амплитудой тока 5000 а, не более . . . . .	94 »
Ток проводимости утечки при выпрямленном напряжении 28 кв и температуре $+20^{\circ}\text{C}$ . . . . .	500—620 мка
Сопротивление при выпрямленном напряжении 2500 в . . . . .	1600 Мом
Вес . . . . .	45 кг

Разрядник состоит из двух основных элементов: многократного, искрового промежутка и резистора с нелинейным сопротивлением (рис. 178). Многократный искровой промежуток разрядника составлен из семи последовательно соединенных комплектов 1 по четыре единичных искровых промежутка в каждом из них. Единичный искровой промежуток образуется двумя тарельчатыми электродами, изолированными миканитовыми прокладками в виде шайбы, толщиной которых определяется величина искровых промежутков.

Каждый комплект искровых промежутков шунтирован двумя одинаковыми высокоомными резисторами 2 с нелинейным сопротивлением, служащими для равномерного распределения напряжения по искровым промежуткам разрядника. Резисторы имеют подковообразную форму. Их сопротивление нелинейно. Нелинейным оно называется потому, что с увеличением тока напряжение на нем (остающееся) хотя и увеличивается, но не пропорционально току, а в меньшей степени. Таким образом, сопротивление как бы уменьшается. Нелинейное сопротивление изготавливают из материала вилит (отсюда название разрядника — вилитовый). Вилит состоит из карборунда специального сорта и связующего вещества. Для обеспечения лучшего контакта торцы вилитовых дисков покрыты алюминием, боковая поверхность — изолирующей обмазкой.

Разрядник смонтирован в фарфоровом кожухе 4, который армирован верхним и нижним силуминовыми фланцами 5. Комплект вилитовых дисков 3 и искровых промежутков сжимают сильной стальной пружиной, расположенной под верхним фланцем. Разряд-

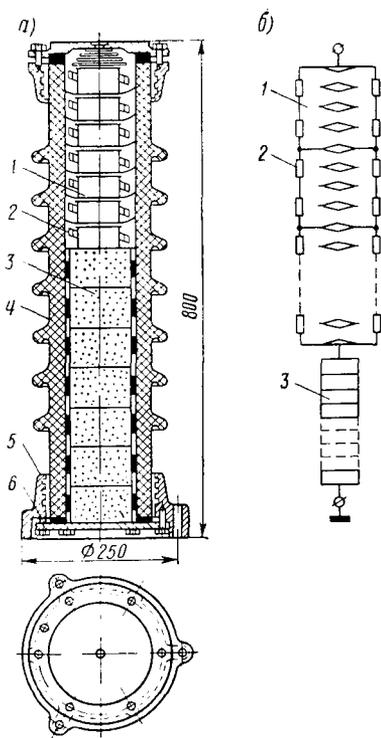


Рис. 178. Разрядник РВЭ-25М (а) и его электрическая схема (б)

ники герметизируют с помощью кольцевых резиновых уплотнителей 6. Это предотвращает изменение характеристик вилтовых резисторов и ухудшение изоляционных свойств миканита.

Действие разрядника при перенапряжениях заключается в следующем. При повышении напряжения сверх определенной величины (уставки) пробивается искровой промежуток, и тогда к контактной сети оказывается подключенным резистор.

Через разрядник в первый промежуток времени потечет ток, состоящий из двух слагаемых: импульсного тока от перенапряжения и сопровождающего тока промышленной частоты. Импульсный ток достигает больших величин — до нескольких сотен ампер. При таком большом токе сопротивление вилита невелико, поэтому остающееся напряжение на разряднике во время протекания импульсного тока не превышает величин, опасных для изоляции электропровода. После прохождения импульсного тока через разрядник еще неко-

торое время протекает сопровождающий ток до 100 а. При таком сравнительно небольшом токе сопротивление разрядника возрастает, на долю искровых промежутков приходится все меньшая и меньшая часть напряжения, что обеспечивает гашение дуги в разряднике. Срабатывание вилтового разрядника не влечет за собой никаких видимых последствий и часто остается незамеченным.

На электровозах первых выпусков установлены разрядники РВЭ-25. После того как в конструкцию РВЭ-25 были внесены изменения, направленные на повышение надежности, улучшение характеристик и обеспечение их стабильности, в обозначение типа была добавлена буква М. В разряднике РВЭ-25М повышена вибропрочность шунтирующих резисторов, улучшена герметичность корпуса, обеспечена более жесткая фиксация величины воздушных промежутков, чем обеспечивается большая стабильность его характеристик.

## § 50. Переключатели ступеней

Переход от одной ступени регулирования к другой представляет собой короткий цикл однотипных операций отключения и включения с одинаковой последовательностью. Это позволяет систему пере-

ключения ступеней регулирования, а также схему управления и аппаратуру на электровозах переменного тока сделать достаточно простыми. Переключающая аппаратура (контакторные элементы, коммутаторы, переходные резисторы, переходный реактор и др.) расположена на электровозе в одном месте, иногда даже в одном агрегате, называемом переключателем ступеней, который для удобства монтажа размещают вблизи силового трансформатора.

Соответственно используемому способу регулирования переключатели ступеней разделяют на две категории: для регулирования напряжения на вторичной стороне трансформатора и на первичной.

**Переключатели ступеней для регулирования на вторичной стороне трансформатора.** На отечественных электровозах, как известно, используется регулирование на вторичной стороне трансформатора. Все переключения секций вторичной обмотки трансформатора производит один аппарат — электрический групповой контроллер. Он представляет собой набор кулачковых контакторных элементов (кулачковых контакторов), производящих переключения. При наборе позиций кулачковые валы вращаются в одну сторону и контакторы включаются и отключаются в определенной последовательности. При сбросе позиций кулачковые валы вращаются в другую сторону и контакторы включаются и отключаются в обратной последовательности. Кулачковые валы имеют двигательный привод, которым управляет машинист с помощью контроллера машиниста, расположенного в кабине.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> в качестве переключателя ступеней установлен групповой контроллер ЭКГ-8, технические данные которого следующие:

Номинальное напряжение контакторных элементов относительно земли . . . . .	3100 в
Номинальное напряжение между разомкнутыми контактами контакторных элементов:	
с дугогашением . . . . .	260 »
без дугогашения . . . . .	1100 »
Длительный ток контакторных элементов . . . . .	1300 а
Количество фиксированных позиций . . . . .	33
Время хода переключателя с нулевой до 33-й позиции (или обратно) при напряжении на приводном двигателе 50 в не более . . . . .	28 сек
Номинальное напряжение блок-контактов . . . . .	50 в
Ток блок-контактов . . . . .	30 а
Номинальное давление сжатого воздуха для дугогашения . . . . .	5 ат
Контактное нажатие в контакторе с дугогашением:	
разрывных контактов . . . . .	12—13 кГ
главных . . . . .	12 кГ
Раствор контактов:	
разрывных . . . . .	20—26 мм
главных . . . . .	22—30 »
Раствор главных контактов в момент касания разрывных . . . . .	8—10 »
Контактное нажатие в контакторе без дугогашения . . . . .	14—20 кГ
Раствор контактов . . . . .	22—30 мм

Групповой контроллер ЭКГ-8 представляет собой комплект кулачковых контакторов, каждый из которых имеет свою кулачковую шайбу. Хотя кулачковые шайбы посажены не на один общий вал,

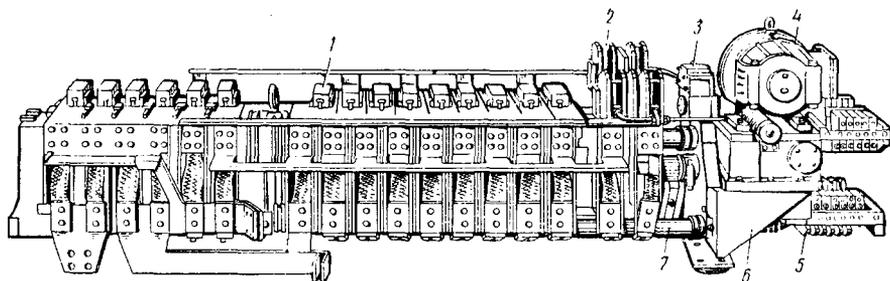


Рис. 179. Групповой контроллер ЭКГ-8

а на три, они взаимно связаны соответствующими механическими передачами, благодаря чему все операции замыкания и размыкания контакторов происходят в строго определенной последовательности. С основными кулачковыми валами зубчатыми передачами связаны кулачковые валы блокировочных контакторных элементов (блок-контактов), замыкающихся и размыкающихся на заданных ступенях регулирования.

В контроллере ЭКГ-8 (рис. 179) на четырех продольных рейках 7 (изоляция рассчитана на полное рабочее напряжение), закрепленных в станине 6, установлено 34 контакторных элемента: четыре с дугогашением 2 и 30 без дугогашения 1; в числе их 12 контакторных элементов переключателя обмоток. Последние расположены в противоположной стороне от привода. Для эффективного гашения дуги, возникающей на контактах при разрыве цепи с током, через электропневматические вентили 3 подводится сжатый воздух к контакторным элементам с дугогашением.

Приводной двигатель 4 со специальным редуктором расположен справа, вблизи контакторных элементов с дугогашением. Двигатель через редуктор приводит во вращение три кулачковых вала: один, с которым связаны контакторные элементы переключателя ступеней без дугогашения, и второй, полый, на который насажены кулачковые шайбы контакторных элементов с дугогашением. Третий кулачковый вал — вал контакторных элементов переключения обмоток (встречное или согласное соединение) — расположен с противоположной стороны от приводного двигателя и приводится во вращение через зубчатую передачу от первого кулачкового вала.

Внизу, справа от приводного двигателя, расположены блок-контакты 5 контроллера. Необходимую очередность работы контакторных элементов обеспечивают подбором соответствующего профиля кулачковых шайб.

Одной из главных особенностей контроллера ЭКГ-8 является наличие в нем контакторных элементов двух типов: с дугогашением и без дугогашения. Замыкания и размыкания силовых цепей под нагрузкой осуществляют четыре контакторных элемента с дугогашением — А, Б, В и Г (рис. 180), а переключения в обесточенных цепях — 30 контакторных элементов без дугогашения (9—40, исключая 34, 38).

Переход с одной ступени на другую состоит из четырех операций, протекающих поочередно одна за другой после кратковременных пауз: отключение контакторного элемента с дугогашением, размыкание одного контакторного элемента без дугогашения, замыкание другого контакторного элемента без дугогашения и замыкание того же контакторного элемента с дугогашением. Например, при переходе с 25-й на 26-ю позицию (рис. 181) сначала размыкается контакторный элемент *Б* (см. рис. 180), а затем элемент 23, далее замыкается элемент 24 и после этого — контакторный элемент *Б*. Отличие 26-й позиции от 25-й заключается только в том, что на 26-й включен контакторный элемент 24, и на 25-й — 23. Оба контакторных элемента 23 и 24 (без дугогашения) производят операции в обесточенных цепях, для чего предварительно контакторный элемент *Б* кратковременно, только на время перехода, размыкает эти цепи. Все контакторные элементы с дугогашением *А*, *Б*, *В* и *Г* на всех позициях замкнуты и лишь кратковременно на время перехода для переключения в «своих» цепях контакторами без дугогашения поочередно размыкаются.

Особенностью контроллера ЭКГ-8 является то, что при наборе всех 33 позиций кулачковые валы вращаются в одну сторону, а при сбросе позиций — в другую.

Рассмотрим устройство и работу контакторного элемента с дугогашением (рис. 182).

Фигурный рычаг 2 смонтирован на оси 01, вокруг которой он может поворачиваться. В верхней части фигурного рычага жестко укреплен контакт 4 и на оси 02 рычаг 5 с подвижным контактом 8. В нижней изогнутой части фигурного рычага посажен свободно вращающийся ролик 3. Пружина 1 постоянно стремится повернуть рычаг 2 вокруг оси 01 против часовой стрелки, а пружина 7 — рычаг 5 вокруг оси 02 также против часовой стрелки. Таким образом, обе пружины создают усилия, действующие в направлении замыкания подвижных контактов с неподвижными. Однако в каком положении находятся контакты — замкнуты они или разомкнуты, зависит от того, на каком участке профиля кулачковой шайбы находится ролик 3. Если при повороте кулачкового вала ролик оказы-

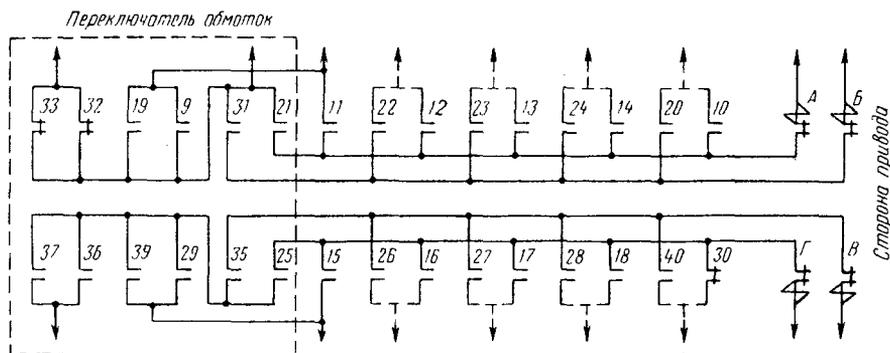


Рис. 180. Схема соединений контакторных элементов контроллера ЭКГ-8

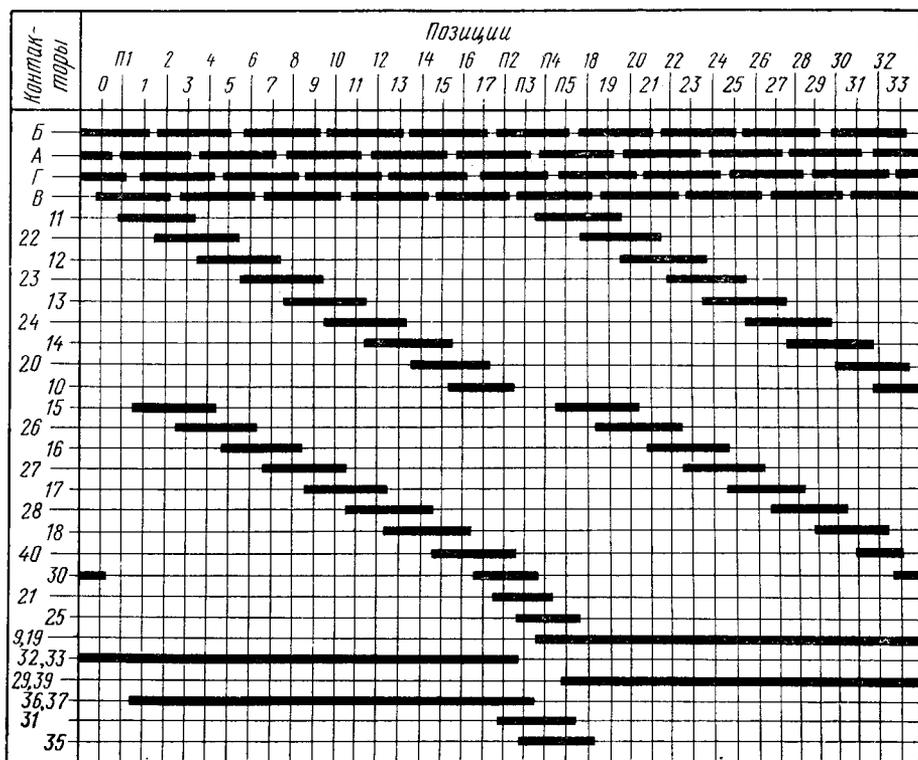


Рис. 181. Диаграмма замыканий и размыканий контакторных элементов контроллера ЭКГ-8

вается во впадине профиля кулачковой шайбы (это положение показано на рисунке), то под действием пружин контакты контактора замкнутся. Если ролик оказывается на выступе кулачковой шайбы, то контакты контактора будут разомкнуты.

Проследим по кинематической схеме процессы включения и отключения контактора с дугогашением. Когда под ролик подходит выступ кулачковой шайбы, рычаг 2 начинает поворачиваться по часовой стрелке. Сначала, при небольшом повороте рычага 2, размыкаются нижние контакты 4, а верхние благодаря тому, что одновременно повернулся рычаг 5 на оси 02, остаются пока замкнутыми. При дальнейшем накатывании ролика на кулачковую шайбу и повороте рычага 2 по часовой стрелке рычаг 5 упирается в рычаг 2, условно показанным на рисунке выступом 6 и тогда начинается замыкание верхних контактов 8 и 9.

При включении контакторного элемента все операции происходят в обратном порядке. Когда к ролику подходит впадина кулачковой шайбы, рычаг 2 вместе с рычагом 5 поворачивается против часовой стрелки. В результате замыкаются сначала верхние контакты, а затем нижние.

Таким образом, и размыкание цепи под нагрузкой, и замыкание ее осуществляют верхние контакты. Чтобы в какой-то мере уменьшить повреждение контактов, их изготавливают из тугоплавкого материала, который может выдерживать высокие температуры, возникающие при горении электрической дуги. В качестве такого материала применяют металлокерамическую композицию МВ-70 (медь — 30%, никель — 3% и вольфрам — 67%). Но такие контакты, имея сравнительно большое сопротивление, не могут длительно пропускать большой ток, так как они сильно перегреваются.

Поэтому предусмотрены нижние токонесущие, или, как их иногда называют, главные, контакты, через которые протекает почти весь ток контакторного элемента. Изготовлены они из материала с малым переходным сопротивлением — металлокерамической композиции СОК-15 (серебро — 85%, окись кадмия — 15%). Когда контакторный элемент включен, обе пары контактов замкнуты и для тока существуют две цепи: через верхние разрывные и через нижние токонесущие контакты. Однако сопротивление разрывных контактов значительно больше, чем токонесущих. Поэтому основная часть тока протекает через главные контакты и лишь очень небольшая часть — через разрывные.

В процессе отключения контакторного элемента сначала размыкаются токонесущие контакты и дуга между ними практически не образуется, так как в это время существует обходная электрическая цепь, проходящая через разрывные контакты. Затем размыкаются разрывные контакты, на которых образуется дуга. Разрывные контакты размещают в дугогасительной камере, которая находится между магнитными полюсами. Дугогасительная камера стенками ограничивает область образования дуги, предупреждая переброс дуги и повреждение соседних контакторов контроллера. В камере осуществляется разрыв и гашение дуги.

Детали каждого контакторного элемента с дугогашением (рис. 183 и 184) скомпонованы между двумя изоляционными боковинами 2, которые являются несущими элементами конструкции. Боковины крепят к двум продольным изолированным рейкам с помощью полухомута 13 и прижима 12 (см. рис. 184). Рычаг 3, имеющий внизу поводок с роликом, а наверху нижний (токонесущий) подвижной контакт 6, может поворачиваться на оси 01. Усилие сжатой пружины 1 действует в направлении замыкания контактов. Рычаг 7 разрывного контакта 8 укреплен на оси 02 и под действием сжатой пружины 5 также поворачивается в направлении замыкания верхних контактов.

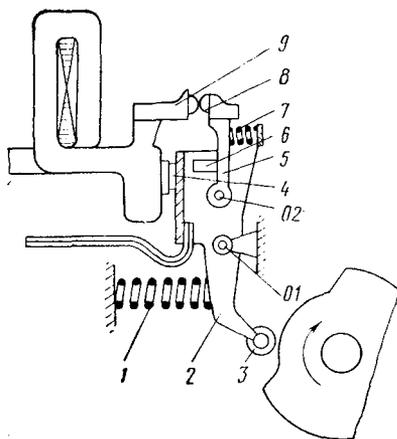


Рис. 182. Кинематическая схема контакторного элемента с дугогашением контроллера ЭКГ-8

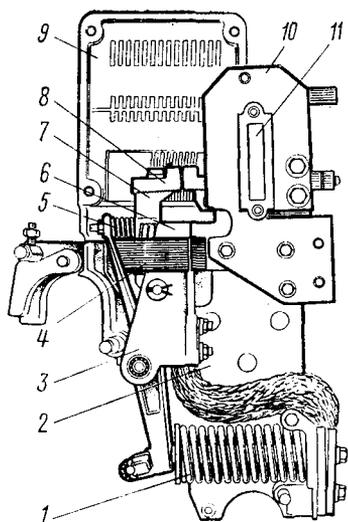


Рис. 183. Контактный элемент с дугогашением контроллера ЭКГ-8

При включенном положении контактного элемента замкнуты обе пары контактов, но основная часть тока протекает через нижние контакты, так как их сопротивление значительно меньше, чем сопротивление верхних (разрывных). Разрывные контакты находятся в зоне магнитного поля, создаваемого в магнитопроводе 11 витками 10. Направление магнитного потока обеспечивает выталкивание образующейся между контактами дуги вверх в дугогасительную камеру 9. Этому помогает и струя сжатого воздуха, подаваемого снизу вверх. В дугогасительной камере помещена деионная решетка, которая делит дугу на ряд последовательных дуг и тем самым ускоряет гашение.

В определенных условиях сразу после замыкания разрывных контактов может происходить отскок подвижного контакта. Это резко увеличивает износ контактов и снижает надежность работы

переключателя. Отскок контактов может происходить также и под действием электродинамических сил, возникающих во время протекания больших токов в аварийных режимах. Для повышения электродинамической устойчивости контактных элементов главного контроллера ЭКГ-8 в них встроен электромагнитный компенсатор 4 (см. рис. 183 и 184).

Компенсатор состоит из якоря 1 и ярма 2 (рис. 185). Якорь жестко укреплен на держателе 4 неподвижного контакта, а ярмо, имеющее форму подковы, — на контактном рычаге 3. При прохождении тока через контактный рычаг в ярме и якоре образуется магнитный поток, благодаря которому они взаимно притягиваются. Сила притяжения тем больше, чем больше магнитный поток, т. е. чем больше ток.

Следовательно, при прохождении через контактный элемент больших токов, компенсатор создает дополнительную силу, которая прижимает подвижной контакт. Это устраняет возможность отскока контактов.

Детали контактного элемента без дугогашения, как и элемента с дугогашением, собраны на боковине 2 (рис. 186). Пружина 1 отжимает рычаг 3, который поворачиваясь на оси 4, воздействует на подвижной контакт 6. Контактный элемент без дугогашения имеет также компенсатор 5 и прижим 7.

У кулачкового контактного элемента без дугогашения в отличие от элемента с дугогашением нет разрывных контактов и дугогасительной системы. Контакты его так же, как и токонесущие контакты элемента с дугогашением, снабжают напайками из композиции СОК-15, имеющими малое переходное сопротивление. Кулач-

ковые шайбы прессуют из пластмассы АГ-4, получая готовый профиль, не требующий дополнительной обработки. На внутреннем отверстии шайбы сделано десять шпоночных пазов, благодаря чему шайба может быть поставлена на кулачковый вал в одно из десяти положений.

Кулачковые валы контакторных элементов и одновременно кулачковые валы блок-контактов приводятся во вращение электродвигателем, работающим при напряжении цепи управления 50 в. Между этим двигателем и кулачковыми валами поставлены предельная муфта и редуктор. Предельная муфта предотвращает в случае какого-либо аварийного заклинивания привода или кулачковых валов (например, при попадании посторонних предметов) поломку привода. При заклинивании предельная муфта будет проскальзывать и вращающий момент от двигателя не будет передаваться редуктору и кулачковым валам.

Основное назначение редуктора — преобразование равномерного вращения якоря двигателя в неравномерное вращение кулачковых валов контроллера. С одной стороны, для того, чтобы на размыкающихся контактах не возникла устойчивая дуга, они должны расходиться быстро и соответственно кулачковый вал во время размыкания контактов должен вращаться быстро. С другой стороны, после того, как переключения закончились и установлена фиксированная позиция, кулачковый вал должен сразу остановиться (чтобы не «сбить» позицию), несмотря на продолжающееся по инерции вращение двигателя и зубчатых передач.

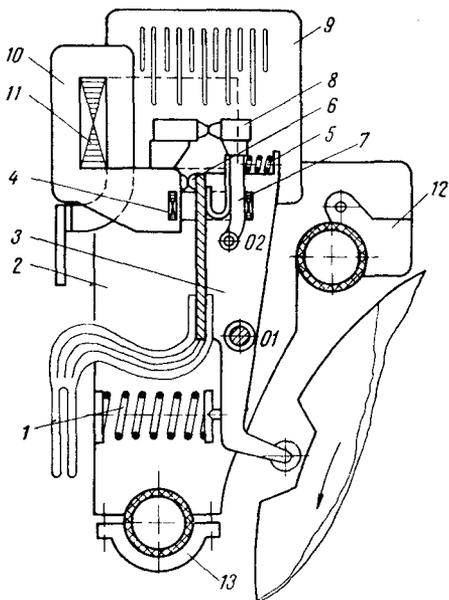


Рис. 184. Устройство контакторного элемента с дугогашением контроллера ЭКГ-8

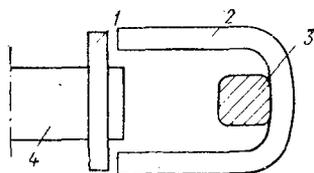


Рис. 185. Устройство компенсатора контакторного элемента

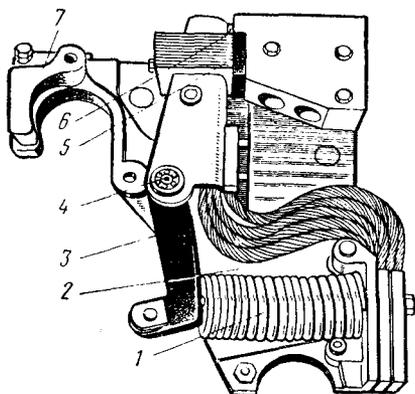


Рис. 186. Контактный элемент без дугогашения



цевка поводка 6 не дошла до креста 7, то крест 7, шестерня 13, валы 11 и 9 остаются неподвижными. Второй этап: червячное колесо поворачивается еще на  $180^\circ$ , одновременно вал 12 поворачивается на  $30^\circ$  и теперь уже цевка поводка 6, проходя дугу в  $120^\circ$ , поворачивает крест 7 на  $60^\circ$ , вал 11 на  $18^\circ$  и вал 9 на  $9^\circ$ . Третий этап: червячное колесо поворачивается еще на  $180^\circ$ , вал 12 — еще на  $30^\circ$ , а валы 11 и 9 остаются неподвижными. Во время первого этапа отключается один из четырех контакторов с дугогашением, во время второго этапа один из контакторов без дугогашения размыкается и затем другой замыкается. Во время третьего этапа замыкается тот же контактор с дугогашением.

От вала червячного колеса через наружную зубчатую передачу 1 : 4,5 получает вращение кулачковый вал блок-контактов 2. Сельсин-датчик 15 (см. § 69) через зубчатые передачи связан с валом 11. На промежуточном вале 14 поставлен указатель позиций. Второй указатель позиций находится на выходном конце вала 9.

Для того чтобы в зимнее время масло в редукторе не застывало и не создавало большого сопротивления, редуктор снабжен электрическим нагревателем мощностью 130 *вт*, напряжением 50 *в*.

Групповой контроллер имеет многочисленные блок-контакты, объединенные в две различные группы. Первая состоит из 14 блок-контактов и приводится в действие валом, связанным с валом червячного колеса привода (см. рис. 187). Вторая состоит из 17 блок-контактов и приводится в действие кулачковым валом, связанным с кулачковым валом силовых контакторных элементов без дугогашения.

Диаграммы замыканий и размыканий блок-контактов контроллера на различных электровозах различны. Именно этим — диаграммой замыканий блок-контактов — отличается, например, контроллер ЭКГ-8Ж, установленный на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup>, от контроллера ЭКГ-8Д, который установлен на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и на первых электровозах ВЛ80<sup>к</sup>.

Каждый блок-контакт представляет собой небольшой контакторный элемент, рассчитанный на напряжение 50 *в* и ток 30 *а*. На изолированном основании 1 (рис. 188) жестко укреплен неподвижный контакт 6 и на оси 3 рычаг 4 с держателем 5 подвижного контакта. Такая конструкция составного рычага обеспечивает притирание контактов при их замыкании.

Сжатая пружина 7 стремится повернуть рычаг против часовой стрелки, т. е. замкнуть контакты. Однако будут контакты замкнуты или разомкнуты, зависит от того, в каком положении находится кулачковая шайба. Если под роликом 2 находится впадина профиля кулачковой шайбы, контакты будут замкнуты, если — выступ, то разомкнуты.

На электровозах двойного питания ВЛ82<sup>м</sup> регулирование режима работы тяговых двигателей при разгоне и реостатном торможении осуществляют, изменяя сопротивление последовательно включенных резисторов. В тяговом режиме осуществляют также переключение тяговых двигателей на различные соединения. Переключения

производятся электропневматическими контакторами и групповым переключателем ПКГ-169, который используется для переключения тяговых двигателей с последовательного соединения на параллельное. Контактные элементы переключателя по устройству аналогичны контактным элементам с дугогашением контроллера ЭКГ-8. Однако они работают с меньшими токами, но при больших напряжениях, что нашло отражение в их конструктивном исполнении.

**Переключатели ступеней для регулирования на первичной стороне трансформатора.** На электровозе ЧС4, где осуществляется регулирование напряжения на первичной стороне трансформатора, используется высоковольтный переключатель ступеней ТППЛ-V.

Силовые токоведущие части переключателя работают под напряжением контактной сети, что обусловило его характерные особенности. Изоляция переключателя рассчитана на полное напряжение контактной сети 25—29 кв, а токоведущие части на сравнительно небольшой ток 300—400 а. Напряжение секции (напряжение между соседними отпайками автотрансформаторной обмотки) составляет около 1000 в, поэтому дугогасительная система контакторов сильно развита и рассчитана на надежное гашение дуги с таким сравнительно высоким напряжением. Технические данные переключателя ТППЛ-V следующие:

Номинальное напряжение . . . . .	25 кв $\begin{matrix} +20\% \\ -30\% \end{matrix}$
Номинальный ток . . . . .	280 а
Часовой ток . . . . .	300 »
Ток в течение 5 мин . . . . .	460 »
Динамический ток . . . . .	2800 »
Давление воздуха для пневматического привода . . . . .	$4,5 \begin{matrix} +0,5 \\ -0,8 \end{matrix}$ ат
Количество регулировочных ступеней . . . . .	32
Максимальное время хода в одном направлении . . . . .	40 сек
Гарантированная долговечность контактов — количество срабатываний . . . . .	600 тыс.
Напряжение изоляции относительно земли . . . . .	80 кв
Ударная электрическая прочность переключателя относительно каркаса . . . . .	80 кв
Минимальная допустимая электрическая прочность масла . . . . .	125 кв/см
Номинальное напряжение блок-контактов . . . . .	48 в $\begin{matrix} +20\% \\ -30\% \end{matrix}$
Номинальный постоянный ток блок-контактов при нагрузке активного сопротивления . . . . .	6 а
Вес переключателя без масла . . . . .	590 кг $\pm 5\%$
» масла в баке . . . . .	190 кг $\pm 5\%$

Переключатель ступеней (рис. 189) состоит из двух основных агрегатов: избирателя ступеней и блока из четырех контакторов с дугогашением. Кроме того, к переключателю относится вспомогательное оборудование — переходные резисторы, блокировочные устройства, система очистки масла и др. Работа переключателя рассмотрена в § 26.

Отметим здесь основные конструктивные особенности переключателя ступеней. Избиратель ступеней (рис. 190) подключает обесточенную цепь контакторов к отпайкам автотрансформаторной об-

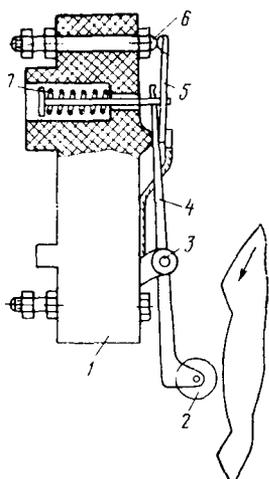


Рис. 188. Устройство кулачкового блок-контакта

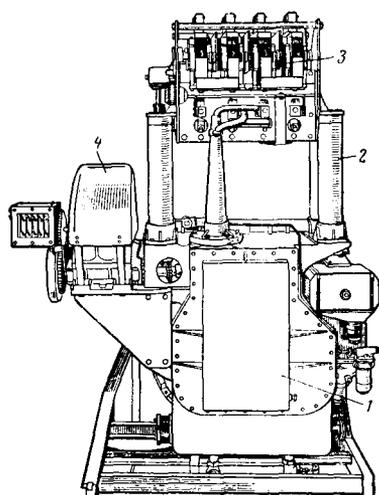


Рис. 189. Переключатель ступеней электровоза ЧС4:

1 — кожух избирателя; 2 — изолятор; 3 — контакторы; 4 — двигатель

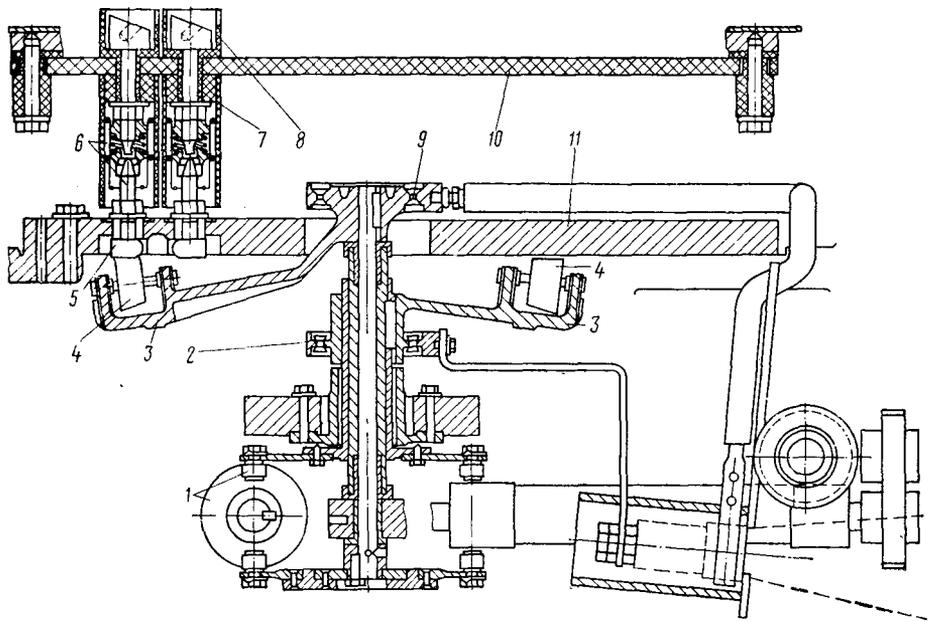


Рис. 190. Избиратель переключателя ступеней ТППЛ-V

мотки. Все отпайки с помощью специальных проходных изоляторов 8, установленных на разделительной доске 10, через штепсельные контакты 6, защищенные изоляционными втулками 7, выведены на доску избирателя 11. На этой доске выводы отпаяк размещены в виде контактных пластин 5 по двум concentрическим окружностям. Контакты одной окружности соединены с четными отпайками, а другой — с нечетными.

По контактам одной окружности перекачивается контактный ролик 4, ведомый поводком 3. По контактам другой окружности перекачивается второй ролик, ведомый своим поводком. Контактные ролики перемещаются поочередно: во время перехода на четные позиции — один, во время перехода на нечетные — другой. Это обеспечивается шнековым приводом 1. Поводки являются токоне-сущими элементами цепи. Ток от них отводится к контакторам через специальные кольцевые контактные устройства 2 и 9.

Избиратель погружен в масло. Корпус его представляет собой алюминиевую отливку, которую крепят к баку трансформатора через резиновые уплотнители. В случае подгара контактов в масле могут появиться нежелательные примеси, что приведет к ухудшению его изоляционных качеств. Поэтому к корпусу избирателя через один из двух нижних вентилях подключено специальное фильтрующее устройство, обеспечивающее грубую и тонкую очистку масла.

Блок из четырех контакторов (рис. 191) смонтирован над трансформатором. Он опирается на четыре гетинаксовых изолятора цилиндрической формы, рас-

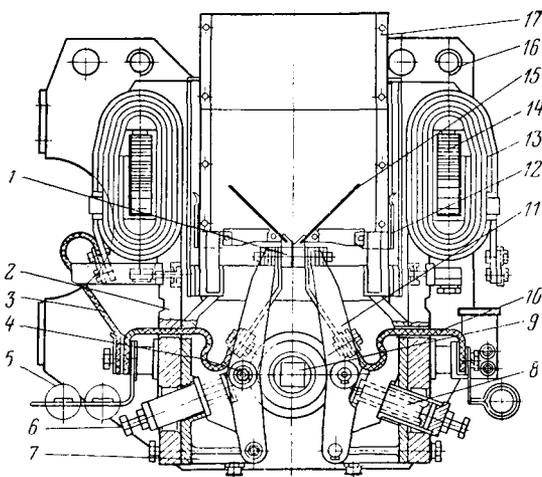


Рис. 191. Контактор переключателя ступеней ТППЛ-У:

1 — контакты; 2 — несущая доска; 3 — провод; 4 — ролик; 5 — резисторы (защитные); 6 — регулировочный винт; 7 — держатель; 8 — пружина; 9 — кулачковый вал; 10 — провод; 11 — рычаг; 12 — фиксирующая пружина; 13 — катушка электромагнита; 14 — сердечник электромагнита дугогашения; 15 — дугогасительные рога; 16 — распорные трубки; 17 — дугогасительная камера

считанных на полное напряжение контактной сети. Каждый из четырех контакторов представляет собой кулачковый симметричный контактор с двумя подвижными контактами 1. Контакты укреплены на двух рычагах 11, которые под действием двух пружин 8 постоянно отжимаются в направлении замыкания контактов, т. е. в сторону включенного положения контактора. Между рычагами проходит кулачковый вал 9 с четырьмя кулачковыми шайбами. Когда под ролики 4 рычагов контактора при повороте кулачкового вала подходят выступы кулачковых шайб, рычаги расходятся, контакты размы-

каются, контактор отключается. Для гашения дуги, возникающей на контактах при их размыкании, смонтирована дугогасительная система, состоящая из камеры 17 и электромагнита, под действием магнитного потока которого дуга направляется вверх по расходящимся дугогасительным рогам 15.

Подвижную систему контакторов регулируют так, чтобы раствор контактов был  $17 \pm 2$  мм, контактное нажатие  $4 \text{ кГ} \pm 10\%$ . При этом предусмотрен резерв 4 мм для возможного износа контактов. Кулачковый вал — общий для четырех контакторов. Как поводки избирателя, так и кулачковый вал контакторов имеют один общий привод с жесткой механической связью. Поэтому все операции избирателя и действия четырех контакторов протекают в определенной последовательности, обеспечивающей наивыгоднейший режим переключений и исключающий возможность аварийных положений.

В движение систему привода переключателя приводит четырехцилиндровый пневматический двигатель. В его цилиндры с помощью электропневматических вентилей в определенном порядке подается сжатый воздух. Перемещение в цилиндрах поршней, связанных с общим коленчатым валом, приводит последний во вращение. Через валы и зубчатые передачи движение передается на кулачковый вал контакторов и на шнековый привод избирателя. Шнековый привод, так же как и мальтийский крест в приводе переключателя ступеней ЭКГ-8, обеспечивает необходимое кратковременное перемещение поводков избирателя при равномерном вращении двигателя привода.

Пневматический двигатель и избиратель оборудованы подогревателями на случай работы электровоза при сильных морозах.

Переходные резисторы размещены над трансформатором вблизи блока контакторов. Каждый из них представляет собой спираль, намотанную на керамический элемент. Поскольку резисторы лишь кратковременно включаются на напряжение, они рассчитаны на расхождение небольшой энергии и имеют небольшие габариты.

Из вспомогательных устройств переключатель имеет сельсиндатчик, предназначенный для сигнализации о положении избирателя, хрупкую мембрану — предохранительный элемент от чрезмерного повышения давления внутри избирателя, счетчик количества переключений рукоятки для ручного привода и др.

## § 51. Реверсоры и тормозной переключатель

Для изменения направления движения электровоза необходимо изменить направление вращения тяговых двигателей. Это осуществляют, изменяя направление тока в обмотках главных полюсов тяговых двигателей, для чего переключают эти обмотки специальными переключателями — реверсорами — одновременно на всех тяговых двигателях при неподвижном электровозе и обесточенных цепях.

При движении электровоза вперед замкнуты контакты  $Vn$  реверсора (рис. 192) и ток через обмотку возбуждения  $OB$  двигателя протекает вправо. При движении электровоза назад замкнуты кон-

такты *Наз* и ток протекает через обмотку в обратном направлении — влево. Контакты и токоведущие части реверсора рассчитаны на полный ток тягового двигателя, а изоляция их от рамы — на высокое напряжение.

Один реверсор производит переключения в обмотках двух или трех тяговых двигателей. На каждой секции восьмиосных электровазов устанавливают по два реверсора, каждый из которых имеет четыре переключателя — по два переключателя на каждый двигатель. На шестиосном электровазе ВЛ60<sup>к</sup> установлено тоже два реверсора, но каждый из них имеет шесть переключателей — по два на каждый двигатель. Типы реверсоров и их технические данные следующие:

	Электровазов		
	ВЛ60 <sup>к</sup>	ВЛ80 <sup>к</sup>	ВЛ80 <sup>г</sup>
Тип переключателя . . . . .	РК-8А	РК-80А	ПКД-142
Номинальное напряжение силовых контактов в в . . . . .	3000	1000	3000
Длительно допустимый ток силовых контактов в а . . . . .	500	900	950
Раствор силовых контактов в мм . . . . .	17	17	22÷26
Контактное нажатие силовых контактов в кГ . . . . .	12—14	8—9	19—28
		(на один палец)	
Номинальное напряжение цепи управления в в . . . . .	50	50	50
Количество позиций . . . . .	2	2	2
Номинальное давление сжатого воздуха в ат . . . . .	5	5	5

Реверсоры РК-80А и РК-8А (рис. 193) представляют собой кулачковые переключатели. Каждый из них состоит из четырех или шести двухконтактных элементов 2, общего кулачкового вала 3, пневматического привода 8 и блок-контактов 9.

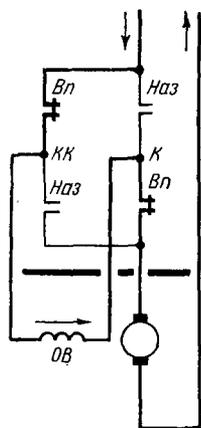


Рис. 192. Схема реверсора

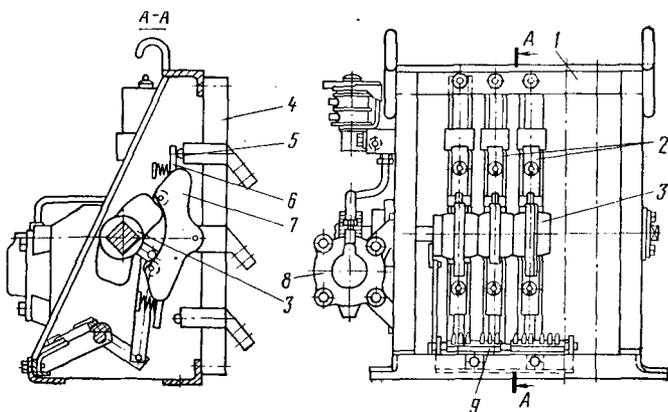


Рис. 193. Реверсор РК-8А

Изолированные стойки 4 — основания кулачковых элементов — крепят к каркасу 1. На каждой стойке укреплены верхний и нижний неподвижные контакты 5, а на оси — качающийся рычаг 7. На рычаг упруго посажены верхний и нижний подвижные контакты 6, которые гибким шунтом присоединены к средней клемме кулачкового элемента. Верхняя и нижняя выводные клеммы соединены соответственно с верхним и нижним неподвижными контактами. Клеммы расположены на тыльной стороне реверсора.

Реверсор имеет два фиксированных положения *Вперед* и *Назад*. Устройство привода реверсоров РК-80А и РК-8А поясняет рис. 194. В цилиндрическом корпусе 1 помещены два поршня 2, которые связаны друг с другом зубчатой рейкой 3. В зацеплении с рейкой находится зубчатый сектор 4, укрепленный на кулачковом валу. Если возбужден электромагнитный вентиль 5 (например, правый), открывающий доступ сжатому воздуху в правую часть цилиндра, то поршни займут крайнее левое положение и зубчатая рейка 3 повернет сектор 4 вместе с кулачковым валом по часовой стрелке до упора, которым определяется одно из фиксированных положений реверсора. Чтобы получить другую позицию переключателя, необходимо возбудить другой (левый) вентиль и снять напряжение с правого.

В реверсоре применены блок-контакты пальцевого типа. Переключение их производит кулачковый вал через приводную тягу.

На электровозе ВЛ80Г в качестве реверсора используют кулачковый двухпозиционный переключатель типа ПКД-142 (рис. 195).

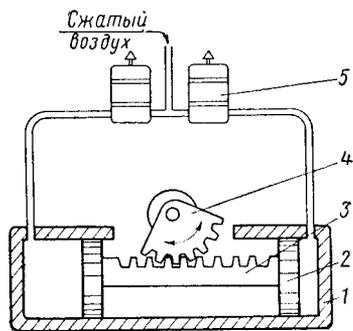


Рис. 194. Устройство привода реверсора

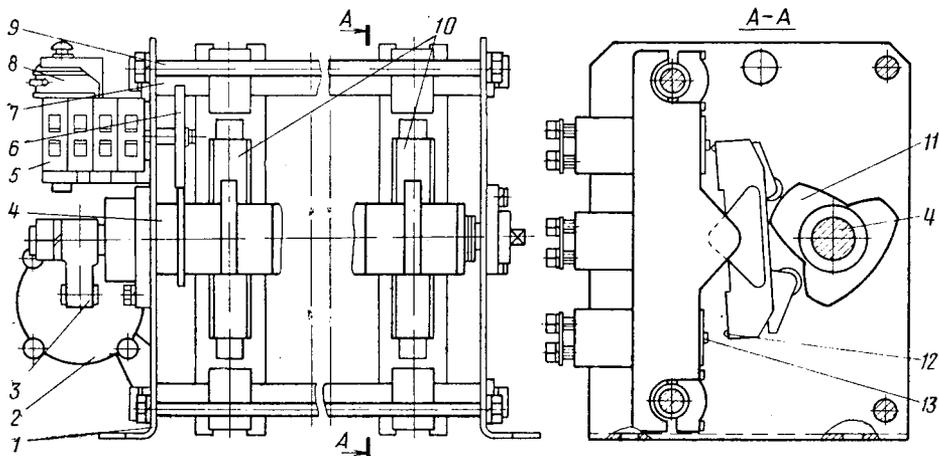


Рис. 195. Переключатель кулачковый двухпозиционный ПКД-142

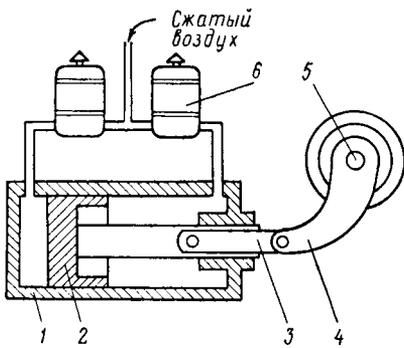


Рис. 196. Устройство привода кулачкового переключателя ПКД-142

ными кулачковыми шайбами 11, сидящими на валу 4. Кулачковый элемент переключателя представляет собой отдельно собранный блок. Дугогасящих устройств на нем так же, как и на РК-8А и РК-80А, нет, поскольку операции переключения переключатель производит при обесточенных цепях. Каждый контакторный элемент имеет две пары размыкающихся стыковых контактов 12 и 13 и скользящий контакт в шарнире.

Устройство электропневматического привода похоже на устройство привода реверсоров РК-8 и РК-80. В цилиндрический корпус 1 (рис. 196) помещен поршень 2. Перемещение поршня передается через тягу 3 рычагу 4, сидящему на кулачковом валу 5. Если возбужден один клапан 6, например, правый, то поршень перемещается в противоположную (левую) сторону и тягой поворачивает рычаг с кулачковым валом по часовой стрелке, устанавливая его в одно из фиксированных положений. При возбуждении другого клапана поршень перемещается вправо, поворачивая вал в другое фиксированное положение.

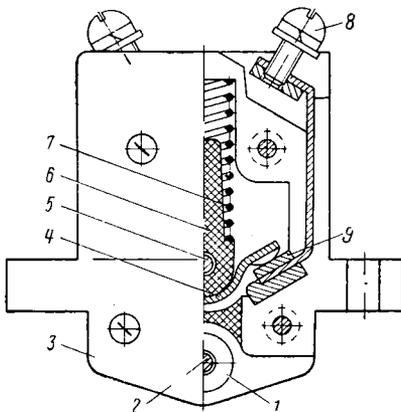


Рис. 197. Кулачковый блокировочный контакт КЭ-151

Устройство переключателя несложно. На рейках 7 каркаса, состоящего из боковин 1, стянутых шпильками 9, укреплены четыре контакторных элемента 10. Кулачковый вал 4 и электропневматический привод — два клапана 8, цилиндр 2 и рычаг 3 — смонтированы на боковинах 1. Переключатель имеет две фиксированные позиции. В одной из них замкнуты верхние контакты, а нижние 12 и 13 разомкнуты; в другой, наоборот, верхние разомкнуты, а нижние замкнуты. Включение и отключение контакторных элементов производится фигурными кулачковыми шайбами 11, сидящими на валу 4. Кулачковый элемент переключателя представляет собой отдельно собранный блок. Дугогасящих устройств на нем так же, как и на РК-8А и РК-80А, нет, поскольку операции переключения переключатель производит при обесточенных цепях. Каждый контакторный элемент имеет две пары размыкающихся стыковых контактов 12 и 13 и скользящий контакт в шарнире.

Переключение блок-контактов 5 (см. рис. 195) производится кулачковыми шайбами, насаженными на специальный вал, который связан с главным кулачковым валом через зубчатую передачу 6.

Блок-контакты представляют собой малогабаритные кулачковые контакторы (рис. 197). В корпусе 3 сжатая пружина 7 постоянно отжимает шток 6 в положение, при котором контакты 9, соединенные с клеммами 8, замыкаются подвижным контактом 4. Благодаря тому, что

подвижной контакт выполнен в виде коромысла, замыкание контактов происходит с притиранием; это уменьшает переходное сопротивление и износ контактов. Если под ролик 1, сидящий на оси 2, подходит впадина кулачковой шайбы, то под действием пружины контакты замыкаются. Если же под ролик подходит выступ кулачковой шайбы, то он вместе с осью 5, штоком 6 и коромыслом 4, преодолевая усилие пружины, перемещается вверх. При этом контакты размыкаются.

В тяговом режиме электровоза ВЛ80<sup>г</sup> обмотки возбуждения двигателей соединены последовательно с якорями. В тормозном режиме двигатели, работающие в генераторном режиме, имеют независимое возбуждение. Их обмотки возбуждения соединяют последовательно и подключают к независимой от якорей цепи. Для переключения обмоток возбуждения двигателей во время перевода электровоза из тягового режима в тормозной и обратно служит тормозной переключатель, в качестве которого используют тот же кулачковый двухпозиционный переключатель ПКД-42.

Рассмотрим отличительные особенности реверсоров электровоза ЧС4.

Как известно, реверсор производит замыкание и размыкание обесточенных цепей тяговых двигателей. Такие же операции выполняют отключатели двигателей. На электровозе ЧС4 реверсивные переключатели и отключатели двигателей смонтированы на одном общем основании. Блок реверсивных переключателей и отключателей рассчитан на цепи трех тяговых двигателей. Технические данные блока реверсивных переключателей и отключателей следующие:

Количество:

реверсивных переключателей . . . . .	6
отключателей двигателей . . . . .	6
блок-контактов . . . . .	18
Номинальное напряжение постоянного тока . . . . .	1200 в
Номинальный длительный ток . . . . .	1250 а
Номинальное напряжение блок-контактов . . . . .	110 в
Номинальный ток блок-контактов . . . . .	6 а
Вес блока . . . . .	216 кг

Для переключения обмоток двигателя на электровозе ЧС4 применен ножевой реверсивный переключатель (рис. 198). На его основании 2 укреплены два неподвижных упругих контакта 1. Фигурный нож 3, поворачиваясь в ограниченных пределах, может занимать два положения: он входит либо в левый упругий контакт, либо в правый. Нож жестко закреплен на валу 4. Выступающие концы вала 4 рычагом и тягами соединены с приводом. На них также посажены изоляционные муфты, соединяющие реверсивные переключатели парами.

Конструкция пневматического привода реверсивных переключателей аналогична конструкции привода реверсоров отечественных электровозов. Разница состоит в том, что вместо зубчатого сектора и зубчатой рейки здесь использован кулисный механизм. При перемещении поршней из одного положения в другое кулиса, а вместе с ней и валы реверсивных переключателей поворачиваются на 40°.

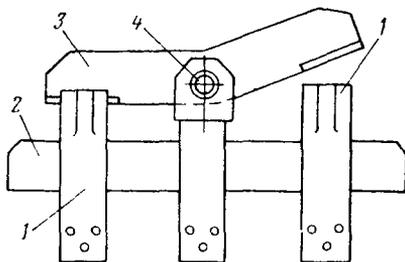


Рис. 198. Переключатель реверсора электровоза ЧС4:

1 — неподвижные контакты; 2 — основание;  
3 — нож; 4 — вал

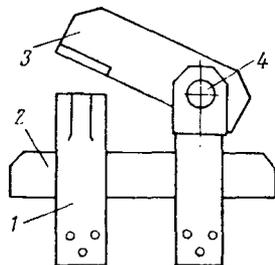


Рис. 199. Отключатель двигателя электровоза ЧС4:

1 — упругий контакт; 2 — основание; 3 — нож; 4 — вал

На корпусе пневматического привода имеется механический фиксатор положения, исключающий возможность самопроизвольного перемещения поршней привода и соответственно самопроизвольного переключения реверсивных переключателей. Отключатели двигателей, так же как и реверсивные переключатели, имеют простейшую конструкцию (рис. 199); дополнительно пояснять ее не требуется.

Три пары отключателей двигателей имеют один общий пневматический привод — точно такой же, как привод переключателя реверсора. Привод поворачивает все валы отключателей приблизительно на  $40^\circ$ . При неисправности одного двигателя, который необходимо вывести из силовой цепи, соответствующая пара отключателей отсоединяется от пневматического привода и они устанавливаются в положение *РМ* (неисправный тяговый двигатель).

Блок-контакты выполнены в виде отдельных контакторных элементов. Процесс замыкания (а также размыкания) происходит с притиранием контактов, т. е. после их соприкосновения подвижный контакт некоторое время скользит по неподвижному, притирается; одновременно увеличивается контактное нажатие. При этом поверхности контакта очищаются, что способствует надежности замыкания даже в условиях большой запыленности и создает хороший переходный контакт.

## § 52. Контакторы

Для включения и отключения цепей под нагрузкой на электровозах используют выключатели с дистанционным приводом, которые называют контакторами. Привод контакторов бывает двух типов: электромагнитный и электропневматический. Соответственно типу привода и контакторы подразделяют на электромагнитные и электропневматические. Электромагнитные контакторы проще. Их используют главным образом во вспомогательных цепях с напряжением 380 в и в цепях управления с напряжением 50 в. Электропневматические контакторы сложнее, но зато привод, работающий от сжатого воздуха, обеспечивает лучшее нажатие их контактов. Благодаря

этому контакторы способны работать в цепях с большими токами и большими напряжениями.

**Электромагнитные контакторы.** На электровозах переменного тока электромагнитные контакторы используют для включения асинхронных двигателей вспомогательных машин, печей обогрева кабин, двигателя переключателя ступеней и др. В зависимости от схемы и мощности цепи, в которой устанавливают контакторы, выбирают соответствующий тип их (по числу полюсов, току и напряжению). Чем больше номинальный ток контактора, тем больше сечение его токоведущих частей. Чем больше номинальное напряжение, тем выше должна быть электрическая прочность изоляции токоведущих частей контактора. Наконец, чем больше номинальный ток и напряжение, тем сильнее развита дугогасительная система контактора.

Для включения трехфазных двигателей вспомогательных машин используют двухполюсные электромагнитные контакторы (третья фаза каждого двигателя постоянно соединена с выводом вспомогательной обмотки тягового трансформатора), а в остальных цепях контакторы однополюсные. Применяют контакторы как с замыкающими силовыми контактами, так и с размыкающими.

На электровозах ВЛ60, ВЛ60<sup>к</sup> и первых электровозах ВЛ80<sup>к</sup> (до № 110) для включения вспомогательных машин и других вспомогательных цепей использовали электромагнитные контакторы общепромышленного изготовления, тип и параметры которых приведены в табл. 10.

Однако контакторы общепромышленные, как и другие электрические аппараты, изготовленные без учета специфических условий — тряски, усиленной запыленности, большого диапазона изменения температуры внутри кузова от  $-50$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  и др. — работают недостаточно надежно. Поэтому на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> с № 111 и ВЛ80<sup>г</sup> устанавливают электромагнитные контакторы МК, сделанные специально для электроподвижного состава или, как говорят, в тяговом исполнении. Технические данные этих контакторов приведены в табл. 11.

Вместо контактора КПВ-603 теперь устанавливают контактор МК-97, вместо КТПВ-523 — МК-85 и МК-87, вместо КТПВ-522 — МК-84, вместо КТПВ-521 — МК-63, вместо КПМ-111 — МК-69 и т. д.

Таблица 10

Тип контакторов	Напряжение в в		Ток в а	Количество контактов		Вес в кг
	постоянного тока	переменного тока		замыкающих	размыкающих	
КТПВ-521	—	380	50	2	—	6
КТПВ-522	—	380	100	2	—	8
КТПВ-523	—	380	150	2	—	13
КПВ-603	—	380	150	1	—	7
КПД-131	50	—	25	1	1	4
КПМ-111	—	380	25	1	—	3,5

Тип контактора	Номинальное напряжение в в		Номинальный ток в а	Количество силовых контактов		Количество блок-контактов		Вес в кг
	постоянного тока	переменного тока		замыкающих	размыкающих	замыкающих	размыкающих	
МК-63	50	380	50	2	—	1	1	7,0
МК-66	50	—	50	1	1	—	—	6,5
МК-68	50	380	50	2	—	—	—	6,5
МК-69	50	380	50	1	—	—	—	6,3
МК-70	50	—	60	—	2	1	1	7,1
МК-84	—	380	150	2	—	2	2	14,7
МК-85	—	380	150	2	—	—	2	14,7
МК-86	—	380	150	2	—	2	—	14,7
МК-87	—	380	150	2	—	—	—	13,9
МК-94	—	380	150	1	—	2	2	8,9
МК-95	—	380	150	1	—	—	2	8,9
МК-96	—	380	150	1	—	2	—	8,9
МК-97	—	380	150	1	—	—	—	8,1

Для того чтобы включить электромагнитный контактор, необходимо подать напряжение (обычно 50 в постоянного тока) на катушку электромагнита. Контактор остается включенным все время, пока подается напряжение на его катушку. При снятии напряжения (например, в случае отключения соответствующей кнопки) подвижная система контактора под действием отключающей пружины возвращается в исходное положение, т. е. контактор отключается.

Электромагнитные контакторы МК по конструкции подвижной системы можно разделить на две группы: к первой относятся контакторы с мостиковой (прямоходовой) контактной системой (типа МК-63÷70), ко второй — контакторы с поворотной контактной системой (типов МК-84÷87, МК-94÷97).

В контакторах с мостиковой системой контактов (рис. 200) при подаче напряжения на включающую катушку 1 (она же является и удерживающей) якорь 3, притягиваясь к сердечнику под действием электромагнитных сил, поворачивается против часовой стрелки и сообщает поступательное движение вверх траверсе 6 с мостиковыми контактами 4. Каждый мостик замыкает два неподвижных контакта. Мостики так же, как и неподвижные контакты, изолированы друг от друга. Изоляция рассчитана на полное рабочее напряжение. Контактное нажатие создает пруж-

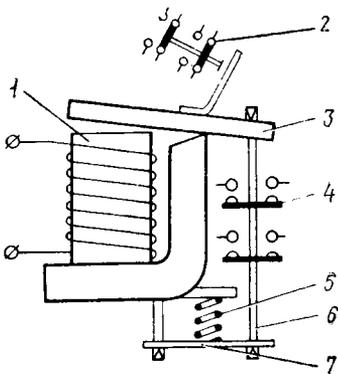


Рис. 200. Устройство электромагнитных контакторов

жина каждого мостика (на рис. 200 пружины не показаны). Блок-контакты 2 переключаются кронштейном, укрепленным на якоре 3. Отключение контактора происходит при снятии напряжения с катушки под воздействием отключающей пружины 5. Пружина отжимает вниз коромысло 7, которое траверсу с мостиковыми контактами перемещает вниз и поворачивает якорь 3 по часовой стрелке.

Мостиковые контакты при отключении контактора разрывают цепь в двух местах. Это облегчает гашение дуги, возникающей на контактах при размыкании. Поэтому оказалось возможным в контакторах МК-63÷70 не делать систему электромагнитного гашения. В дугогасительных камерах этих контакторов дуга лишь деионизируется, что ускоряет ее погасание и ограничивает область распространения.

К контактору МК-69, предназначенному для включения и отключения серводвигателя переключателя ступеней ЭКГ-8, с целью обеспечения четкой фиксации его позиций предъявляют повышенные требования по скорости срабатывания при снятии напряжения с его катушки. Поэтому у него отключающая пружина усилена и, кроме того, параллельно катушке подключен конденсатор.

Контактор МК-70, установленный на распределительном щите, переключает цепи управления на питание от аккумуляторной батареи (в случае прекращения их питания от подзарядного выпрямителя). Он также должен иметь высокую скорость отключения: время действия от момента снятия напряжения с катушки до момента замыкания силового контакта должно быть мало. Быстродействие контактора достигается благодаря усилению возвратной пружины и введению в цепь катушки добавочного резистора.

В качестве примера рассмотрим однополюсный контактор МК-63 с мостиковой системой контактов (рис. 201). Все узлы контактора смонтированы на магнитопроводе 4. Изоляция токоведущих частей выполнена с запасом на напряжение 600 в. Контактные напайки подвижных 1 и неподвижных 2 контактов для большей проводимости и повышения их надежности сделаны из композиции с примесью серебра. Мостиковые блок-контакты 3 также имеют напайки с примесью серебра.

Переключение контактов при включении контактора производится траверсой 8, на которую воздействует приводной рычаг 6 якоря 7. При выключении контактора подвижная система возвращается в исходное положение под воздействием возвратной пружины 5.

Электромагнитные контакторы, рассчитанные на работу в цепях с большей мощностью — с токами 50—150 а, выполнены с поворотной системой подвижного контакта и электромагнитной системой дугогашения (рис. 202).

При подаче напряжения на катушку 1 якорь 2 притягивается к сердечнику и, преодолевая усилие отключающей пружины 3, поворачивается против часовой стрелки на призматической опоре около точки А. При повороте кронштейна 4 вместе с подвижным контактом 6 последний замыкается с неподвижным контактом 8. Предусмотрено

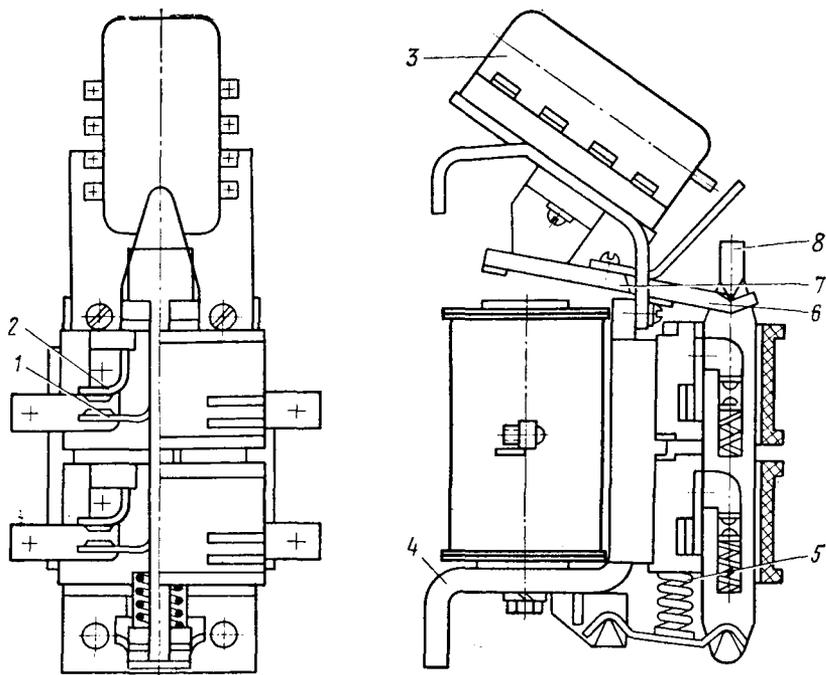


Рис. 201. Контактёр электромагнитный типа МК-63

замыкание контактов с притиранием. Для этого подвижной контакт посажен на ось 7, на которой он может поворачиваться в ограниченных пределах. Сжатая пружина 5 постоянно действует на контакт, стремясь замкнуть его с неподвижным контактом. Во время включения контактора подвижной контакт после соприкосновения с неподвижным, поворачиваясь вокруг оси 7, проскальзывает по поверхности неподвижного контакта с увеличивающейся силой нажатия. Контактное нажатие во включенном положении контактора определяется усилием сжатой пружины 5.

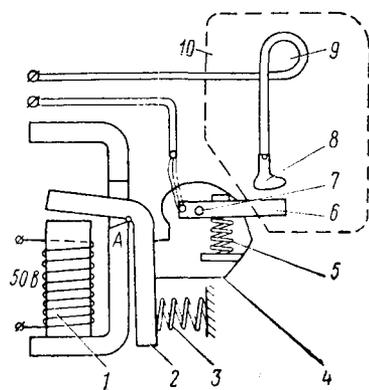


Рис. 202. Устройство электромагнитных контакторов с поворотной системой контактов и системой дугогашения

Размыкание контактов при отключении контактора происходит также с проскальзыванием подвижного контакта по поверхности неподвижного. Электромагнитная система 9 выталкивает дугу, образующуюся между расходящимися контактами. Дуга удлиняется и гаснет в камере 10.

Электромагнитный двухполюсный контактор МК-87 (рис. 203) с поворотной системой контактов имеет моно-

блочную компоновку. Контакты, рассчитанные на ток 50—150 а, изготовлены из кадмиевой меди. Изоляция токоведущих частей выполнена на напряжение 600 в.

Контакты МК-84÷87 и МК-94÷97 по конструкции аналогичны рассмотренному.

**Электропневматические контакторы.** Для цепей с большой мощностью, где токи достигают нескольких сотен ампер, а напряжения нескольких киловольт, электромагнитные контакторы непригодны. В таких цепях устанавливают электропневматические контакторы: на электровозах переменного тока в цепях тяговых двигателей и в цепях ослабления поля. Электропневматические контакторы ПК рассчитаны на напряжение 3000 в (кроме ПК-96÷101, которые рассчитаны на 1500 в) и давление сжатого воздуха 5 ат. Номинальный ток контакторов различен: от 350 до 1300 а. Вес их от 12,5 до 28 кг.

Устройство контакторов всех типов примерно одинаково. Отличия имеются лишь в токоведущих элементах и в системах дугогашения. Контакторы ПК-14÷19 вообще не имеют дугогасительных устройств, ПК-21÷26 снабжены лабиринтно-щелевой камерой, а остальные контакторы имеют однощелевую дугогасительную камеру с шунтирующим резистором и пламягасительной решеткой. Контакторы ПК-96÷101 в отличие от других имеют две пары контактов: разрывные и главные токнесущие, которые работают по такому же принципу, как у контакторных элементов с дугогашением группового переключателя ЭКГ-8.

В качестве примера рассмотрим устройство и работу контакторов ПК-96÷101. При подаче напряжения 50 в постоянного тока на катушку 9 (рис. 204) электропневматического вентиля 10 открывается доступ сжатому воздуху в пневматический цилиндр 8. Воздух поднимает поршень вверх, преодолевая усилие отключающей пружины 7, и, действуя на тягу, поднимает вверх рычаг 6, на котором укреплены подвижные контакты: разрывной 5 и главный 2. Первые замыкаются разрывные контакты. Затем при дальнейшем движении рычага 6 вверх замыкаются главные контакты 2 и 3. Рычаг 6, перемещаемый вверх тягой и рычагом, передвигает планку 11 вниз. Верхняя ее часть (показана на рис. 204 заштрихованной) замыкает блок-контакты 12. Контактор остается включенным, пока цилиндр электропневматическим вентиляем соединен с резервуаром сжатого воздуха, т. е. пока подано напряжение на катушку вентиля 9.

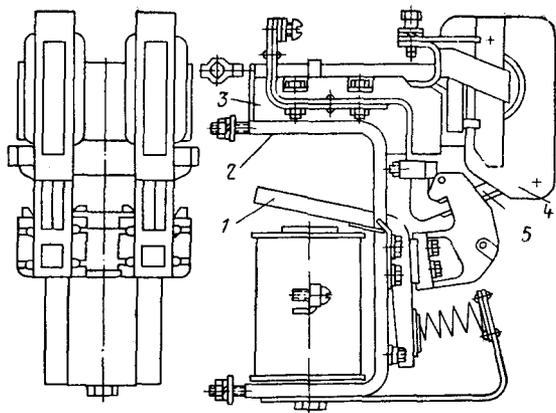


Рис. 203. Контактор электромагнитный МК-87:  
1 — якорь; 2 — основание; 3 — боковина; 4 — дугогасительная камера; 5 — подвижной контакт

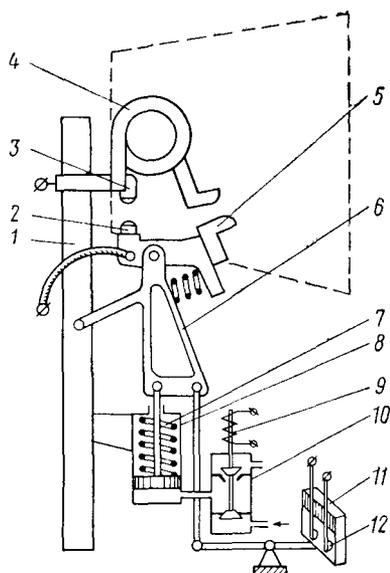


Рис. 204. Устройство электропневматических контакторов ПК-96÷101

В цепях ослабления поля используется часть контактов без дугогашения, так как разрываемые ими цепи работают с невысоким пульсирующим переменным напряжением и погасание дуги происходит достаточно быстро и надежно без дугогасительных камер.

Контакторы имеют несколько исполнений, различающихся способом подачи воздуха к приводу. У некоторых контакторов нет вентиля управления, и они получают воздух от вентилях соседних контакторов, с которыми должны работать синхронно; так выполнены контакторы ослабления поля.

### § 53. Разъединители и переключатели

Все переключения в силовых цепях осуществляют с помощью различных отключателей, разъединителей, переключателей, рубильников. Как отключения, так и включения перечисленных аппаратов производят в обесточенных цепях, и если они имеют ручной привод, то обязательно при опущенных токоприемниках.

К контактам этих аппаратов предъявляют общие требования: замыкания контактов должны происходить с притиранием и, кроме того, контакты должны соприкасаться под значительным давлением, которое не должно уменьшаться со временем. Выполнение этих условий обеспечивает наименьшее переходное сопротивление и поэтому высокую надежность в работе.

В самом деле, если, например, контактное нажатие почему-либо уменьшится (например, из-за ослабления пружины), то увеличится

При снятии напряжения с катушки тот же вентиль отсоединяет цилиндр от источника сжатого воздуха и соединяет его с атмосферой. Поршень под действием пружины и веса подвижных частей контактора опускается, размыкая сначала главные, а затем разрывные контакты.

Дуга, образующаяся между контактами, выдувается магнитным потоком, образуемым дугогасительной катушкой 4, в камеру, в которой она удлиняется, дробится на ряд мелких дуг и гаснет. Все детали контактора смонтированы на основании 1.

Главные контакты контактора ПК-96÷101 выполнены из металлокерамики СОК-15 — по ним длительно может проходить силовой ток. Разрывные контакты имеют напайки из металлокерамики МВ-70, которые лучше выдерживают горение дуги.

переходное сопротивление и пропорционально ему возрастут потери энергии в контакте. Контакт станет сильнее нагреваться, в отдельных точках возможно выплавление меди, что еще больше увеличит переходное сопротивление. При ослабленном нажатии контакты будут, как говорят, выгорать, на них образуются следы копоти и нагрева (цвета побежалости).

Чаще всего контакты силовых отключателей, рубильников выполняются в виде пинцетов, в которые врубаются ножи.

Параметры (ток и напряжение), а также конструкция того или иного переключателя определяются его назначением и местом в силовых цепях электровоза. Рассмотрим некоторые из них.

Для отключения тяговых двигателей в случае их повреждения используют однополюсные разъединители ОД-52 на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и РТД-20÷21 на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>, отличающиеся величинами тока и напряжения.

При необходимости передвижения электровоза внутри депо на тяговые двигатели от деповской сети низкого напряжения через низковольтные розетки электровоза должно быть подано напряжение. Когда электровоз работает от контактной сети, розетки от силовых цепей тяговых двигателей должны быть отсоединены. Поэтому между розетками и шинами тяговых двигателей поставлены двухполюсные разъединители: РШК-048 на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и РШК-54÷58 на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>. Для отключения выпрямительной установки в случае ее повреждения используют на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> специальный переключатель ПВ-78, на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> — разъединители РВ-23 (по два разъединителя на каждую выпрямительную установку) и на электровозах ВЛ80<sup>г</sup> — разъединители РВУ-29.

Двигатели вспомогательных машин могут получать питание от трехфазной системы электровоза и от трехфазной системы депо. Переключают питание двигателей вспомогательных машин перекидным трехполюсным переключателем ПВЦ-42 на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ПВЦ-70 — на ВЛ80<sup>к</sup> и ПВЦ-100 — на ВЛ80<sup>г</sup>.

Разъединитель секции РС-15 установлен на восьмиосных электровозах для подключения вспомогательных цепей одной (неисправной) секции к вспомогательным цепям другой (нормально работающей) секции.

Чтобы сохранить работоспособность вспомогательных машин и электровоза при большом (аварийном) снижении напряжения в контактной сети (до 12 кв), в обмотке трансформатора сделан специальный вывод с повышенным напряжением. Переключают питание вспомогательных машин на этот вывод переключателем ПО-68.

Наиболее сложным из перечисленных аппаратов является переключатель ПВ-78, который, помимо отключения выпрямительной установки, соединяет группу тяговых двигателей одной тележки последовательно с группой двигателей другой тележки.

Переключатель ПВ-78 (рис. 205) представляет собой групповой кулачковый переключатель с пневматическим приводом 5. Переключатель состоит из восьми контакторных элементов без дугогашения 4 (они производят переключения в обесточенных цепях), укрепленных

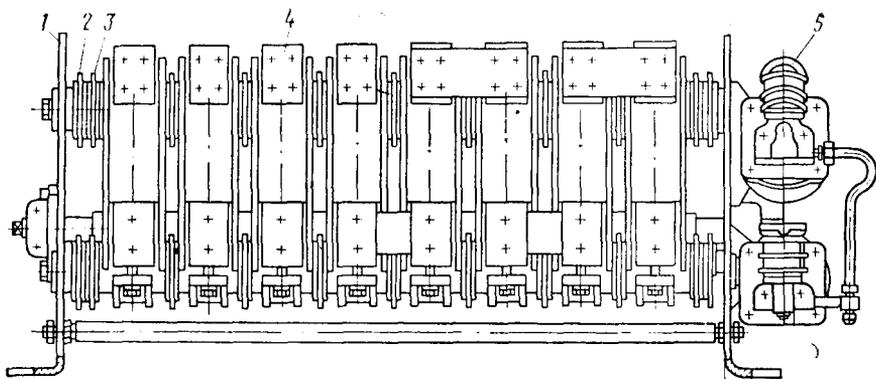


Рис. 205. Переключатель ПВ-78

на изолированных рейках 2 сборного каркаса 1. Изоляторами 3 контакторы изолируются от каркаса и от соседних контакторов. Переключатель имеет два фиксированных положения *Нормальный режим* и *Аварийный режим*. В первом из них включены шесть контакторов, а два отключены, во втором, наоборот, шесть отключены, а два включены.

Три крайних контактора предназначены для отключения выпрямительной установки, остальные пять — для переключения двух групп тяговых двигателей на последовательное соединение.

Переключения контакторов производят кулачковые шайбы, сидящие на общем валу. Вал поворачивается из одного положения в другое под действием пневматического привода, состоящего из двух цилиндров сжатого воздуха с поршнями внутри и двух электропневматических вентилях, открывающих доступ сжатому воздуху либо в один, либо в другой цилиндр. После возбуждения одного из вентилях воздух поступает в соответствующий цилиндр, поршень со штоком, перемещаясь, поворачивает кулачковый вал в фиксированное положение. Чтобы перевести переключатель в другое положение, следует подать напряжение на другой вентиль. После возбуждения этого вентилях воздух поступит в другой цилиндр, что приведет к повороту кулачкового вала и соответственно — контакторных элементов в другое фиксированное положение.

Технические данные переключателя ПВ-78 обусловлены током трех тяговых двигателей и напряжением вторичной обмотки трансформатора. Переключатель рассчитан на ток 1500 а, напряжение 2500 в. Номинальное давление сжатого воздуха 5 ат. Блок-контакты выполнены на напряжение 50 в и ток 35 а.

Технические данные других переключателей и разъединителей приведены в табл. 12, блок-контакты всех переключателей и разъединителей рассчитаны на напряжение 50—110 в.

Устройство их весьма несложно и конструкции однородны. Рассмотрим разъединитель типа ОД-52 (рис. 206). Он состоит из ножа 4, имеющего две контактные пластины, и клинового не-

подвижного контакта 3 с пластинчатой пружиной, обеспечивающей необходимое контактное нажатие. Контактные пластины ножа связаны друг с другом общей рукояткой 2 для ручного включения и отключения (конечно, при опущенных токоприемниках). Разъединитель имеет два вывода для подключения шин, один из которых является шарнирной опорой для ножа. В шарнире контактное нажатие обеспечивается пружинной шайбой 6. Токо-несущие детали — выводы, контакты, стойки — монтируют на изоляционных стойках 1.

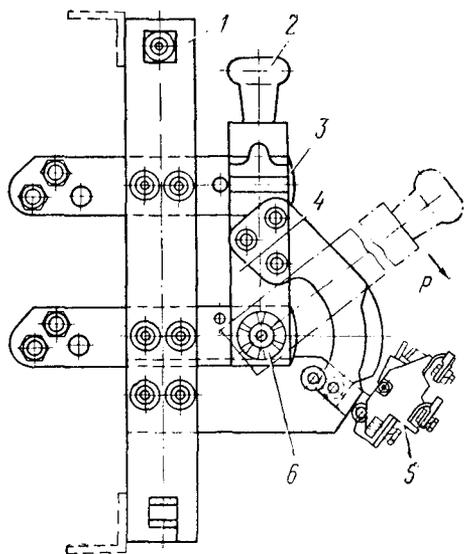


Рис. 206. Отключатель тяговых двигателей ОД-52

На разъединителе установлены блок-контакты 5. Такое же устройство имеют и др. разъединители, а также переключатели.

Общее устройство отключателей разъединителей ножевого типа примерно одинаково. Тем не менее каждый из них имеет свои конструктивные особенности. Если на электровозе ВЛ80<sup>к</sup> в качестве разъединителей вентилях используются двухполюсные разъединители РВ-23 (два на каждую выпрямительную установку), то на электровозе ВЛ80<sup>г</sup> — один трехполюсный РВУ-29 (рис. 207). Он состоит из трех отдельных разъединителей, установленных на каркасе 5,

Т а б л и ц а 12

Тип разъедини- телей, пере- ключателей	Номинальные значения			Тип разъедини- телей, пере- ключателей	Номинальные значения		
	тока в а	напряжения в в	тока блок- контактов в а		тока в а	напряжения в в	тока блок- контактов в а
ОД-52	2000	500	35	РШК-47÷48	3000	500	30
РШК-048	3000	500	35	ПВЦ-48	380	500	—
РТД-20÷21	3000	1000	35	ПВЦ-70	750	600	30
РВ-22÷27	1500	1000	35	ПВЦ-100	600	1200/600 *	10
РВУ-24	1500	2350	5	РС-15	750	600	30
РВУ-29	2100	2000	15	ПО-68	1000	600	—
РШК-54÷58	3000	500	35				

\* В числителе указано напряжение для верхнего положения переключателя, а в знаменателе — для нижнего.

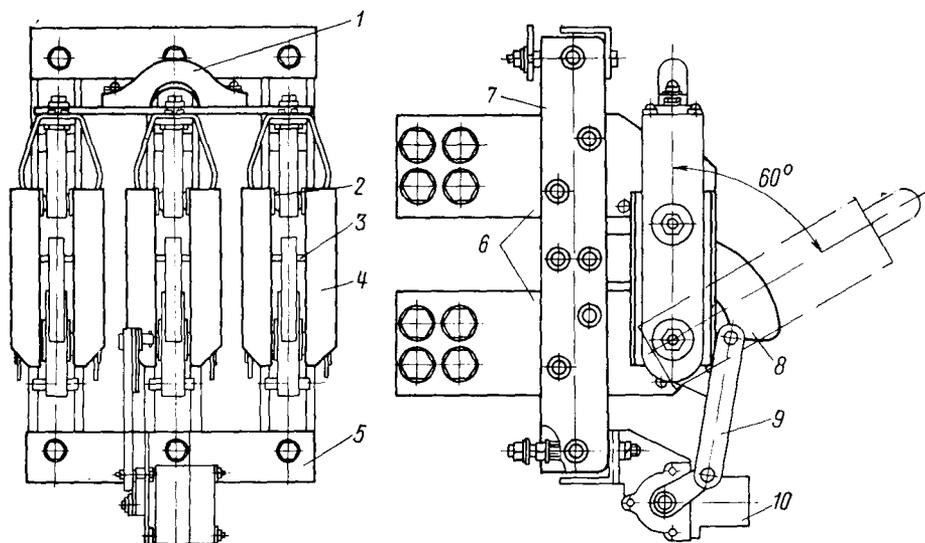


Рис. 207. Разъединитель РВУ-29

связанных между собой общей рукояткой 1, предназначенной для ручного включения и отключения. Каждый разъединитель укрепляют на двух изолированных стойках 7. Он имеет нож, состоящий из двух контактных пластин 4, и неподвижный контакт — пластину 6. Нож шарнирно посажен на нижнюю контактную пластину, которая так же, как и верхняя, служит выводной клеммой разъединителя. Нож может поворачиваться в пределах  $60^\circ$ . Во включенном положении его пластины охватывают верхнюю пластину и тем самым обеспечивается электрическое соединение выводных шин — пластин 6.

Чтобы обеспечить надежный контакт с малым переходным сопротивлением и уменьшить электрический износ контактных поверхностей, рабочие поверхности шарнирного и клинового контактов выполнены с напайками 2 из композиции серебро-графит. Для уменьшения механического износа напаяк разъединитель снабжен специальным роликовым устройством 3, обеспечивающим уменьшение скольжения напаяк относительно друг друга в процессе включения и отключения.

В качестве блок-контактов в этом разъединителе используется кулачковый контакторный элемент 10, устройство которого выше было рассмотрено. Этот контактор приводится в действие тягой 9, шарнирно соединенной с планкой 8, и рычагом блокировочного кулачкового вала.

На электровозе ЧС4, как показано выше, применены отключатели двигателей также рубящего типа, но они имеют дистанционный пневматический привод и установлены на одной общей панели с реверсивными переключателями.

## § 54. Контроллер машиниста

Контроллер машиниста предназначен для управления всеми аппаратами, используемыми как в режиме тяги, так и в режиме электрического торможения. К таким аппаратам относят переключатель ступеней, реверсоры, контакторы ступеней ослабления поля тяговых двигателей, тормозной переключатель, блокировочный переключатель, блок управления реостатным торможением и др.

Машинист с помощью контроллера замыкает либо размыкает цепи управления приводов тех или иных высоковольтных аппаратов, устанавливает направление движения, осуществляет набор или сброс позиций (причем он может это делать — опять же с помощью контроллера — либо по одной позиции, либо автоматически до любой выбранной им позиции). На электровозах с реостатным торможением машинист с помощью контроллера задает режим торможения — остановочный или для поддержания определенной, выбранной им скорости.

Контроллер машиниста представляет собой блок низковольтных аппаратов — в основном кулачковых переключателей. На контроллерах, предназначенных для электровозов без реостатного торможения, имеется два переключателя, а с реостатным торможением — три и некоторое дополнительное оборудование. Каждый переключатель имеет свой кулачковый вал с выведенной наружу рукояткой. Машинист управляет электровозом, меняет режим ведения поезда с помощью рукояток контроллера, переводя их из одного положения в другое. Контроллер установлен в кабине таким образом, чтобы рукоятки его были у машиниста под левой рукой; у правой руки машиниста расположены органы управления тормозами электровоза и поезда.

Контроллеры машиниста электровозов ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup> отличаются друг от друга незначительно. Контроллер электровоза ВЛ80<sup>т</sup>, оборудованного реостатным торможением, имеет дополнительный переключатель и еще некоторое специальное оборудование. Технические данные контроллеров машиниста следующие:

Электровоз . . . . .	ВЛ60 <sup>к</sup>	ВЛ80 <sup>к</sup>	ВЛ80 <sup>т</sup>
Тип контроллера . . . . .	КМЭ-60-044	КМЭ-55	КМЭ-70
Номинальное напряжение в в . . . . .	50	50	110
Номинальный ток в а . . . . .	30	30	35
Максимальный разрываемый ток в а . . . . .	10	5	—
Количество кулачковых элементов главного переключателя . . . . .	8	8	9
То же реверсивного . . . . .	6	6	6
» тормозного . . . . .	—	—	4
Вес в кг . . . . .	18,5	18,5	26

Контроллер машиниста КМЭ-55 (рис. 208), как и контроллер КМЭ-60-044, состоит из двух кулачковых переключателей: главного 1 и реверсивного 2, причем последний одновременно является переключателем ступеней ослабления поля. Главный переключатель представляет собой кулачковый контакторный переключатель. На вал его посажены четыре кулачковые шайбы, с которыми работают

восемь кулачковых контакторных элементов 3, расположенных по обе стороны вала.

Переключатель имеет шесть фиксированных позиций: *О* — нулевая; *АВ* — автоматическое выключение; *РВ* — ручное выключение; *ФВ* — фиксация выключения; *ФП* — фиксация пуска и *РП* — ручной пуск. Кроме фиксированных позиций, имеются две нефиксированные: *БВ* — быстрое выключение и *АП* — автоматический пуск.

Реверсивный переключатель представляет собой также кулачковый контакторный переключатель. На его валу смонтированы кулачковые шайбы, с которыми работают кулачковые контакторы, расположенные по обе стороны вала.

Переключатель имеет шесть фиксированных позиций: *О* — нулевая; *ПП* — полное поле (вперед); *ОП1* — первая ступень ослабления поля; *ОП2* — вторая и *ОП3* — третья ступень ослабления поля; положение *Назад*. Переключение производится машинистом вручную.

Для предотвращения ошибочных действий машиниста главный и реверсивный переключатели заблокированы так, что при нулевой позиции реверсивного вала главный вал также находится на нулевой позиции и его перемещения невозможны. Установить рукоятку реверсивного вала на нулевую позицию можно только в том случае, если рукоятка главного вала находится на нулевой позиции.

Кроме того, конструкция реверсивного переключателя исключает перевод рукоятки через позицию *О* при сбрасывании позиций ослабленного поля. Для перевода реверсивной рукоятки в положение *ОП1*, необходимо рукоятку, находящуюся в положении *ПП*, выдвинуть до упора и поворотом против часовой стрелки установить в нужное

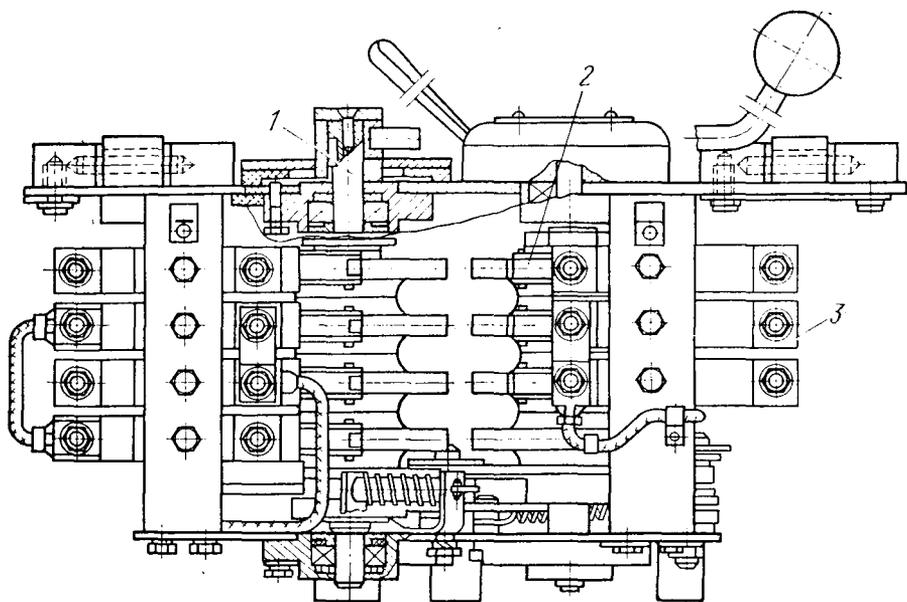


Рис. 208. Контроллер машиниста КМЭ-55

положение — сначала в ОП1, а затем при необходимости в ОП2 и ОП3. Положение валов на позициях фиксируют с помощью профильных шайб и системы западающих рычагов с пружинами.

Устройство кулачковых контактных элементов примерно одинаково на всех контроллерах. На основании 2 (рис. 209) шарнирно закреплен рычаг 5 держателем подвижного контакта 4 и ролик 6.

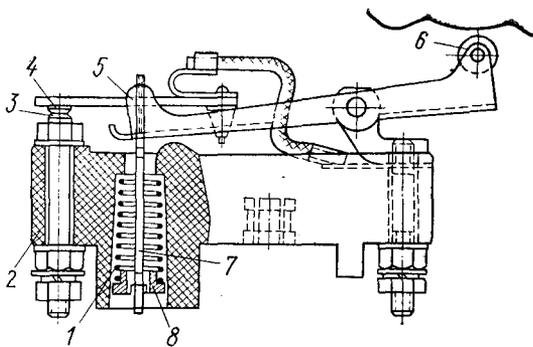


Рис. 209. Кулачковый контактор контроллера машиниста

Внутри основания установлена сжатая пружина 1, которая через шайбу 8 и тягу 7 стремится повернуть рычаг 5 против часовой стрелки, т. е. так, чтобы замкнулись контакты 3 и 4. Если ролик 6 попадает на выступ кулачковой шайбы, рычаг 5 поворачивается по часовой стрелке и контакты размыкаются. Если же ролик попадает во впадину кулачковой шайбы, контакты под действием пружины замыкаются.

Притирание контактов при замыкании обеспечивается благодаря составной конструкции рычага. Так, при повороте рычага 5 в сторону, соответствующую замыканию контактов, происходит сначала касание контактов, после чего рычаг продолжает поворачиваться до упора, а держатель контакта и подвижной контакт в это время, перемещаются, обеспечивая притирание контактов.

На электровозах ВЛ80<sup>т</sup> устанавливают контроллер КМЭ-70 (рис. 210), который состоит из трех переключателей: главного, реверсивного и тормозного.

Главный переключатель и его рукоятка 3 имеют те же позиции, что и переключатель в контроллере КМЭ-55 — шесть фиксированных и две нефиксированные. Реверсивный переключатель и его рукоятка 4 имеют тоже шесть фиксированных позиций, как и реверсивный переключатель в контроллере КМЭ-55.

Существенным отличием рассматриваемого контроллера является наличие тормозного переключателя с рукояткой 2 и переключателя 1 (задатчика) тормозной силы. Переключатель тормозной и его рукоятка 2 имеют следующие положения: 0 — нулевое; П — подготовка цепей к режиму торможения; ПТ — предварительное торможение (с тормозной силой примерно 10 Т); Т — торможение. Положения 0, П, ПТ и крайние положения зоны Торможение — фиксированные. Внутри зоны Торможение вал переключателя не фиксируется — он может быть поставлен в любое положение. В этой зоне тормозной вал с помощью установленной на нем профильной шайбы поворачивает вал сельсина. При этом с выводов сельсина снимается напряжение изменяющейся величины: чем больше угол, на который

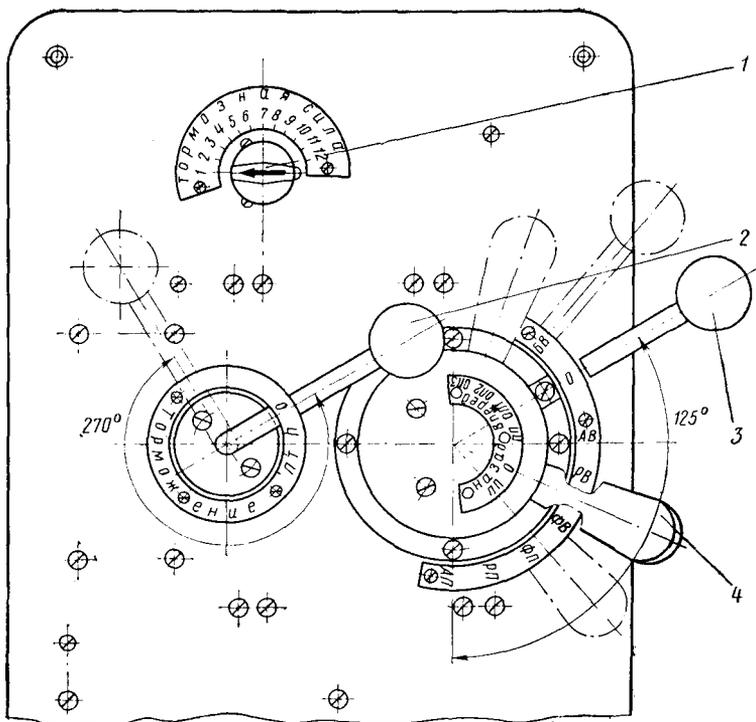


Рис. 210. Контроллер машиниста КМЭ-70 (вид сверху)

повернута тормозная рукоятка по часовой стрелке, тем меньше напряжение на выводах сельсина, тем меньше скорость, задаваемая машинистом, которую должны обеспечить автоматические устройства управления реостатным торможением.

Установка машинистом рукоятки переключателя 1 (тормозной силы) в то или иное положение определяет максимальное тормозное усилие, которое может быть допущено в зависимости от состояния пути, погодных и других условий.

Чтобы исключить ошибочные действия машиниста, которые могли бы привести к повреждению оборудования электровоза, валы трех переключателей рычагами и профильными дисками заблокированы друг с другом следующим образом: реверсивный вал может быть установлен в положение *О* только при нулевом положении главного и тормозного валов; главный вал может быть перемещен с нулевой позиции, если реверсивный вал не находится в нулевом положении и тормозной вал поставлен в позицию *О*; тормозной вал может быть перемещен с нулевой позиции, если реверсивный вал находится в положении *ПП*, а главный в положении *О*; переместить реверсивный вал в положение *ОП1* или *ОП2* или *ОП3* невозможно, если тормозной вал не находится на нулевой позиции.

## § 55. Блокировочный переключатель

На электровозе ВЛ80<sup>т</sup> при переходе с режима тяги в режим реостатного торможения и наоборот необходимо производить одновременно много переключений в цепях управления и сигнализации. Эти переключения выполняет блокировочный переключатель, технические данные которого определяются параметрами цепей управления.

Номинальное напряжение . . . . .	50 в
Длительный ток контактов . . . . .	35 а
Наибольший ток отключения . . . . .	15 »
Контактное нажатие . . . . .	0,3 кг
Провал контактов . . . . .	1,5—2 мм
Разрыв » . . . . .	6—8 »
Количество фиксированных позиций . . . . .	2
Эффективное напряжение, на которое рассчитана изоляция . . . . .	380 в
Давление сжатого воздуха:	
номинальное . . . . .	5 ат
минимальное . . . . .	3,75 ат

Блокировочный переключатель БП (рис. 211) представляет собой комплект контакторных кулачковых элементов 3, насаженных на общий кулачковый вал 9, имеющий электропневматический привод.

Переключатель собран на раме, состоящей из двух боковин 1 и 4, скрепленных рейками 5. К одной из боковин прикреплен привод, имеющий два электромагнитных пневматических вентиля 11, цилиндр 7 с двумя поршнями 6, жестко соединенными штоком 8. На штоке установлена шарнирная втулка, с которой рычаг 10 находится в постоянном зацеплении. Если возбудить один, например, нижний вентиль, то сжатый воздух поступит под нижний поршень. Тогда поршни и шток, перемещаясь вверх, повернут рычаг по ча-

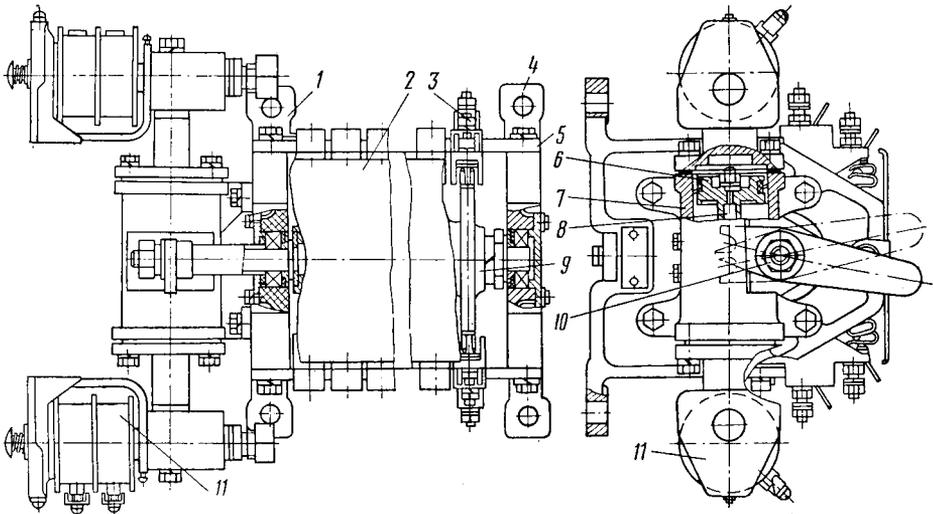


Рис. 211. Переключатель блокировочный БП

совой стрелке до фиксированной позиции, показанной на рисунке сплошной линией. Это — одна позиция.

Если возбудить другой клапан (верхний), то сжатый воздух поступит под верхний поршень, поршни и шток переместятся вниз и повернут рычаг вместе с кулачковым валом против часовой стрелки. Рычаг займет положение, показанное на рисунке штрих-пунктирной линией.

При повороте кулачкового вала кулачковые шайбы своими выступами и впадинами производят отключение и включение контактных элементов в определенном порядке, заданном схемой. Рычаг в сторону от пневматического цилиндра сделан удлиненным, что позволяет переводить переключатель вручную (например, при проверке и наладке цепей управления).

Контакторные элементы прикрыты крышкой 2, закрепленной на боковинах.

Кулачковые контакторные элементы в цепях управления используются и в ряде других аппаратов: переключатель режимов ПР-85 и блокировка штор БЭ-126 на электровозе ВЛ80<sup>к</sup> и др. Переключателем режимов задается режим электровоза при спаренной езде. Этот аппарат является также низковольтным групповым кулачковым переключателем с четырьмя фиксированными позициями. Кулачковый вал переключателя режимов из одного положения в другое машинист переводит с помощью рукоятки. Положение вала электрической блокировки камер определяется тем, заблокированы высоковольтные камеры или нет.

## § 56. Выпрямительные установки питания обмоток возбуждения тяговых двигателей

Питание обмоток возбуждения тяговых двигателей на электровозах ВЛ80<sup>т</sup> осуществляется от двух выпрямительных установок возбуждения ВУВ-758 (на первых электровозах ВЛ80<sup>т</sup> применяли установки ВУВ-658), собранных на тиристорах по двухполупериодной схеме (см. главу IV) с выведенной нулевой точкой.

Технические данные выпрямительной установки следующие:

Номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора ( $0-a1$ или $0-a2$ ) . . . . .	175 в
Выпрямленный ток, длительный . . . . .	850 а
Выпрямленный ток 20-минутного режима . . . . .	1300 »
Обратное напряжение на выводах ВУВ (амплитудное значение) . . . . .	580 в
Напряжение силовой части ВУВ относительно земли . . . . .	2000 »
Количество охлаждающего воздуха . . . . .	25 м <sup>3</sup> /мин

Основу силовой части блока составляют две группы тиристоров, содержащие по шесть параллельных ветвей с двумя последовательно соединенными тиристорами в каждой. Вместе с тиристорами в блоке смонтировано вспомогательное оборудование блока. Индуктивные дроссели ИД1—ИД6 (рис. 212) обеспечивают выравнивание нагрузки

между параллельными цепями тиристоров. Параллельно тиристорам подключены цепочки  $R11—C1$  и  $R12—C2$ , которые, во-первых, снижают коммутационные перенапряжения и, во-вторых, обеспечивают более равномерное распределение обратных напряжений между последовательно соединенными вентилями. Резисторы связи  $R1—R10$  распространяют действие цепочек  $R11—C1$  и  $R12—C2$ , а также диодов  $D1$  и  $D2$  (о их роли сказано ниже) на все вентили плеча.

Управляемые вентили  $B1—B12$  могут быть открыты при двух условиях: если направление напряжения, приложенного к клеммам  $A$  и  $B$ , соответствует их проводимости и если на управляющий электрод подан отпирающий импульс. На клеммы  $A$  и  $B$  подается переменное синусоидальное напряжение; в один, рабочий полупериод направление его соответствует проводимости вентиляей. Эти полупериоды чередуются с частотой 100 гц.

Отпирающие импульсы на все тиристоры в рабочий полупериод подают одновременно от вторичных обмоток импульсного трансформатора. Для вентиля, например,  $B7$  цепь отпирающего импульса такая: вторичная обмотка импульсного трансформатора  $ТИ$ , резистор  $R19$ , управляющий электрод вентиля  $B7$ , катод вентиля  $B7$ , диод  $D1$ , вторичная обмотка  $ТИ$ . Резисторы  $R13—R24$  в цепях управляющих электродов выравнивают величины импульсов, подаваемых на одновременно открываемые тиристоры. Диоды  $D1$  и  $D2$  исключают возможность протекания тока в обратном направлении через управляющие электроды (например, при перемагничивании сердечника импульсного трансформатора).

Первичной обмоткой импульсного трансформатора является обмотка  $НН_0—КК_0$ . Импульсы на нее подаются от усилителя импульсов, в который входят конденсаторы  $C4$ ,  $C5$ , тиристор  $BУ1$  и трансформатор  $Тр1$ . Импульсы в первичную обмотку  $ТИ$  поступают при разряде предварительно заряженных конденсаторов  $C4$  и  $C5$  по цепи: конденсаторы, первичная обмотка  $ТИ$ , конденсатор  $C3$  и резисторы  $R28$ ,  $R29$  с диодом  $D3$ , управляемый вентиль  $BУ1$ , конденсаторы. Заряд конденсаторов происходит в

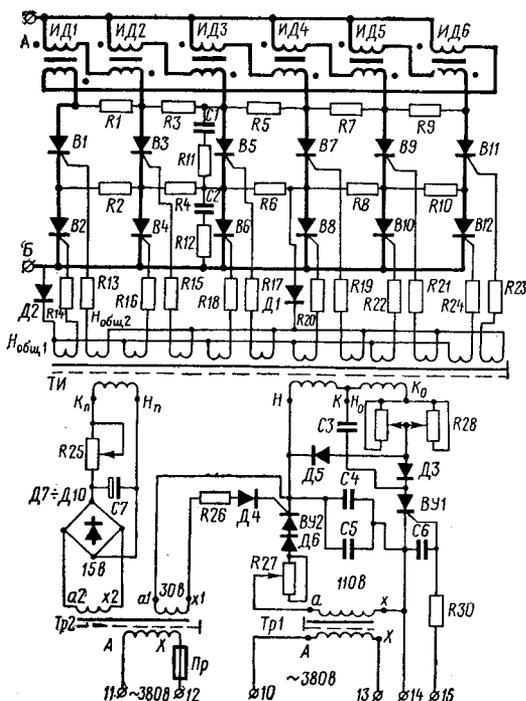


Рис. 212. Схема электрических цепей блока ВУВ

нерабочий полупериод от обмотки  $a-x$  трансформатора  $Tr1$  через диод  $D6$  и управляемый вентиль  $VU2$ . В это время конденсатор через первичную обмотку  $TI$  не разряжается, так как тиристор  $VU1$  заперт. В следующий рабочий полупериод от устройств, регулирующих режим реостатного торможения, на клеммы  $14$  и  $15$  поступает небольшой по мощности импульс, открывающий  $VU1$ . Усилитель импульсов усиливает его, а импульсный трансформатор  $TI$  «размножает» — направляет ко всем силовым тиристорам; тиристоры открываются.

Регулирование режима реостатного торможения осуществляют специальные устройства путем изменения момента открытия тиристора  $VU1$  в пределах рабочего полупериода. Чем позже от регулирующих устройств будут подаваться импульсы, открывающие тиристор  $VU1$ , и, соответственно, все силовые тиристоры, тем меньше будет ток возбуждения и сила торможения электровоза, и наоборот. Чтобы увеличить силу торможения, следует раньше отпирать тиристор  $VU1$ .

Для надежного отпирания тиристоров необходимы импульсы определенной формы, обусловленной скоростью нарастания и максимальным значением тока, продолжительностью его протекания и др. В то же время по условиям сохранности тиристоров параметры

импульсов не должны выходить за определенные пределы. Конденсатор  $C3$  и резисторы  $R28$  и  $R29$  подобраны так, что обеспечивают необходимую форму и параметры отпирющих импульсов.

После протекания отпирющих импульсов в следующий, нерабочий, полупериод начинается очередной заряд конденсаторов  $C4$  и  $C5$  в момент, когда открывается тиристор  $VU2$ , получая напряжение от обмотки  $a1-x1$  трансформатора  $Tr2$ .

Размагничивающая обмотка  $H_n-K_n$  импульсного трансформатора, на которую подается напряжение через выпрямительный мост  $D7-D10$  от обмотки  $a2-x2$  трансформатора  $Tr2$ , по существу в формировании импульсов не участвует. Она служит

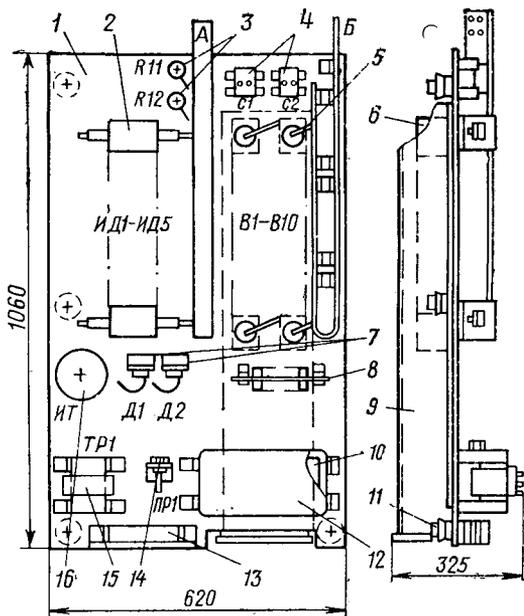


Рис. 213. Общий вид блока ВУВ:

- 1 — панель; 2 — индуктивный шунт; 3 — резисторы;
- 4 — конденсаторы; 5 — тиристор; 6 — охладитель;
- 7 — диод; 8 — панель резисторов; 9 — стеклопластовый желоб; 10 — панель управления; 11 — изолятор;
- 12 — кожух; 13 — контактные зажимы; 14 — предохранитель; 15 — трансформатор; 16 — импульсный трансформатор

для перемагничивания сердечника  $TИ$  в нерабочий полупериод, что позволяет уменьшить габариты импульсного трансформатора.

Напряжение питания трансформатора  $Tr1$  отстает по фазе на  $60^\circ$  от напряжения питания трансформатора  $Tr2$ .

Установку ВУВ-758 на электровозах ВЛ80<sup>т</sup> начали применять сравнительно недавно. Раньше устанавливали ВУВ-658, в которой меньше (5 вместо 6) параллельных ветвей тиристорov. Все оборудование блока ВУВ смонтировано на основной панели 1 (рис. 213), которая закреплена на шести изоляторах 11. Оборудование усилителя импульсов смонтировано на дополнительной панели 10, закрытой металлическим кожухом 12, которая крепится к основной панели.

## § 57. Шкаф (блок) управления реостатным торможением

Регулирование режима реостатного торможения сводится к регулированию тока возбуждения путем изменения момента подачи (фазы) отпирающих импульсов на тиристоры ВУВ. Для осуществления этого применена сложная система автоматики, которая обеспечивает выполнение заданного машинистом режима (осуществляет непосредственно регулирование) и одновременно предотвращает возникновение опасных для оборудования электровоза режимов (выполняет защитные функции).

Машинист электровоза ВЛ80<sup>т</sup> рукояткой контроллера может задать один из двух тормозных режимов: остановочное торможение или регулировочное торможение — движение с заданной скоростью на спуске. В первом режиме автоматические устройства обеспечивают вплоть до остановки наибольшую тормозную силу.

В режиме регулировочного торможения машинист задает скорость движения, устанавливая для этого тормозную рукоятку в определенное положение. Автоматические устройства включают систему реостатного торможения, если скорость движения превышает заданную, и выключают ее, если скорость становится меньше заданной. Таким образом обеспечивается движение по уклону с заданной скоростью.

Как в одном, так и в другом режиме реостатного торможения автоматические устройства контролируют следующие параметры: ток возбуждения, ток якоря, тормозную силу. Если значение любого из них превышает допустимую величину, то эти устройства, воздействуя на органы управления, вызывают уменьшение параметров торможения. На электровозах ВЛ80<sup>т</sup> последних выпусков дополнительно введено еще ограничение тормозного режима по условиям коммутации двигателей, работающих в генераторном режиме.

Все устройства, обеспечивающие автоматическое регулирование режима реостатного торможения, сгруппированы в блоках, размещенных в одном общем шкафу-блоке БУРТ-724 (блок управления реостатным торможением). Каждый блок шкафа (рис. 214) имеет свое назначение.  $\Phi P-УИ$  — блок фазорегулятора и усилителя импульсов непосредственно регулирует фазу отпирающих импульсов

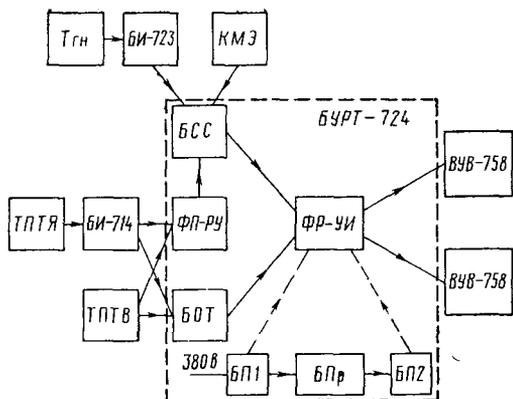


Рис. 214. Структурная схема устройств электрического торможения электропривода ВЛ80<sup>Т</sup>

ростей с наибольшей интенсивностью (силой торможения), которую выбирает и устанавливает машинист в соответствии с условиями сцепления. *БП1* — блок, питающий устройство БУРТ синусоидальным напряжением. *БПР* и *БП2* — блоки, питающие устройства автоматики переменным напряжением 36 в прямоугольной формы, частотой 50 гц.

Взаимодействие блоков — направление сигналов на структурной схеме — условно показано стрелками. Если, например, ток якоря по каким-либо причинам превысит уставку (950 а), сигнал от *ТПТЯ* поступит в блок *БИ-714*, из него в *БОТ* и затем в блок *ФР-УИ*, который изменит фазу импульсов таким образом, что уменьшится ток возбуждения и соответственно ток якоря.

Рассмотрим принцип работы и устройство отдельных характерных узлов БУРТ.

Блок *ФР-УИ* состоит из двух узлов — фазорегулятора *ФР* и усилителя импульсов *УИ*. В усилителе импульсов используется разряд предварительно заряженного конденсатора в момент отпирания вспомогательного тиристора. Этот усилитель работает так же, как усилитель импульсов перед трансформатором *ТИ* в выпрямительной установке возбуждения ВУВ-724 (см. § 56). Усилитель импульсов получает питание от *БП2*. В цепь питания переменным током между *БП2* и *УИ* включены рабочие обмотки магнитного усилителя, выполняющего здесь роль фазорегулятора *ФР*. При этом, если менять фазу тока, питающего усилитель *УИ*, то соответственно будет меняться и фаза импульсов, подаваемых от него на выпрямительную установку возбуждения. Фазу тока, питающего *УИ*, меняют, изменяя индуктивность рабочих обмоток магнитного усилителя.

Как известно, в цепи с индуктивным сопротивлением ток по фазе отстает от напряжения. Чем больше индуктивность, тем больше отставание. Индуктивность рабочих обмоток определяется магнитным состоянием сердечника. При насыщении сердечника индуктивность минимальна, при ненасыщенном сердечнике — макси-

мальна. В свою очередь состояние сердечника зависит от величины токов в обмотках управления. Меняя ток в управляющих обмотках, можно регулировать магнитное состояние сердечника, индуктивность рабочих обмоток, фазу отпирающих импульсов и тем самым ток возбуждения. Таким способом угол запаздывания отпираания тиристоров можно регулировать от 20 до 160°.

В магнитном усилителе каждая управляющая обмотка имеет свое назначение. Обмотка  $1Н-1К$  (рис. 215) замкнута накоротко и используется в качестве демпферной для предотвращения автоколебаний в переходных режимах. Обмотка  $2Н-2К$  называется обмоткой смещения. Регулируя в ней ток при настройке системы, устанавливаются исходное состояние сердечника магнитного усилителя и всей системы в целом. Обмотка  $4К-4Н$  обеспечивает изменение силы торможения в зависимости от заданного машинистом режима, фактической скорости и др. Ток в ней контролируется блоком  $ФП-РУ$ . Обмотка  $5Н-5К$ , получающая питание от блока  $БСС$ , включается в работу только в режиме регулировочного торможения. Обмотки  $6Н-6К$  и  $7Н-7К$  предназначены для уменьшения силы торможения в тех случаях, когда ток возбуждения или ток якоря превысят допустимые значения. Появление или увеличение тока в обмотках  $6Н-6К$ ,  $7Н-7К$ ,  $2Н-2К$  и уменьшение тока в обмотке  $4К-4Н$  (она включена таким образом, что ток идет от конца к началу, как показано стрелкой) влечет за собой размагничивание сердечника магнитного усилителя и, в конечном итоге, уменьшение тока возбуждения, тока якоря и силы торможения. И наоборот: уменьшение или прекращение тока во всех обмотках и увеличение тока в обмотке  $4К-4Н$  приводит к увеличению тока возбуждения и усилению торможения. Управляющие обмотки  $2Н-2К$ ,  $5Н-5К$ ,  $4К-4Н$  получают питание от выпрямительного моста  $Д38-Д41$ . Величина тока в обмотке  $2Н-2К$  устанавливается резистором  $R29$  во время настройки системы.

Итак, действие автоматических устройств БУРТ сводится к регулированию токов в управляющих обмотках магнитного усилителя блока  $ФР$ . Другими словами, блок  $ФР-УИ$  в системе БУРТ является выходным. Остальные блоки  $БСС$ ,  $БОТ$ ,  $ФП-РУ$  осуществляют свои функции, воздействуя на выходной блок  $ФР-УИ$ .

Познакомиться с устройством и работой блоков, входящих в БУРТ, удобнее всего по схеме (см. рис. 215), на которой в целях упрощения группы последовательно и параллельно соединенных резисторов заменены одним, не показаны фильтрустройства, элементы, входящие в один блок, сгруппированы вместе и обведены штриховой линией.

В режиме регулировочного торможения с заданной скоростью движения по уклону основную роль выполняет блок  $БСС$ . Машинист устанавливает тормозную рукоятку контроллера в определенное положение, соответствующее нужной скорости. При этом от задатчика скорости, который расположен на контроллере, поступает сигнал на мост  $Д42-Д47$  блока  $БСС$  в виде напряжения переменного тока определенной величины. Переменное напряжение преобразуется в постоянное и сигнал, как говорят, выделяется на резисторе  $R35$ . Величина напряжения зависит только от заданной скорости, т. е. от положения тормозной рукоятки контроллера. Это напряжение по цепи через резистор  $R36$ , резисторы  $R38$ ,  $R39$ ,  $R37$  подведено к входу (к эмиттеру и базе) транзистора  $T4$  и направлено так, что вызывает его открытие.

На усилитель импульсов УИ

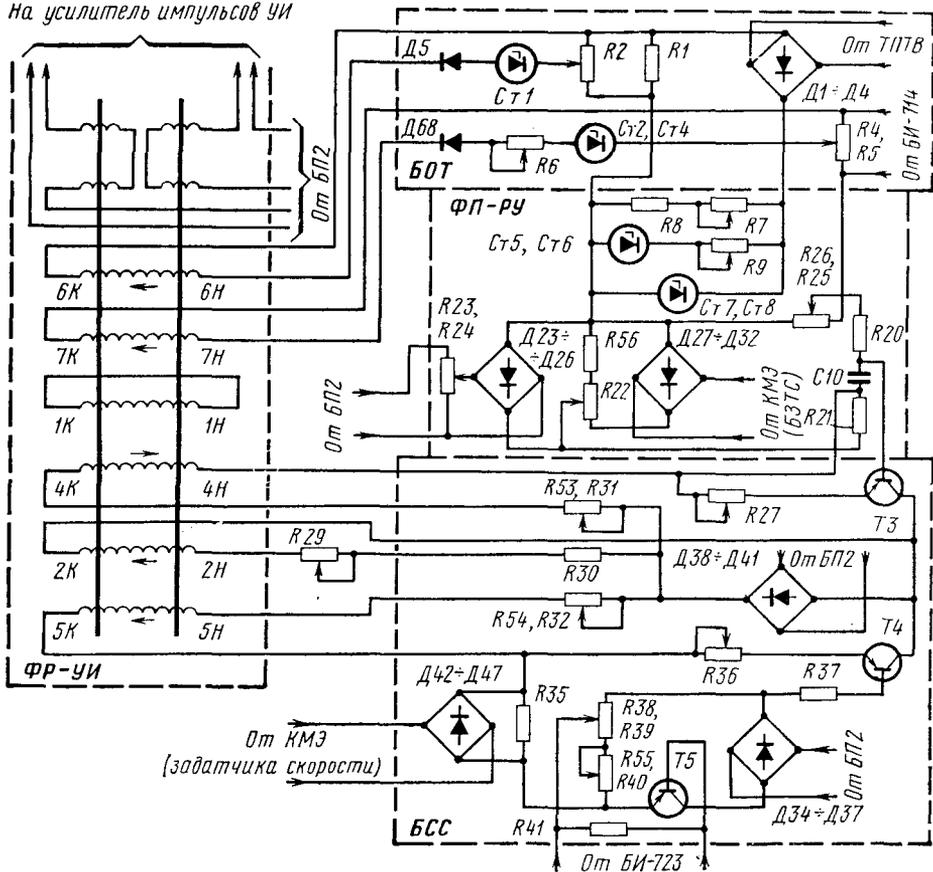


Рис. 215. Упрощенная схема блоков БОТ, ФП-РУ и БСС, входящих в БУРТ-724

Сигнал о фактической скорости электровоза на блок БСС поступает от блока БИ-723. Это слабый сигнал. Для его усиления введен транзистор  $T_5$ , на вход которого подается сигнал от блока БИ-723. На резисторах  $R_{38}$ ,  $R_{39}$ ,  $R_{55}$ ,  $R_{40}$  выделяется усиленный сигнал от моста  $D_{34}-D_{37}$  в виде напряжения, пропорционального скорости электровоза. Это напряжение по цепи через резисторы  $R_{35}$ ,  $R_{36}$  и  $R_{37}$  поступает на вход того же транзистора  $T_4$ , но направлено так, что вызывает его закрытие. Таким образом, к входу  $T_4$  приложено напряжение, равное разности напряжения на резисторе  $R_{35}$ , стремящегося открыть транзистор, и напряжения на резисторах  $R_{38}$ ,  $R_{39}$ ,  $R_{40}$ ,  $R_{55}$ , стремящегося закрыть его. Первое из них — сигнал о заданной скорости, второе — о фактической. Если первое окажется больше второго, то транзистор  $T_4$  открывается и тормозная сила уменьшается; если больше второе, то транзистор  $T_4$  закрывается и тормозная сила увеличивается.

Теперь рассмотрим как работает блок ограничения токов БОТ. Обмотки  $6H-6K$  и  $7H-7K$  магнитного усилителя нормально в режиме реостатного торможения обесточены. Если ток возбуждения или ток якоря наиболее нагруженного двигателя превысит определенную величину (уставку), в обмотках потечет ток, что приведет к уменьшению тока возбуждения (и, следовательно, тока якоря). Чем больше ток возбуждения двигателей, тем больше напряжение, поступающее от трансформаторов постоянного тока возбуждения ТПТВ на мост  $D_1-D_4$  (см. рис. 215), и больше ток в цепи резисторов  $R_7$ ,  $R_8$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ . Следовательно, напряжение на

резисторах  $R1, R2$  пропорционально току возбуждения. Обмотка  $6H-6K$  обычно обесточена. Если же ток возбуждения превысит уставку ( $1100 \text{ а}$ ), то напряжение на резисторах увеличится настолько, что произойдет пробой стабилизатора  $Ст1$  и по обмотке  $6H-6K$  потечет ток. Это вызовет уменьшение тока возбуждения (соответственно, тока якоря и силы торможения) до величины уставки.

Сигнал, пропорциональный току якоря наиболее нагруженного двигателя, поступает на резисторы  $R4, R5$  блока  $БСС$  от измерительного блока  $БИ-714$  (см. стр. 252). При увеличении тока якоря свыше уставки ( $950 \text{ а}$ ) напряжение на резисторах  $R4, R5$  увеличивается до величины, при которой пробиваются стабилизаторы  $Ст2-Ст4$  и в управляющей обмотке  $7H-7K$  появляется ток. Это вызывает уменьшение тока возбуждения (и тока якоря) до величины уставки.

Контроль и регулирование силы торможения выполняет блок  $ФП-ПУ$ , представляющий собой решающее устройство. Выходной сигнал блока  $ФП-ПУ$  разность отпирающего напряжения на резисторах  $R56, R22$  и запирающего на  $R26, R25$  выделяется на конденсаторе  $C10$  и через резистор  $R27$  поступает на вход транзистора  $T3$ .

Чем больше сигнал на входе транзистора  $T3$ , тем больше будет ток в управляющей обмотке  $4K-4H$  магнитного усилителя, тем больше ток возбуждения и ток якоря и, следовательно, тем больше сила торможения электровоза.

Напряжение на конденсаторе  $C10$  зависит от падения напряжения на резисторах, образующих замкнутый электрический контур (цепь). К резисторам  $R22-R56$  подведено напряжение как от основного питающего моста  $D23-D26$ , так и от моста  $D27-D32$ , связанного с блоком задатчика тормозной силы  $БЗТС$ , установленным на контроллере машиниста. Изменяя сопротивление резистора  $R22$ , регулируют настройку всей системы блока  $ФП-ПУ$ . С помощью  $БЗТС$  машинист устанавливает предельную интенсивность (силу) торможения в соответствии с условиями по сцеплению. Чем большие тормозные силы могут быть реализованы, тем большее напряжение от  $БЗТС$  через мост будет подведено к резисторам  $R56, R22$  и соответственно, тем больше будет ток на выходе транзистора  $T3$ .

Теперь разберем, каким образом блок  $ФП-ПУ$  ограничивает тормозную силу, причем на высоких скоростях в большей мере, чем на низких.

Напряжение на резисторах  $R7, R8$  находится в прямой зависимости от тока возбуждения, а на резисторах  $R4, R5$  — от тока якоря: чем больше токи, тем больше напряжения. При малых токах возбуждения (высоких скоростях движения) напряжение на резисторах  $R7, R8$  пропорционально току возбуждения. С уменьшением скорости ток возбуждения возрастает. При определенном токе пробиваются стабилизаторы  $Ст5, Ст6$  и пропорциональность нарушается. При низкой скорости и еще большем токе возбуждения пробиваются стабилизаторы  $Ст8, Ст7$ , после чего напряжение на резисторах  $R8, R7$  перестает меняться с изменением тока возбуждения.

Поскольку тормозная сила электровоза определяется током возбуждения и током якоря, сумма напряжений на резисторах в какой-то мере характеризует фактическую тормозную силу электровоза. Оба напряжения направлены противоположно основному (открывающему) базовому напряжению на резисторах  $R56, R22$ , т. е. стремятся закрыть транзистор  $T3$  и уменьшить силу торможения.

Характеристики стабилизаторов и сопротивления резисторов  $R8, R7, R9, P10$  подобраны так, что на высоких скоростях движения ограничение тормозной силы со стороны блока  $ФП-ПУ$  проявляется в большей мере, чем при низких скоростях.

Все элементы блока управления реостатным торможением БУРТ смонтированы на панелях. Каждая панель помещена в свою кассету, а кассеты  $2$  вставляют в общий шкаф (рис. 216). Габариты кассет различны. Чтобы кассету в шкафу можно было установить лишь в определенное место, а также для предотвращения ее смещения, на кассетах сделаны специальные штыри, а в шкафу — пазы. Для надежной ее фиксации (в условиях тряски) кассета после постановки в шкаф запирается специальным замком, имеющим два положения. Когда замок находится в положении  $0$  (открыто), можно вставлять и вынимать кассету; в положении  $3$  (заперто) кассета надежно фиксирована в шкафу.

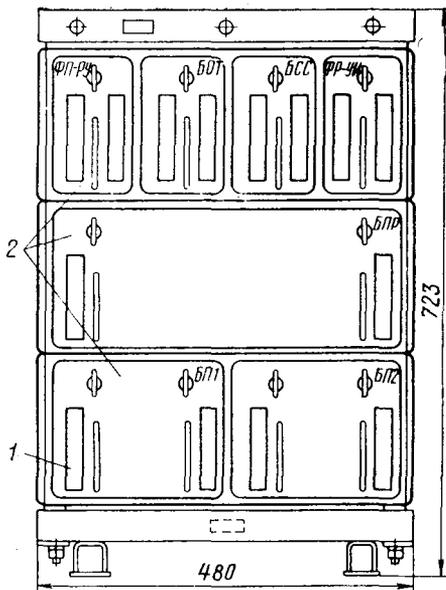


Рис. 216. Шкаф управления реостатным торможением

Подвод напряжения осуществляется через два контактных зажима, каждый из которых рассчитан на 18 клемм. Зажимы закреплены на уголках, приваренных к основанию. На лицевых панелях блоков расположены планки 1 с контрольными точками, через которые, не вынимая кассет из шкафа, можно с помощью специального прибора контролировать напряжение.

## § 58. Трансформаторы постоянного тока. Блоки измерения

**Трансформаторы постоянного тока.** В цепях переменного напряжения для косвенного измерения тока и напряжения используют простейшие аппараты — трансформаторы; в цепях постоянного тока использовать их невозможно, так как трансформаторы (силовые и измерительные) могут работать лишь на переменном токе.

Для косвенных измерений постоянного тока применяют специальные устройства, которые выполняют такую же роль, как трансформаторы тока. Поэтому их условно называют трансформаторами постоянного тока (ТПТ). Итак, основное назначение ТПТ — получить ток в измерительной цепи, пропорциональный току силовой цепи, и изолировать измерительную цепь от силовой.

Латунный стержень ТПТ (рис. 217), представляющий собой как бы первичную его обмотку, пропущен через два тороидальных сердечника А1 и А2. Вторичные обмотки тороидов, включенные встречно

Внутренний монтаж кассет выведен на тридцатиножевые колодки. Соответствующие розеточные части с гнездами вмонтированы в шкаф; используя их, осуществляют монтаж между блоками внутри шкафа. Кассета блока БП1, к которому подводится напряжение 380 в, снабжена клеммной колодкой специальной конструкции.

Металлический шкаф представляет собой комплект каркасов, надетых на шпильки. Такая конструкция позволяет при необходимости добавлять, снимать и переставлять каркасы. Сверху шкаф накрыт крышкой, которая служит для вентиляции и предохраняет его от засорения. С боковых сторон к каркасам крепятся жалюзи, через которые осуществляется естественная вентиляция для охлаждения блоков.

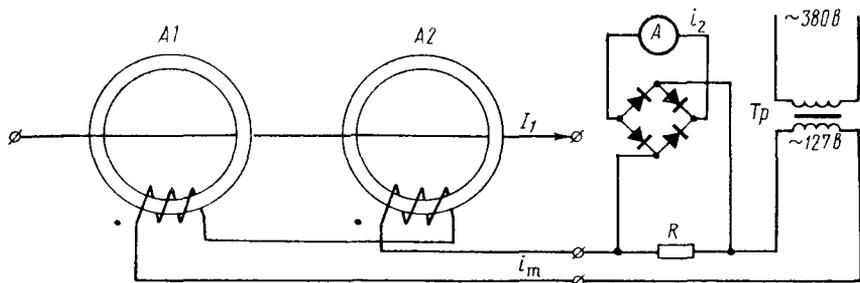


Рис. 217. Принципиальная схема трансформаторов постоянного тока

по отношению друг к другу, получают питание от неизменного по величине напряжения трансформатора  $Tr$  через резистор  $R$ . Величина тока  $i_m$  в их цепи зависит от сопротивления  $R$  и индуктивного сопротивления обмоток тороидов. Если силовой ток  $I_1$  увеличивается, то происходит намагничивание и насыщение тороидальных сердечников, в результате чего их индуктивное сопротивление уменьшается, а ток  $i_m$  увеличивается. Таким образом, с увеличением постоянного тока  $I_1$  увеличивается переменный ток  $i_m$ . Для того чтобы получить в измерительной цепи постоянный ток, к резистору  $R$  (напряжение на нем пропорционально току  $i_m$ ) подсоединяют выпрямительный мост, на выходе которого получается выпрямленный ток  $i_2$ , также пропорциональный измеряемому току  $I_1$ .

Если силовой ток уменьшается, то вследствие увеличения индуктивного сопротивления вторичных обмоток тороидов уменьшаются токи  $i_m$  и  $i_2$ .

Из сказанного ясно, что действие ТПТ основано на изменении индуктивного сопротивления обмоток тороидов при их насыщении под действием измеряемого силового тока. Следует отметить, что в ТПТ используются два тороида (а не один), причем их магнитные потоки направлены в разные стороны. Так делают для того, чтобы по возможности исключить влияние магнитных потоков рассеяния, которые могли бы нарушить пропорциональность первичного и вторичного токов.

Технические данные ТПТ, используемых на электровозах ВЛ80г, следующие:

Номинальный постоянный ток . . . . .	900 а
Напряжение, на которое рассчитана изоляция первичной обмотки . . . . .	1500 в
Номинальное напряжение вторичных обмоток . . . . .	127 »
Частота . . . . .	50 гц
Сопротивление нагрузки не более . . . . .	30 ом
Коэффициент трансформации в диапазоне тока от 0 до 1300 а . . . . .	1250
Охлаждение . . . . .	естественное
Вес . . . . .	6,5 кг

Трансформаторы постоянного тока используются на электровозе ВЛ80г.

**Блок измерения БИ-714.** Блок связывает четыре ТПТ, включенных в цепи якорей двигателей в режиме реостатного торможения, и осуществляет выбор наиболее нагруженного из них, по току которого осуществляется регулирование режима торможения.

В блоке БИ-714 (рис. 218) четыре диодных моста соединены параллельно, с клемм 23 и 24 подается сигнал к блоку БОТ. Выбор наиболее нагруженного двигателя происходит автоматически. Поскольку мосты, от которых должен поступать измерительный ток, соединены параллельно, то ток поступает только от того моста, где ток и напряжение наибольшие, а остальные мосты оказываются как бы запертыми этим наибольшим напряжением. Таким образом на выходные клеммы 23 и 24 подается сигнал от того двигателя, который нагружен наибольшим током. Элементы блока собраны на гетинаксовой панели размером 250 × 450 мм. На блоке расположен предохранитель, который можно заменять, не снимая кожуха.

На электровозе ВЛ80<sup>г</sup> устанавливают два блока БИ-714 — по одному в каждой секции.

**Блок измерения БИ-723.** Этот блок состоит из двух не связанных друг с другом узлов: пары выпрямительных мостов с диодами Д1—Д4 и Д5—Д8 (рис. 219), преобразующих переменный ток тахогенераторов Тгн1 и Тгн2 в постоянный, и моста Д11—Д14, преобразующего переменный ток задатчика скорости в постоянный. Вольтметр постоянного тока отградуирован в единицах измерения скорости: километры в час.

Выпрямленный ток от первых двух мостов подается через диоды Д9 и Д10 на клеммы 25 и 26. Как и в блоке БИ-714, происходит автоматический выбор наибольшего сигнала, так как при параллельном соединении сигнал на клеммы поступает только от того тахогенератора, напряжение которого выше, т. е. скорость которого больше.

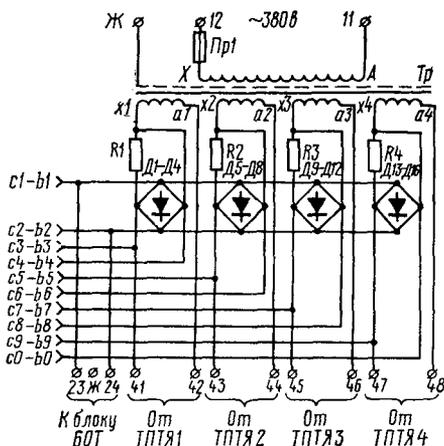


Рис. 218. Электрическая схема блока БИ-714

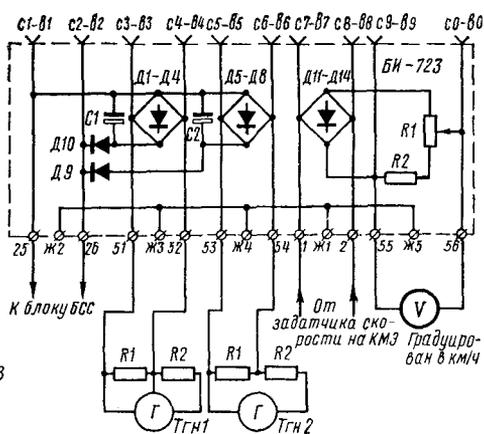


Рис. 219. Электрическая схема блока БИ-723

Конденсаторы  $C1$  и  $C2$  служат для сглаживания выпрямленного тока. Резисторы  $R1$  и  $R2$  используют при настройке системы для регулирования показаний вольтметра.

Элементы блока собраны на гетинаксовой панели размером  $160 \times 410$  мм и закрыты кожухом.

## § 59. Устройство переключения воздуха

Для того чтобы обеспечить работу электрооборудования при больших токах без чрезмерного увеличения сечений проводов, габарита и веса, его охлаждают мощным потоком воздуха (в трансформаторах — потоком масла), т. е., как говорят, обеспечивают принудительное охлаждение. На всех электровозах, как известно, тяговые двигатели, сглаживающий реактор и выпрямительные установки работают с принудительным охлаждением. Очень эффективным оказывается принудительное воздушное охлаждение тормозных реостатов, позволяющее в несколько раз сократить их габариты и вес. Однако сами вентилирующие устройства — вентиляторы, воздухопроводы — потребляют определенную мощность, обладают значительными габаритами и весом. Поэтому конструкторы локомотивов стремятся сократить их количество путем наилучшего использования.

На электровозе ВЛ80<sup>т</sup> в тяговом режиме выпрямительные установки нуждаются в интенсивном охлаждении, а тормозные реостаты обесточены. При реостатном торможении, наоборот, нужно интенсивно охлаждать тормозные реостаты, а выпрямительные установки не работают. Поэтому целесообразно использовать одни и те же вентиляторы в тяговом режиме для охлаждения выпрямителей, а в тормозном — для охлаждения тормозных реостатов.

Для этого в воздухопроводе, идущем от вентилятора, поставлена поворачивающаяся на оси 3 (рис. 220) заслонка 1. Если она поставлена в верхнее положение (как показано на рисунке), то воздух от вентилятора будет поступать вниз — к выпрямительной установке, так как доступ ему к тормозным реостатам будет закрыт заслонкой. Если она поставлена в нижнее положение, то воздух от вентилятора будет поступать вверх — к тормозным реостатам. Направляющие лопасти 2 обеспечивают равномерное по сечению распределение потока воздуха на выходе из патрубков.

Устройство переключения воздуха УПВ-1, установленное на электровозе ВЛ80<sup>т</sup>, состоит из заслонки 6 (рис. 221), укрепленной на валу 5, поводкового узла 4, зубчато-реечной передачи с рейкой 9, шестернями 7, диском 3, блокировочного устройства 8 и электропневматического привода 1 с вентилями 2.

Как устроена передача, ясно из рисунка. Если рейка 9 выдвинута вправо, то вал с диском 3 повернут против часовой стрелки до упора и заслонка 6 занимает верхнее положение, как показано на рисунке. Если теперь привод 1 будет перемещать рейку влево, то вал с диском 3, поворачиваясь по часовой стрелке, через поводковый узел будет опускать заслонку в нижнее положение. Одновременно через

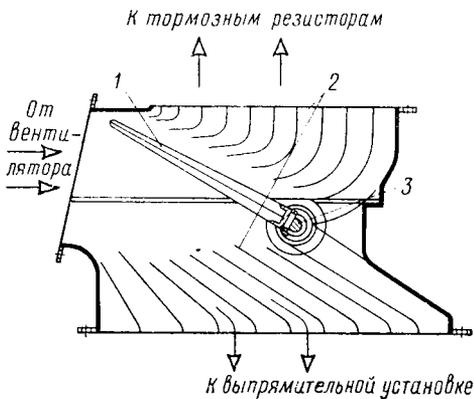


Рис. 220. Расположение заслонки в устройстве переключения воздуха

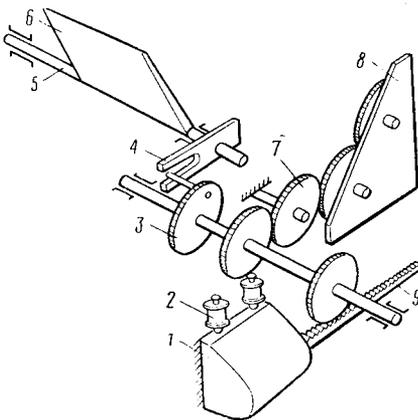


Рис. 221. Кинематическая схема устройства переключения воздуха

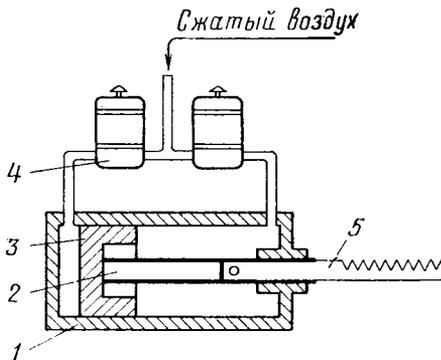


Рис. 222. Схема привода устройств переключения воздуха

промежуточную шестерню 7 вращение передается на шестерню блокировочного устройства 8, которые поворачивают кулачки, управляющие работой блокировочных контакторных кулачковых элементов.

С лицевой и тыльной стороны устройства установлены указатели положения заслонки.

Электропневматический привод устройства (рис. 222) действует следующим образом. При возбуждении одного вентиля 4, например левого, сжатый воздух поступает в левую полость цилиндра 1 и перемещает поршень 3 со штоком 2 и зубчатой рейкой 5 вправо. При возбуждении другого вентиля движение происходит в обратном направлении.

Электромагнитные вентили рассчитаны на номинальное напряжение 50 в и давление сжатого воздуха 5 ат. Номинальное напряжение контакторных элементов блокировочного устройства 110 в; их длительный ток 15 а.

## § 60. Распределительные щиты

Источниками питания цепей управления на электровозах переменного тока являются аккумуляторная батарея и зарядное устройство, в качестве которого применен либо генератор, либо статический преобразователь с кремниевыми выпрямителями. Для управления совместной работой аккумуляторной батареи и зарядного агрегата, а также для подключения цепей управления к источникам питания на электровозах устанавливают необхо-

димое оборудование: реле обратного тока, регулятор напряжения, контакторы, рубильники, предохранители, измерительные приборы и другие аппараты, которые монтируют на специальных распределительных щитах.

На электровозах ВЛ60 и ВЛ60<sup>к</sup> для питания цепей управления и заряда аккумуляторной батареи используют генератор постоянного тока с регулированием напряжения до 70 в. Поддержание напряжения генератора в необходимых пределах осуществляется автоматически изменением его тока возбуждения.

На электровозах ВЛ82 для питания цепей управления и заряда аккумуляторной батареи используют трехфазный генератор с выпрямителем. Регулирование напряжения осуществляется путем изменения тока в подмагничивающей обмотке генератора.

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>г</sup> и других для питания цепей управления и заряда батареи применяют не генератор, а статический преобразователь — выпрямитель. Регулирование напряжения осуществляется также автоматически изменением величины напряжения вторичной обмотки специального трансформатора ТРПШ (трансформатор, регулируемый подмагничиванием шунтов), от которого получает питание выпрямитель.

Поскольку системы питания цепей управления на различных электровозах различны, то и распределительные щиты имеют неодинаковое оборудование, разные схемы. Распределительные щиты электровозов даже одной серии, например ВЛ80<sup>г</sup>, также имеют разное исполнение, хотя существенных различий между ними нет.

Рассмотрим устройство и оборудование некоторых распределительных щитов. Оборудование щита РЩ-26 электровоза ВЛ60<sup>к</sup> (на рис. 223 обведено тонкой линией) состоит из регулятора напряжения *СРН*, реле обратного тока *РОТ*, амперметра, вольтметра, рубильника, переключателей *П1* и *П2*, предохранителей и других второстепенных элементов.

Когда генераторы *ГУ1* и *ГУ11* не работают, катушки реле обратного тока регулятора напряжения обесточены. Регулятор напряжения имеет два неподвижных контакта (крайние) и один вибрирующий — средний. Пружина регулятора постоянно действует на средний контакт, стремясь замкнуть его с левым контактом, а электромагнит регулятора, если по нему протекает ток, воздействует на средний контакт в обратном направлении.

Когда начинает вращаться якорь генератора, от остаточного магнитного потока появляется небольшая э. д. с., под действием которой в обмотке возбуждения протекает сначала небольшой ток по следующей цепи: вывод якоря *Я1* (или *Я2*, если переключатель поставлен в нижнее положение), предохранитель на 100 а и далее одновременно по резисторам *r1* и *r0* через контакт *СРН*, резистор *r7*, переключатель *П1*, обмотку возбуждения к выводу *ЯЯ1*.

Ток в обмотке возбуждения увеличивает магнитный поток и, следовательно, напряжение генератора, в результате чего возрастает ток возбуждения, а это приводит к увеличению напряжения и т. д.

Благодаря замкнутому контакту  $CPH$  резистор  $r1$ , постоянно включенный последовательно с обмоткой возбуждения генератора, шунтирован резисторами с меньшими сопротивлениями  $r0$  и  $r7$ . Это способствует более быстрому возрастанию тока возбуждения и соответственно магнитного потока и напряжения во время пуска генератора. При этом через токовую катушку и катушку напряжения  $POT$  (катушки соединены последовательно) протекает возрастающий ток. Когда напряжение генератора достигает 52—53 в, под действием электромагнитных сил срабатывает  $POT$ , которое главным контактом подключает к генератору аккумуляторную батарею и цепи управления, а вспомогательными контактами шунтирует часть своей обмотки; включается катушка регулятора напряжения  $CPH$  и размыкается цепь красной сигнальной лампы  $POT$  (провод Э38). Подзаряд аккумуляторной батареи осуществляется через резистор  $r4$ , а питание цепей управления — через резистор  $r3$ .

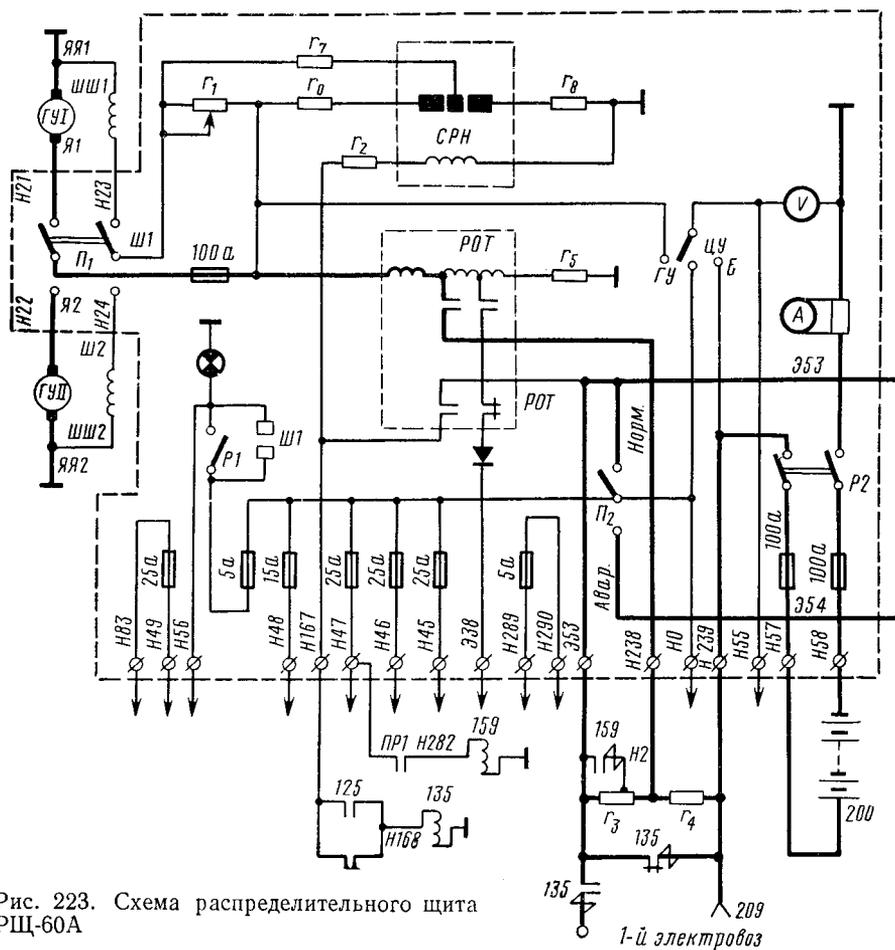


Рис. 223. Схема распределительного щита РЩ-60А

Основное назначение регулятора напряжения — обеспечить стабильное напряжение в цепях управления независимо от нагрузки, скорости вращения и других условий. При повышении напряжения в цепи управления усиливается, создаваемое катушками *СРН*, увеличивается, средний контакт, перемещаясь вправо, замыкается с левым и замыкается с правым контактом. От этого сопротивление в цепи обмотки возбуждения возрастает, ток возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. Наоборот, при понижении напряжения средний контакт под воздействием пружины перемещается влево, сопротивление в цепи обмотки возбуждения уменьшается, ток возбуждения и напряжение генератора увеличиваются. Режим работы регулятора напряжения регулируют, изменяя натяжение пружины и сопротивление резистора *r1*.

Реле обратного тока предназначено для автоматического подключения генератора к аккумуляторной батарее, когда напряжение генератора выше напряжения батареи, и для автоматического отключения генератора при снижении его напряжения, чтобы генератор не работал двигателем от аккумуляторной батареи.

После отключения расщепителей фаз, с которыми работают генераторы, скорость их вращения уменьшается, соответственно уменьшается и напряжение. Когда напряжение генератора станет меньше напряжения батареи, ток изменит направление и потечет от батареи к генератору. Если в токовой катушке *POT* ток изменит направление, якорь отпадет и батарея будет отключена от генератора.

Чтобы уменьшить влияние температуры на режим работы регулятора напряжения и реле *POT*, последовательно с катушками включают резисторы *r2* и *r5*.

Для проверки предохранителей на распределительном щите имеются выводы *Ш1*. Проверяемым предохранителем замыкают шинки и выключают выключатель *В1*. Если при этом лампа горит — предохранитель годен, а не горит — предохранитель перегорел.

Обычно питание цепей управления и батареи осуществляется от генератора *ГУ1*. Однако при выходе его из строя переключатель *П1* переводят в нижнее положение, и он подключает распределительный щит ко второму генератору.

Распределительный щит выполнен в виде панели, на лицевой стороне которой смонтирована аппаратура: регулятор напряжения, реле обратного тока, амперметр, вольтметр, переключатели, предохранители и др. На обратной стороне установлены резисторы и выполнен монтаж.

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> используется более совершенный статический источник питания для цепей управления и подзаряда аккумуляторной батареи (рис. 224). В качестве статического преобразователя выбран выпрямитель на кремниевых диодах *1В—4В* со специальным трансформатором *ТРПШ*. Чтобы напряжение цепей управления, питающихся от выпрямительного моста, было достаточно стабильно, т. е. не колебалось в таких широких пределах, как напряжение контактной сети, его приходится регулировать: при повышении напряжения в контактной сети его уменьшают, а при

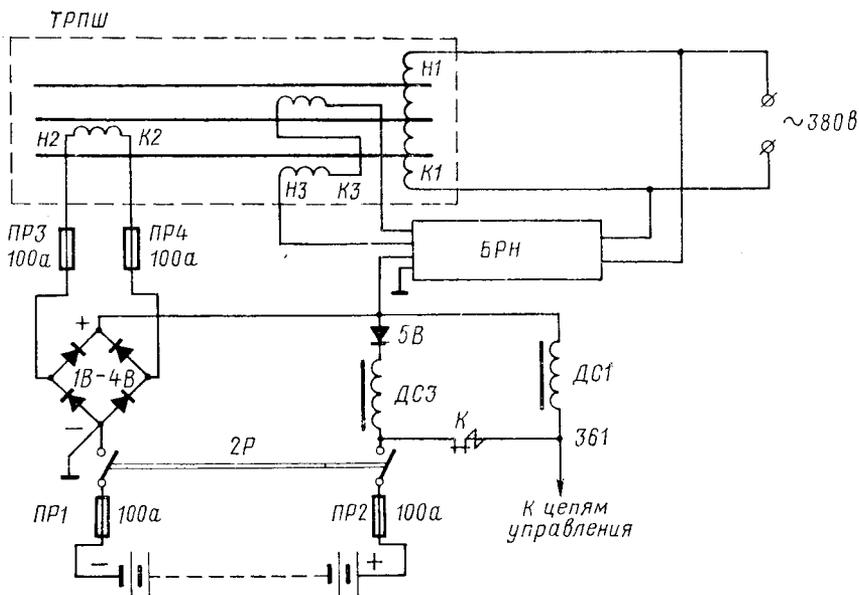


Рис. 224. Упрощенная схема питания цепей управления и подзаряда батареи электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup>

понижении — увеличивают. Регулировать напряжение можно как на стороне постоянного тока (после выпрямителей), так и на стороне переменного тока (до выпрямителей). Проще регулировать напряжение на вторичной обмотке трансформатора, от которого питаются выпрямители. С этой целью использован трансформатор *ТРПШ*, отличительными особенностями которого являются особая конструкция магнитопровода (три стержневых магнитопровода) и наличие, помимо первичной *Н1—К1* и вторичной *Н2—К2* обмоток, еще дополнительной *Н3—К3* обмотки регулирования. Чем больший ток (постоянный) протекает по обмотке регулирования, тем большая доля магнитного потока вытесняется в магнитопровод, на котором посажена вторичная обмотка, и поэтому тем большее напряжение будет во вторичной обмотке *Н2—К2*. С уменьшением тока в обмотке регулирования уменьшается напряжение во вторичной обмотке. Изменяет ток в обмотке регулирования трансформатора *ТРПШ* в зависимости от напряжения бесконтактный регулятор напряжения *БРН*.

Цепь подзаряда батареи проста. Напряжение выпрямительного моста подается на батарею через разделительный вентиль *5В*, сглаживающий дроссель *ДСЗ*, рубильник *2Р* и предохранители *ПР1* и *ПР2*. Напряжение выпрямительного моста к цепям управления подается через сглаживающий дроссель *ДС1*.

Подзарядный ток, протекающий через батарею, прерывистый, так как он протекает только в те моменты времени, когда мгновенное значение напряжения выпрямителя больше напряжения батареи.

Амплитудное значение напряжения выпрямителя поддерживается стабильным. Поэтому ток подзаряда зависит только от степени заряда батареи.

При наличии напряжения на выпрямителе всегда происходит только заряд батареи. Разряда быть не может, так как плюс батареи отделен от цепей управления разделительным вентилем *5B* и контактором *K*, который при наличии напряжения на трансформаторе всегда разомкнут. После снятия напряжения с преобразователя контактор автоматически отключается, его контакт замыкается и аккумуляторная батарея подключается для питания цепей управления. Время срабатывания контактора должно быть минимальным, ибо необходимо сколько возможно сократить перерыв питания цепей управления при снятии напряжения с трансформатора *ТРПШ*. В противном случае перерыв питания удерживающей катушки *ГВ* или *БРД* может привести к ложным срабатываниям защиты.

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> установлены распределительные щиты РЩ-30, РЩ-32, РЩ-34, которые имеют одинаковое устройство и компоновку. Они отличаются лишь в некоторых незначительных деталях.

На распределительном щите РЩ-32 (рис. 225) бесконтактный быстродействующий статический регулятор напряжения РН-19 и контактор *K* размещены в верхней части. На остальной части щита расположены амперметр, вольтметр с переключателем, рубильники, шинки для проверки предохранителей, тумблер и другие элементы.

От выпрямительного моста, состоящего из двух неуправляемых вентилях *7B* и *8B* и двух управляемых *9B* и *10B* (диод *6B* играет роль нулевого вентиля, который облегчает условия протекания и регулирования тока в цепи с большой индуктивностью), питается управляющая обмотка *НЗ—КЗ* трансформатора *ТРПШ*. При открывании тиристоров *9B* и *10B* ток подмагничивания и соответственно вторичное напряжение трансформатора увеличиваются. При запираии тиристоров ток подмагничивания и вторичное напряжение трансформатора уменьшаются.

Стабилизация вторичного напряжения трансформатора *ТРПШ* осуществляется замкнутой системой автоматического регулирования, основным элементом которой является регулятор напряжения *РН*. Выходной сигнал из *РН* поступает через резисторы *R1*, *R2*, диоды *19B* и *20B* на управляющие электроды тиристоров *9B* и *10B*. Предположим, что вторичное напряжение трансформатора и выпрямленное напряжение моста *1B—4B* увеличились. Выпрямленное напряжение по проводу *Н302* через корпус подается на вход регулятора напряжения — на резисторы *R7*, *R4*, *R9*, соединенные последовательно. При увеличении входного напряжения регулятор прекращает подачу открывающих импульсов на тиристоры *9B* и *10B*. Вентили запираются, что вызывает уменьшение или прекращение тока в цепи управляющей обмотки *ТРПШ*. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению напряжения на вторичной обмотке *ТРПШ*. В случае уменьшения выпрямленного напряжения процессы следуют

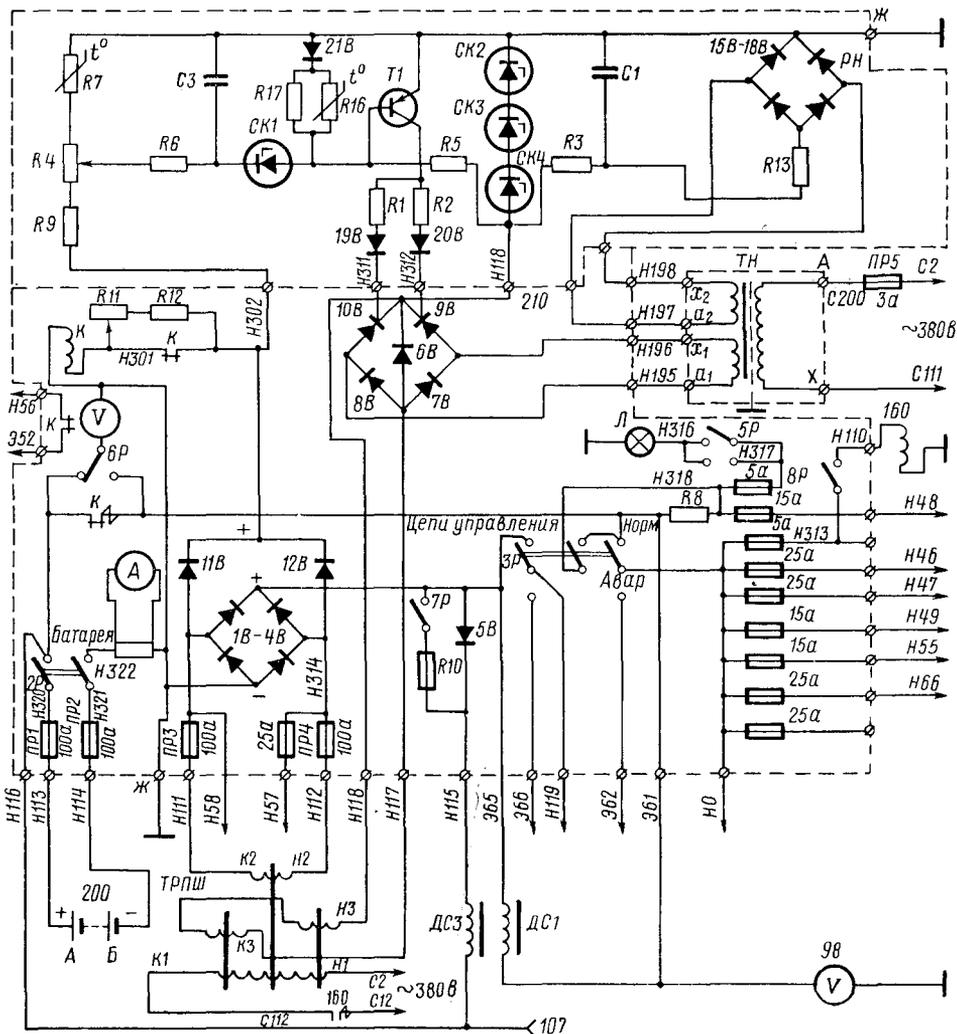


Рис. 225. Схема распределительного щита РЩ-32

в обратном порядке и вторичное напряжение трансформатора возрастает. Таким образом, стабилизация напряжения в зависимости от выпрямленного напряжения осуществляется автоматически независимо от напряжения питания трансформатора и нагрузки.

Теперь рассмотрим устройство и работу самого регулятора напряжения *РН*. Основным элементом регулятора является транзистор *Т1*. Питание на него (на эмиттер и коллектор) подается от выпрямительного моста (вентили *15В—18В*), напряжение которого ограничено стабилитронами *СК2*, *СК3*, *СК4*, и резистором *Р3*. При наличии напряжения на транзисторе (на эмиттере и коллекторе)

через него может протекать ток лишь в том случае, если на базу его подан отрицательный потенциал. Чем больше будет этот потенциал, тем больший ток будет протекать через транзистор. Если на базу подать положительный потенциал, то транзистор окажется запертым — через него ток протекать не сможет.

Сопровитления резисторов  $R5$ ,  $R16$ ,  $R17$  подобраны так, что база транзистора  $T1$  от моста  $15B—18B$  получает отрицательный потенциал, достаточный для полного открытия транзистора. При открытом транзисторе выходной сигнал от него через резисторы  $R1$  и  $R2$  и диоды  $19B$  и  $20B$  поступает на управляющие электроды тиристоров  $9B$  и  $10B$ , которые в сочетании с диодами  $7B$  и  $8B$  и регулирующей обмоткой трансформатора составляют усилитель постоянного тока. Если входное контролируемое напряжение регулятора (на резисторах  $R7$ ,  $R4$  и  $R9$ ) мало, то стабилитрон  $CK1$  заперт, а транзистор  $T1$  открыт, что обеспечивает наибольшее напряжение обмотки  $H2—K2$  трансформатора  $ТПШ$ . Если входное напряжение регулятора велико и превосходит напряжение стабилитрона  $CK1$ , то он пробивается, и на базу транзистора  $T1$  поступает положительный потенциал. Транзистор запирается. Соответственно уменьшается ток в регулирующей обмотке  $ТПШ$ , уменьшается напряжение на вторичной обмотке  $H2—K2$ .

В связи с тем что на выходе мостов напряжение пульсирующее, транзистор и усилитель постоянного тока открываются в каждый полупериод. При изменении напряжения преобразователя меняется угол открытия транзистора и соответственно ток в управляющей обмотке  $ТПШ$ . Таким образом обеспечивается стабилизация напряжения преобразователя в заданных пределах.

Необходимое быстродействие контактора  $K$  достигается специальным исполнением самого контактора и схемой включения его катушки. Катушка контактора получает питание от вторичной обмотки  $ТПШ$  через два вентиля моста  $1B—4B$  и вентили  $11B$  и  $12B$ . После включения контактора его замыкающий блок-контакт вводит в цепь катушки резисторы  $R11$  и  $R12$ . Напряжение на катушке контактора уменьшается; следовательно, при исчезновении напряжения уменьшится время отключения контактора. Увеличивая сопротивление резистора  $R11$ , можно уменьшать время отключения контактора. Однако чрезмерное увеличение сопротивления может привести к тому, что после включения контактора он сразу отключится, затем опять включится и т. д. Такая «звонковая» работа контактора при завышенном сопротивлении резистора  $R11$  будет при низком напряжении питания  $ТПШ$ . Уменьшить время отключения контактора можно путем затяжки пружины.

Назначение и работа большинства остальных аппаратов щита РЩ-32 понятны без дополнительных пояснений. Отметим, что переключатель  $3P$  служит для подключения цепей управления «своей» секции к зарядному агрегату соседней секции электровоза. Тумблер  $8P$  осуществляет отключение питания трансформаторов  $ТПШ$  и  $ТН$  двухполюсным контактором  $160$ , получающим питание через тумблер  $8P$ .

На распределительном щите аппараты и приборы, требующие осмотра и наблюдения, расположены на лицевой стороне. Панели силовых вентилях, балластные и добавочные резисторы, кабельный и шинный монтаж вынесены на тыльную сторону распределительного щита.

## § 61. Аккумуляторные батареи

Аккумуляторная батарея должна обеспечивать питание цепей управления электровоза, автоматической локомотивной сигнализации, радиостанции и необходимого освещения при отказе источника питания 50 в (генератора на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ТРПС на восьмиосных электровозах). Кроме того, батарея необходима для питания малого мотор-компрессора, обеспечивающего подачу сжатого воздуха для подъема токоприемника (если нет сжатого воздуха в главных резервуарах).

На отечественных электровозах батарея 42КН-100 состоит из 42 щелочных кадмиево-никелевых аккумуляторов КН-100, имеющих следующие технические данные:

Номинальная емкость . . . . .	100 а·ч
Номинальное напряжение . . . . .	1,25 в
Заряд (нормальный режим):	
продолжительность . . . . .	6 ч
ток . . . . .	25 а
Разряд:	
продолжительность . . . . .	8 ч
ток . . . . .	12,5 а
Габариты аккумулятора . . . . .	330×128×70 мм
Вес без электролита . . . . .	5,4 кг

Аккумулятор КН-100 (рис. 226) состоит из стального корпуса 9, в котором расположен блок 11, содержащий пять отрицательных пластин, и блок 10 с шестью положительными пластинами. Каждый блок имеет шпильку, являющуюся выводной клеммой. Активная масса 8 пластин помещается в пакетах 7. Они выполнены в виде плоских стальных никелированных трубок с большим количеством малых отверстий, через которые внутрь их проникает электролит. Для улучшения контакта между пакетами и активной массой в нее добавляют проводящий материал (например, чешуйчатый графит). Положительные и отрицательные пластины изолированы одна от другой эбонитовыми палочками 6. Выводные шпильки 3 проходят сквозь крышку корпуса через изоляционные втулки 5. Для обеспечения герметичности соединение уплотняют кольцом 2. Блок 10 соединен непосредственно с корпусом аккумулятора. Изоляцией корпуса служит резиновый чехол 1. Заливочное отверстие, расположенное между клеммами, через которое производят заливку электролита, закрыто пробкой 4.

В качестве электролита кадмиево-никелевых аккумуляторов применяют составной калиево-литиевый электролит плотностью от 1,19 до 1,27 г/см<sup>3</sup> в зависимости от температуры электролита.

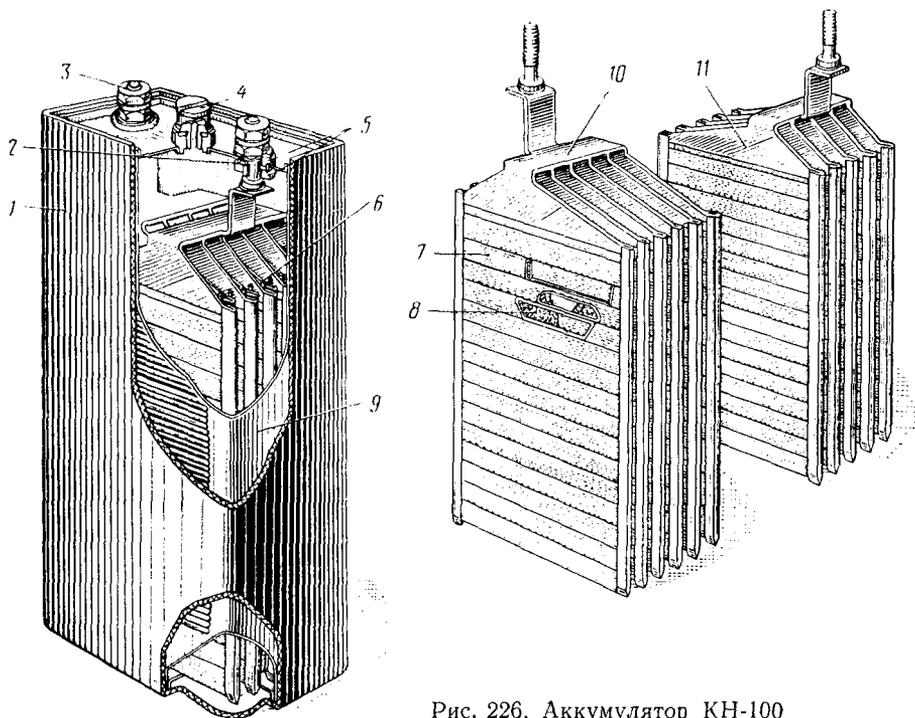


Рис. 226. Аккумулятор КН-100

Аккумуляторы помещают в металлический ящик с открывающейся верхней крышкой. Внутренняя поверхность покрыта щелочестойкой эмалью.

Ящик имеет три патрубка: для подвода проводов, подсоединения трубки, по которой отводится щелочь, и газоотвода. Аккумуляторы соединяют последовательно медными никелированными шинами (после окончания их установки в ящике). Каждый элемент «одет» в индивидуальный резиновый чехол.

На электровозах ЧС4 установлены щелочные кадмиево-никелевые аккумуляторные батареи НКТ-160 емкостью 160 а.ч с номинальным напряжением 48 в. В батарее 40 аккумуляторов, соединенных в две самостоятельные группы: в одной 37, в другой 3 элемента. При работе электровоза обе группы одновременно подзаряжаются током 7—10 а. Зарядный ток не должен превышать 40 а.

## § 62. Резисторы

Как в силовых цепях, так и в цепях управления электровоза широко используют различные резисторы: ими шунтируют обмотки возбуждения на ступенях ослабления поля, их применяют для пуска расщепителей фаз. На электровозах ВЛ80<sup>т</sup> омические сопротивления играют основную роль при электрическом торможении.

Очень широко используют резисторы в схемах автоматики, в цепях управления и сигнализации электровозов.

Сопrotивления, мощность, конструкция и размер резистора определяются условиями и параметрами цепи (ток и напряжение), в которой его устанавливают. Чем больше мощность, тем сложнее конструкция и больше размеры резистора. В резисторах электроэнергия превращается в тепло. Тепло рассеивается в окружающее пространство. Маломощные резисторы охлаждаются естественным образом, а рассчитанные на рассеяние энергии больших мощностей вентилируются — обдуваются воздухом, что увеличивает их нагрузочную способность, т. е. допустимую для них мощность.

Рассмотрим назначение и конструктивные особенности некоторых резисторов.

В режиме реостатного торможения двигателя электровоза ВЛ80<sup>г</sup> работают как генераторы. Энергия движущегося поезда расходуется на приведение во вращение якорей машин, в результате чего получается эффект торможения. Ток, вырабатываемый при этом в каждом из двигателей, протекает по замкнутой цепи двигатель—резистор. Очевидно, что тормозной резистор должен быть рассчитан на рассеяние большой мощности (700 квт), примерно равной мощности двигателя. Чтобы по возможности снизить габариты и вес тормозных резисторов, применяется принудительное воздушное охлаждение.

На электровозе ВЛ80<sup>г</sup> тормозной реостат выполнен в виде блока БТС-79 (блок тормозного сопротивления), предназначенного для цепи одного двигателя. Его технические данные:

Сопrotивление при 20° С . . . . .	0,7±0,14 ом
» номинальное при токе 950 а . . . . .	0,76 ом
Ток длительный при расходе охлаждающего воздуха 210 м <sup>3</sup> /мин . . . . .	950 а
Ток пятиминутный после длительного . . . . .	1000 а
Температура воздуха на выходе из блока при расходе 210 м <sup>3</sup> /мин и токе 1000 а . . . . .	242° С
Изоляция от земли выполнена на напряжение . . . . .	2000 в
Вес блока . . . . .	232 кг

Основой блока является каркас 1 (рис. 227, а), в котором помещаются резисторы, соединенные по схеме рис. 227, б. Резистор выполнен в виде непрерывной волнообразноизогнутой ленты, имеющей на прямолинейных участках выштампованные в продольном направлении гофры, которые придают ленте жесткость и, кроме того, вызывают завихрения потока охлаждающего воздуха. Лента в местах перегиба укреплена в держателях, которые в свою очередь смонтированы на изоляторах, набранных на шпильку. Держатели обеспечивают температурную компенсацию витков ленты (расширение при нагревании и сужение при охлаждении) благодаря свободному перемещению в пазах между изоляторами. Выводы к элементам резистора (к ленте) крепятся пайкой.

В блоке БТС-79 пакет элементов притянут к каркасу 1 (см. рис. 227, а) шпильками и угольниками. Изоляция от корпуса электровоза (от воздуховодов) осуществляется изолирующей рамой 3,

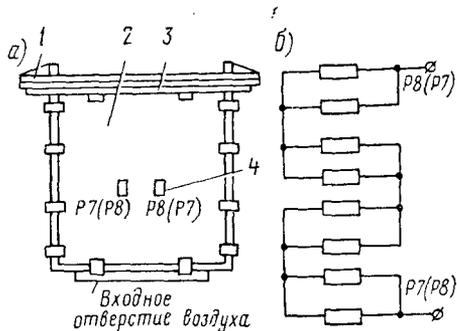


Рис. 227. Блок тормозных резисторов (а) и схема соединений элементов в нем (б)

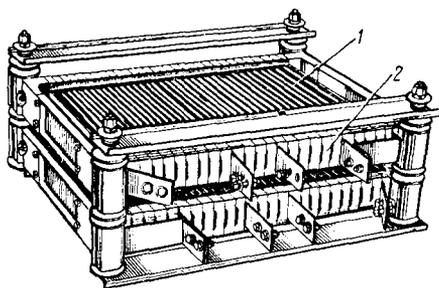


Рис. 228. Резистор ослабления поля ОПС-438

а от каркаса — специальными изолирующими рамками. Со стороны электрических выводов блок закрыт изоляционной стенкой 2, установленной на эластичных прокладках. На клеммовые выходы 4 в местах прохода их сквозь стенку 2 надеты изоляционные шайбы, предохраняющие от попадания горячего воздуха из блока в кузов электровоза. Охлаждающий воздух подается снизу и проходит через блок в канале, образованном изоляторами резисторов и изолирующих рамок.

На электровозах мощные резисторы устанавливают также для ослабления поля тяговых двигателей (с целью увеличения силы тяги электровоза без повышения напряжения), а также для ограничения пускового тока расщепителя фаз.

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> в качестве сопротивления ступеней ослабления поля используют резистор ОПС-438 (рис. 228). Комплект резистора ослабления поля одного двигателя состоит из двух элементов ЛФ. Резисторы рассчитаны на наибольший ток 550 а, а изоляционные элементы — на напряжение 2000 в. Охлаждение их — естественное, вес 36 кг.

Элементы ЛФ выполнены из фехральной жаропрочной ленты 1 с большим сопротивлением. Лента изогнута зигзагообразно. В местах перегиба она поддерживается стальными держателями, которые укреплены на керамических изоляторах 2, набранных на шпильках. При прохождении тока лента нагревается, ее размеры изменяются. В держателях имеются овальные отверстия, позволяющие ленте перемещаться.

Пусковой реостат расщепителя фаз на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> отделен от резисторов ослабления поля. В качестве его использован резистор КФ-508 (рис. 229), состоящий из трех элементов, соединенных последовательно. Такой резистор сопротивлением  $0,795 \pm 0,08$  ом при 20° С рассчитан при естественном охлаждении на одноминутный ток 300 а при напряжении 380 в; весит около 34 кг. Элементы 2, смонтированные на раме б, состоят из держателя 5, имеющего желоб с надетыми на нем стеатитовыми изоляторами 4, в канавки которых

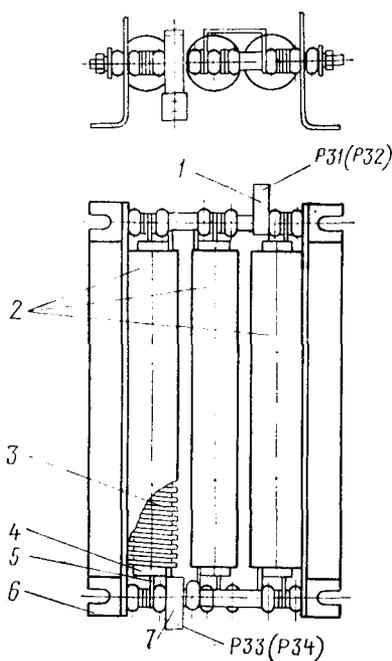


Рис. 229. Резистор КФ-508

ны выводы от средних витков (если нужно использовать только часть одного элемента).

В цепях управления, защиты, автоматики и сигнализации обычно применяют резисторы небольшой мощности — до 150 вт. Каждый такой резистор представляет собой один или несколько стандартных трубчатых проволочных эмалированных элементов, укрепленных на изолированной панели (часто вместе с другими аппаратами).

### § 63. Кнопочные выключатели

Дистанционное управление токоприемниками, главным выключателем, переключателями, контакторами и другим оборудованием, не связанным с режимом ведения поезда, осуществляют с помощью кнопочных выключателей, расположенных в кабинах машиниста и в проходах кузова. Их часто называют кнопками управления. Кнопочные выключатели работают в цепях управления электровоза с напряжением 50 в постоянного тока. Конструкции кнопочных выключателей различны. На отечественных электровозах применяют кнопочные выключатели типа КУ, которые состоят из пяти, девяти или двенадцати независимых однополюсных выключателей, имеющих следующие технические данные:

Номинальное напряжение	50 в	Нажатие контактов	0,35—0,55 кГ
Номинальный ток	10 а	Усилие для выключения рукояток	1,2—1,7 »
Разрыв контактов	$9^{+1}_{-1}$ мм		

установлена навитая на ребро лента 3. Выводы 1 припаяны к концам ленты латуню.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> резисторы ослабления поля и резисторы пуска расщепителя фаз смонтированы в одном блоке КФ-379. Блок включает в себя 16 элементов, расположенных в два этажа. Элементы крепят на изолированных шпильках, установленных на двух рамах. Каждый элемент изолирован от соседнего и от рамы фарфоровыми шайбами. Изоляция относительно земли рассчитана на номинальное напряжение 1200 в.

Токоведущей частью элемента является фехралевая лента с высоким омическим сопротивлением, намотанная спиралью на ребро (для лучшего охлаждения). Спираль монтируется на стеатитовых изоляторах, имеющих специальные направляющие канавки. К фехральной спирали припоем из латуни припая-

В отдельном выключателе (рис. 230) рукоятка 1 сидит на оси 2, общей для всех выключателей. Подвижной и неподвижный контакты соединены с выводными клеммами. Пружина 3 обеспечивает фиксированное положение выключателей и создает необходимое контактное нажатие. Разрыв цепи происходит с большой скоростью, что предотвращает подгар контактов.

Выключатели монтируют в корпусе 10 (рис. 231) со съемным щитком 8. Рукоятки 3 расположены на общей оси 7. Подвижные контакты 2 имеют дугообразную форму, внутри дуги установлены пружины 4. Подвижные и неподвижные 9 контакты соединены с выводными клеммами.

Некоторые кнопки, например *Включение ГВ и возврат реле*, не имеют фиксированного включенного положения. Такие кнопки под действием дополнительной пружины возвращаются в исходное положение. Выключатели, управляющие подъемом токоприемников, главным выключателем, контакторами вспомогательных машин и др., имеют механический замок, состоящий из поворотного вала 5 с пальцами 6 и съемного ключа 1. Замок устроен так, что вынуть ключ из него можно только тогда, когда все выключатели находятся в отключенном положении и заперты.

#### § 64. Электропневматические вентили, вентили защиты и блокировочные устройства безопасности

Многие аппараты электровозов переменного тока имеют пневматический привод, который действует при подаче сжатого воздуха в его цилиндр. Доступ сжатому воздуху из резервуара в приводные цилиндры аппаратов и из приводных ци-

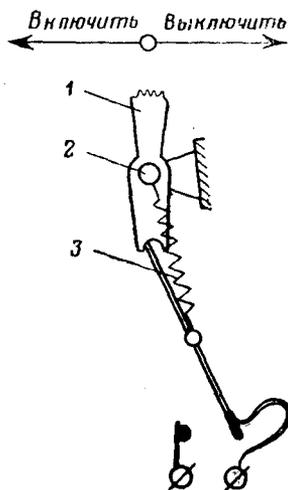


Рис. 230. Устройство кнопочного выключателя

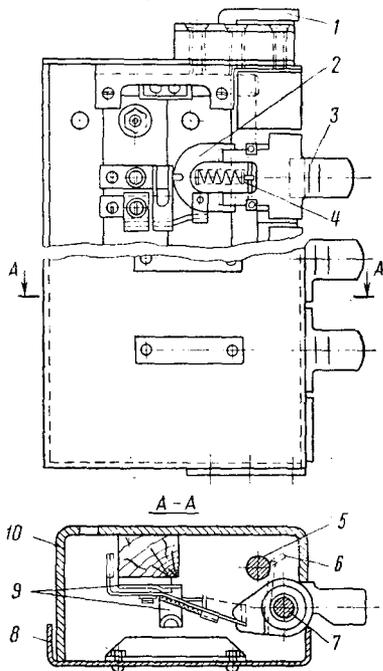


Рис. 231. Кнопочный выключатель

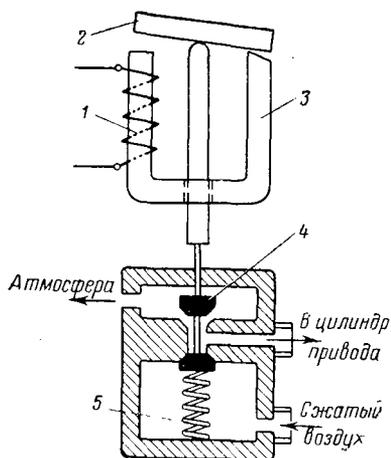


Рис. 232. Устройство электропневматического вентиля

цилиндров в атмосферу открывают и закрывают пневматические клапаны. Управление пневматическими клапанами осуществляется с помощью электромагнитов.

Электромагнит и система клапанов чаще всего размещены в одном компактном аппарате, называемом электропневматическим вентилем. На отечественных электровозах устанавливают вентили с номинальным напряжением 50 в, током срабатывания 0,185 а. Ход клапана вентиля 0,9 мм, вес около 2 кг.

При подаче напряжения 50 в на катушку 1 (рис. 232) якорь 2 притягивается электромагнитом 3; в результате пневматические клапаны 4, преодолев усилие пружины 5, перемещаются вниз. Нижним клапаном

цилиндр привода при этом соединяется с резервуаром сжатого воздуха, а верхним прерывается сообщение с атмосферой. Цилиндр привода остается соединенным с резервуаром сжатого воздуха все время, пока подано напряжение на катушку вентиля. После снятия напряжения с катушки якорь электромагнита под действием сжатой пружины перемещается вверх вместе с клапанами. Верхний клапан при этом соединяет цилиндр привода с атмосферой, а нижний — закрывает доступ сжатому воздуху в цилиндр.

На электровозах переменного тока установлены аппараты, обеспечивающие безопасность людей, работающих при высоком напряжении. Защитные устройства различны. В качестве примера рассмотрим устройство безопасности электровоза ВЛ60<sup>к</sup>, аналогично которому выполнены устройства и на ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup> и т. д.

Устройства безопасности позволяют поднять токоприемник только при закрытых и запертых дверях высоковольтной камеры (если двери не закрыты или не заперты, то токоприемники не поднимутся даже при включении соответствующих кнопок управления) и открыть двери высоковольтной камеры только при выключенных кнопках токоприемника и отсутствии напряжения на силовом трансформаторе. Для обеспечения перечисленных условий безопасности в системе подачи сжатого воздуха к клапанам токоприемников установлены защитные аппараты: вентиль защиты *а* (рис. 233), пневматическая блокировка *б* и валы с дисками затвора дверей *в*.

Вентиль защиты (рис. 234) состоит из распределительной коробки 1 и включающей системы, которая имеет два электромагнита и два взаимосвязанных якоря. Один электромагнит 3 (см. рис. 233) связан с цепью управления и рассчитан на напряжение 50 в постоянного тока, другой 5 — на напряжение 380 в переменного тока. При возбуждении любого из них вентиль включается.

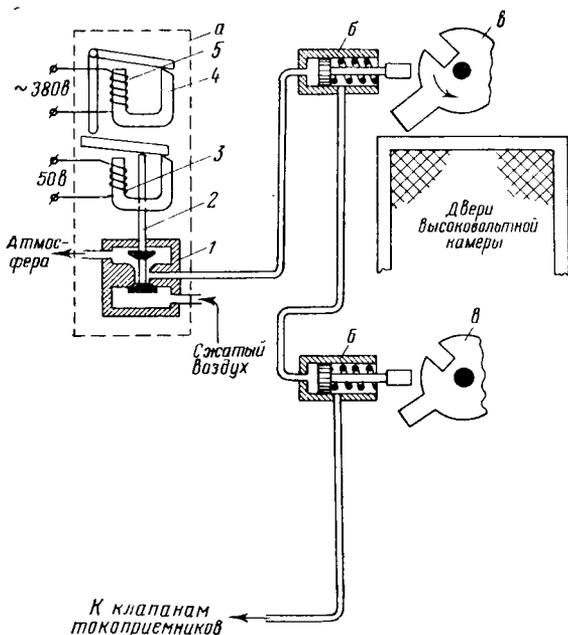


Рис. 233. Устройство блокировки дверей высоковольтных камер электровоза ВЛ60К:

1 — корпус вентиля защиты; 2 — шток; 3 — электромагнит постоянного тока; 4 — магнитопровод; 5 — обмотка переменного тока

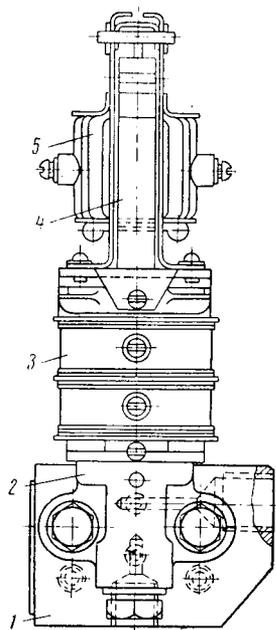


Рис. 234. Вентиль защиты:

1 — распределительная коробка; 2 — корпус; 3 — электромагнит постоянного тока; 4 — магнитопровод; 5 — обмотка переменного тока

При включении кнопки *Пантографы* возбуждается катушка 3 и сжатый воздух через вентиль поступает в пневматические блокировки б дверей высоковольтной камеры. Попадая в цилиндр пневматической блокировки, сжатый воздух стремится переместить поршень вместе со штоком вправо. Если двери высоковольтной камеры закрыты и заперты (повернут вал с дисками в), то против штока пневматической блокировки оказывается впадина диска и шток вместе с поршнем займет крайнее правое положение. После перемещения поршня вправо открывается дальнейший проход для сжатого воздуха ко второй пневматической блокировке, расположенной в другом коридоре электровоза. Если и там двери высоковольтной камеры закрыты и заперты, то после перемещения поршня со штоком второй пневматической блокировки вправо открывается доступ сжатому воздуху уже к клапанам токоприемников. В случае когда какая-либо дверь высоковольтной камеры осталась незакрытой (или незапертой), перемещение поршня пневматической блокировки вправо невозможно. При этом сжатый воздух не получит доступа к клапанам токоприемников и они не поднимутся.

Когда полз токоприемника касается контактного провода и включен главный выключатель, тяговый трансформатор электровоза

находится под напряжением. При этом катушка 5, получающая питание непосредственно от вспомогательной обмотки трансформатора, возбуждена. Таким образом, нормально во время работы электровоза возбуждены обе катушки вентиля и он (сжатым воздухом) осуществляет блокировку закрытых и запертых дверей — открыть их невозможно.

Чтобы опустить токоприемник, выключают соответствующие кнопки, катушка 3 при этом теряет питание. Если токоприемник опустился, то и катушка 5 также обесточивается, а сжатый воздух (при обеих обесточенных катушках) из пневматических блокировок через вентиль защиты выходит в атмосферу. Поршни под действием возвращающихся пружин перемещаются в крайнее левое положение. При этом можно повернуть вал с блокирующими дисками и разблокировать двери высоковольтной камеры.

Если же токоприемник по какой-либо причине не опустился и тяговый трансформатор находится под напряжением, то благодаря вентилю защиты двери высоковольтной камеры останутся заблокированными, несмотря на то что кнопки *Пантографы* будут отключены.

## § 65. Соединительные розетки и вилки

В силовых цепях электровоза, а также и в цепях управления есть части, которые во время эксплуатации приходится соединять и разъединять: например, разъединять и соединять цепи обеих секций восьмиосного электровоза, присоединять цепи электровоза к деповским сетям низкого напряжения, подключать к цепям освещения переносные лампы и т. д. Такие соединения выполняют с помощью различных розеток и штепселей.

Соединение цепей управления секций восьмиосных электровозов осуществляют с помощью специальных розеток РЗ-37Д и штепселей ШУ-21. Конструкция этих приборов обеспечивает быстрое соединение одновременно многих цепей и надежный контакт во время поездки в любых условиях эксплуатации. Каждый из этих приборов имеет по 37 контактов, рассчитанных на ток 13 а и напряжение 50 в, и весит немногим более 5 кг.

Основой штепселя ШУ-21 (рис. 235) является корпус 4, в котором между двумя изолированными пластинами 5 установлены штыри 3. В штырях имеются отверстия для присоединения и пайки подводящих проводов. На корпусе розетки, так же как и на корпусе штепселя, имеются приливы, которые при соединении розетки и штепселя стягиваются болтами. Для предохранения от попадания влаги внутрь штепселя при отключенной розетке в нем имеется крышка 1, прижимаемая к корпусу пружиной 2.

Конструкция розетки РЗ-37Д аналогична. В корпусе 5 (рис. 236) закреплены две изоляционные пластины 1 и 3, между которыми установлены гнезда 2. Для лучшего контакта со штырями розетки в гнездах делают крестообразный разрез и устанавливают пружину. В розетке предусмотрена система рычагов 4 и 6, обеспечивающая

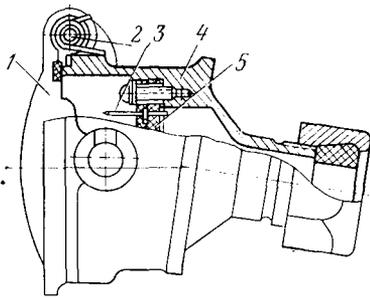


Рис. 235. Штепсель ШУ-21

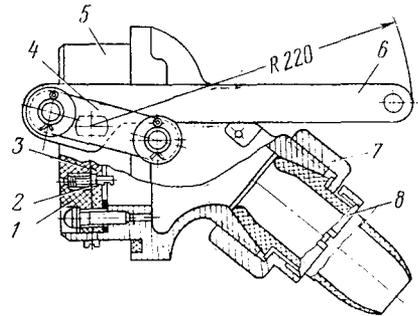


Рис. 236. Розетка РЗ-37А

ее соединение со штепселем. Для уплотнения монтажных проводов применена резиновая втулка, закрепленная гайкой 7 и хомутом 8.

В корпусе розетки имеется паз, а в корпусе штепселя — соответствующий выступ. Паз и выступ допускают соединение розетки со штепселем только при определенном расположении штырей штепселя относительно гнезд розетки. Таким способом исключается возможность неправильного соединения цепей в месте разъема.

Если секция восьмиосного электровоза должна быть отцеплена и переведена на самостоятельную работу, то используют розетку РУ-132. По конструкции она аналогична розетке РЗ-37Д, но отличается корпусом.

Для подключения цепи тяговых двигателей и цепей вспомогательных машин электровоза к сетям депо применяют низковольтные розетки, рассчитанные на большой ток. На отечественных электровозах с этой целью используют розетки РН-1, рассчитанные на напряжение 440 в, длительный ток 500 а; весит одна розетка 1,5 кг.

Внутри корпуса, состоящего из двух прессованных колодок 2 (рис. 237), помещен пружинящий контакт, состоящий из контактной пластины 5, контактных пальцев 1 и пружин 4. Отверстие розетки, через которое вводится наконечник — шина от сети депо, защищено крышкой 3.

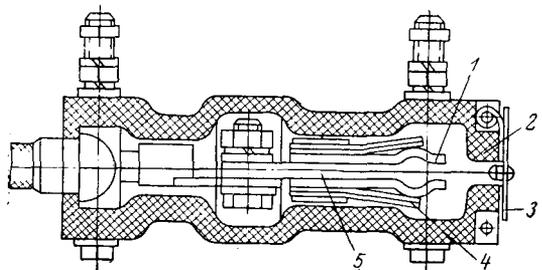
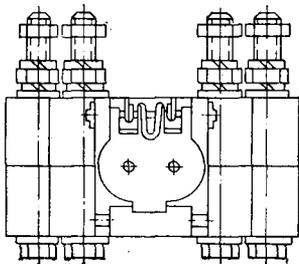


Рис. 237. Розетка РН-1

## § 66. Реле

Под реле подразумевается аппарат, который срабатывает, т. е. замыкает одни (замыкающие) и размыкает другие (размыкающие) контакты под воздействием различных факторов: при подаче напряжения на катушку (промежуточные реле), увеличении тока в цепи катушки сверх заданной величины (токовые реле), повышении и понижении контролируемой температуры относительно заданной величины (температурные реле), появлении потока жидкости (струйные реле), превышении скорости вращения сверх заданной величины (реле оборотов), после истечения определенного, заданного времени (реле времени) и т. п. Реле различаются количеством и мощностью замыкающих и размыкающих контактов.

Все реле, применяемые на электровозах, имеют тяговое исполнение.

Рассмотрим устройство и работу реле, установленных в силовой и вспомогательных цепях.

**Реле перегрузки тяговых двигателей.** Защита тяговых двигателей от перегрузки и перекрытый по коллектору основана на контроле величины тока и осуществляется с помощью токовых реле. Токовые реле включены в цепь тяговых двигателей и через них протекает полный ток двигателя. При возрастании тока в цепи двигателя сверх заданной величины (тока уставки) реле срабатывает и своими контактами замыкает цепь катушки промежуточного реле, которое воздействует на отключающий механизм главного выключателя. На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> использованы реле перегрузки тяговых двигателей РТ-196, а на восьмиосных электровозах — РТ-253.

Для защиты трансформаторной обмотки вспомогательных цепей на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> установлена максимальная токовая защита с реле РТ-255. Технические данные токовых реле следующие:

Тип реле . . . . .	РТ-196	РТ-253	РТ-255
Напряжение номинальное в в . . . . .	2000	3000	3000
Длительно допустимый ток в а . . . . .	500	1000	1000
Ток уставки в а:			
постоянный . . . . .	800±40	1500±50	—
переменный . . . . .	—	—	3500±175
Напряжение контактов в в . . . . .	50	50	50
Ток контактов в а . . . . .	3	3	3

Устройство токового реле весьма несложно. Его магнитопровод состоит из ярма 1 (рис. 238), сердечника 3 и якоря 4. На сердечник насажена катушка 2, через которую протекает полный ток тягового двигателя. Поэтому она выполнена из меди большого сечения, имеет один или два витка, а изоляция ее рассчитана на полное выпрямленное напряжение.

Сжатая пружина 8 оттягивает якорь от сердечника. В таком положении указатель 7, укрепленный на оси 6, удерживается якорем в горизонтальном положении. Чем больше ток в катушке, тем больше магнитный поток в зазоре между сердечником и якорем и тем больше сила притяжения якоря к сердечнику. Однако при всех рабочих

токах, включая пусковые токи тяговых двигателей, сила действия пружины 8 превосходит электромагнитные силы взаимодействия якоря и сердечника и якорь не притянут. Если ток, протекающий через катушку, превысит определенную величину — ток уставки, то вследствие возрастания магнитного потока сила притяжения якоря к сердечнику станет больше усилия пружины и реле сработает, т. е. якорь притянется.

При срабатывании реле размыкающие контакты 5 размыкаются, а замыкающие замыкаются; указатель 7 «падает» — поворачивается на оси по часовой стрелке и занимает вертикальное положение. После прекращения аварийного тока через реле якорь под воздействием пружины возвращается в исходное положение, замыкая контакты, а указатель остается в вертикальном положении, свидетельствуя о том, что именно это реле сработало.

В качестве примера конструктивного исполнения рассмотрим реле перегрузки РТ-196 (рис. 239). Оно смонтировано на изоляционной панели 7. Катушка 2 имеет два витка из шинной меди прямоугольного сечения. Она посажена на магнитопровод, состоящий из ярма 1, сердечника 4 и якоря 3 (на рисунке он показан притянутым). Рычаг 5, прикрепленный к якорю, воздействует на шток контактной группы 6.

Отключающая регулируемая пружина расположена сверху, контакты реле — внизу, а указатель срабатывания (иногда его называют семафорчик) — впереди, чтобы его хорошо было видно при осмотре.

Токовые реле РТ-253 и РТ-255 имеют несколько другую конструкцию, но работают точно так же, как реле РТ-196. Отличия заключаются в том, что реле имеют один виток 3 (рис. 240), да и тот неполный — шина коромыслом перекинута через сердечник магнитопровода. Кроме того, вместо семафорчика сделан блинкер 11, который выскакивает при срабатывании реле, указывая, что именно это реле сработало.

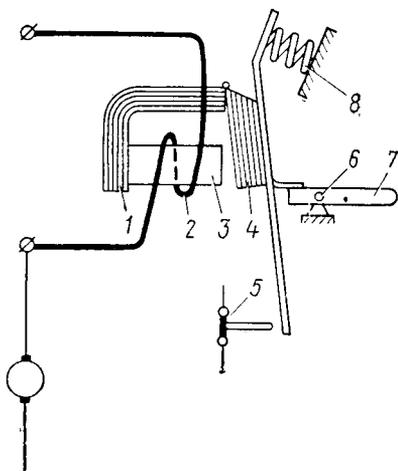


Рис. 238. Устройство реле перегрузки

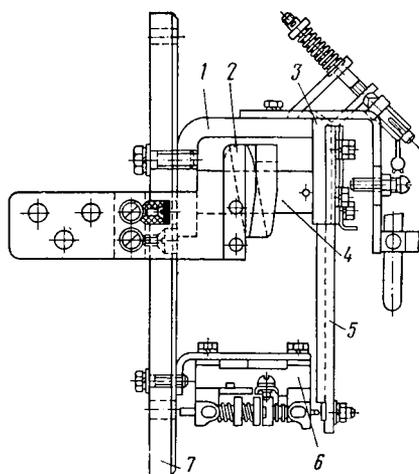


Рис. 239. Реле перегрузки РТ-196

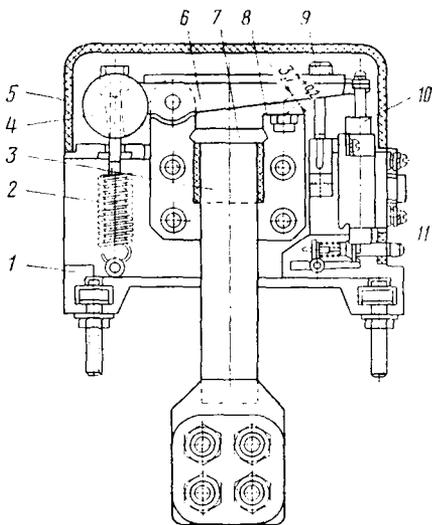


Рис. 240. Реле перегрузки РТ-253, РТ-255:

1 — боковина; 2 — пружина отключающая; 3 — шина; 4 — противовес; 5 — кожух; 6 — якорь; 7 — клин; 8 — ярмо; 9 — винт регулировочный; 10 — контакты; 11 — блинкер

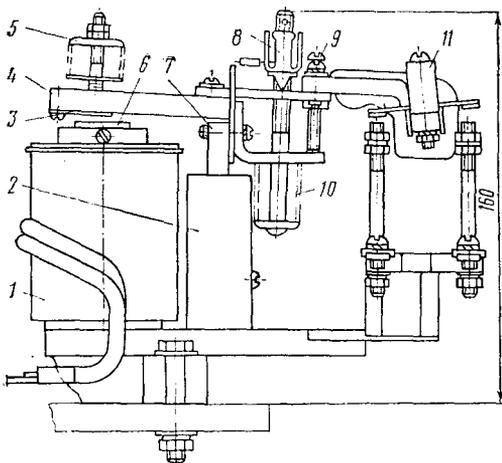


Рис. 241. Реле времени РЭВ:

1 — катушка; 2 — медная гильза; 3 — диамагнитная прокладка; 4 — якорь; 5 — пружина; 6 — сердечник; 7 — магнитопровод; 8 — гайка; 9 — регулировочный винт; 10 — пружина; 11 — контакты

**Реле времени.** Очень часто в системах автоматики является необходимостью обеспечить определенные выдержки времени перед последующей операцией. Это легко осуществить с помощью реле времени. Кроме того, используя реле времени, можно создать импульсные устройства, подающие сигналы различной продолжительности с различной периодичностью. На отечественных электровозах реле времени применяют в системе контроля хода кулачкового вала переключателя ступеней, при импульсной подаче песка и в других случаях.

В системе контроля хода кулачкового вала на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ60<sup>к</sup>, как было отмечено, катушка реле времени получает питание от напряжения 50 в через блок-контакт главного переключателя, который замкнут на всех фиксированных позициях кулачкового вала переключателя и кратковременно размыкается лишь в промежуточных межпозиционных положениях, т. е. на время движения кулачкового вала с одной позиции на другую. Таким образом, катушка реле времени на фиксированных позициях всегда находится под напряжением. Только во время хода кулачкового вала контроллера от одной позиции к другой цепь питания катушки кратковременно прерывается. Но продолжительность перерыва питания мала — меньше выдержки реле времени, поэтому якорь реле остается

притянутым. Лишь в случае остановки вала в промежуточном положении или замедленного хода цепь катушки реле времени продолжительно остается разомкнутой. Тогда с выдержкой времени реле срабатывает, воздействуя на отключающий механизм ГВ.

Реле времени устроено и работает так же, как и промежуточное реле. Но в отличие от промежуточного реле притягивание якоря 4 (рис. 241) к сердечнику 6 и отрыв его с соответствующим переключением контактов происходят не сразу после подачи и снятия напряжения с катушки 1 реле, а с некоторой задержкой — с выдержкой времени. Это обеспечивается наличием на его сердечнике демпферного медного кольца, а на магнитопроводе — медной гильзы 2.

При фиксированных положениях реле (включенном и отключенном) медное кольцо не оказывает никакого действия. Действие его проявляется после момента подачи или снятия напряжения с катушки. Если, например, реле находилось под напряжением, якорь был притянут, а затем напряжение сняли, то ток в катушке реле прекратится сразу в момент разрыва цепи катушки. С прекращением тока магнитный поток начнет уменьшаться. Уменьшение магнитного потока вызовет в медном кольце э. д. с., под действием которой в нем возникает ток, поддерживающий магнитный поток. В результате этого после снятия напряжения и прекращения тока в катушке реле магнитный поток благодаря наличию медного кольца продолжает существовать продолжительное время (до нескольких секунд) и удерживать якорь притянутым.

Аналогичное действие оказывает медное кольцо и при подаче напряжения на катушку реле. Только в этом случае в медном кольце наводятся токи, которые, наоборот, задерживают появление и возрастание магнитного потока в сердечнике. В результате задерживается притягивание якоря к сердечнику. Чем больше сечение кольца, тем большие токи в нем индуцируются и тем больше выдержка времени.

Выдержка времени реле зависит также от натяжения отключающей пружины и от зазора между сердечником и якорем, определяемого в притянутом состоянии якоря толщиной диамагнитной прокладки 3, а в отключенном — положением упора 5. Чем меньше зазор между якорем и сердечником, тем меньше сопротивление магнитной системы, тем больше магнитный поток от медной гильзы и тем больше задержка отпадания якоря, т. е. больше выдержка времени. Чем меньше натяжение пружины, тем большую роль играют электромагнитные силы, тем больше задержка отпадания якоря, тем больше выдержка времени.

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> используют реле времени РЭВ-292÷301 специально тягового исполнения. По устройству, внешнему виду, габаритам они очень близки к промежуточным реле. Однако в отличие от промежуточных в реле времени имеются медная гильза и диамагнитная прокладка между сердечником и якорем.

Регулировку выдержки времени реле рекомендуется производить изменением натяжения отключающей пружины, величины воздушного зазора и количества медных шайб (под полюсным наконечником).

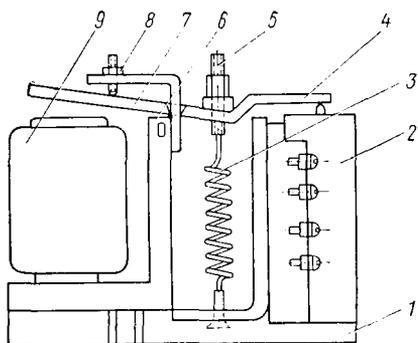


Рис. 242. Промежуточное реле РП-272÷291

Номинальное напряжение реле 50 в, сопротивление катушки 148 ом, контакты рассчитаны на напряжение 50 в постоянного и 380 в переменного тока величины до 5 а.

**Промежуточные реле.** Эти реле применяют в случаях, когда при одной операции, например при нажатии кнопки или срабатывании защиты, нужно произвести переключения в нескольких независимых (не связанных электрически) цепях электровоза. По принципу действия промежуточное реле похоже на электромагнитный контактор:

при подаче напряжения на его катушку якорь притягивается к сердечнику, замыкающие контакты замыкаются, а размыкающие — размыкаются.

Хотя принцип работы и устройство всех промежуточных реле примерно одинаковы, конструкция их может быть различной.

В качестве примера промежуточного реле на рис. 242 показано реле РП 272÷291, которое широко используется в цепях управления электровозов.

На изоляционной панели 1 укреплены контактная группа 2 и электромагнитная часть реле: магнитопривод 6 с якорем 7 и сердечником, на который насажена катушка 9. Якорь может качаться в небольших пределах около точки О. Однако пружина 3, натяжение которой регулируют гайкой 5, постоянно стремится повернуть его по часовой стрелке до соприкосновения с упором 8. Хвостовик 4 якоря отжимает шток контактной группы в крайнее нижнее положение. Если на катушку подать напряжение, то в магнитной системе появится магнитный поток, обеспечивающий притяжение якоря к сердечнику. Якорь, преодолевая действие пружины, притянется к сердечнику, т. е. повернется против часовой стрелки. Шток контактной группы под действием своей пружины приподнимется и произведет переключение контактов: замыкающие замкнутся, а размыкающие разомкнутся.

В таком, как говорят, возбужденном состоянии реле будет находиться все время, пока подано напряжение на его катушку. При снятии напряжения магнитный поток исчезнет, пружина возвратит якорь в исходное положение и контактные группы примут нормальное положение.

Контакты реле защищены от пыли. Реле рассчитано на номинальное напряжение 50 в постоянного тока. В зависимости от номера реле имеют различное количество замыкающих и размыкающих контактов, которые рассчитаны на работу в цепях с напряжением 50 в постоянного и 380 в переменного тока. Сопротивления обмоток реле также могут быть различными — от 80 до 300 ом.

**Реле заземления.** На электровозах переменного тока установлена земляная защита, которая осуществляет контроль изоляции силовых цепей. В этой защите применено специальное реле заземления, которое срабатывает при нарушении изоляции и замыкании силовой цепи электровоза на корпус (землю). Контакты реле введены в цепь удерживающей катушки главного выключателя, поэтому он отключается при срабатывании реле заземления. На электровозах ВЛ60\* используется реле заземления РЗ-182, которое имеет следующие технические данные:

Уставка реле:

ток включающей катушки . . . . .	0,22 а
» удерживающей катушки . . . . .	0,28 »
Номинальное напряжение удерживающей катушки . . . . .	50 в
Напряжение контактов (постоянный ток) . . . . .	110 »
Ток контактов . . . . .	10 »
Количество контактов:	
размыкающих . . . . .	2
замыкающих . . . . .	1
Вес . . . . .	4,1 кг

Реле заземления — электромагнитное, клапанного типа. Оно смонтировано на изоляционной панели 11 (рис. 243, а).

В магнитопроводе, состоящем из ярма 6, сердечника 4 и ярка 9, магнитный поток образуется от двух катушек — рабочей 9 и удерживающей 10. Якорь реле может поворачиваться в ограниченных пределах около точки опоры 01. Сжатая отключающая пружина 8 стремится повернуть якорь по часовой стрелке в крайнее положение — до тех пор, пока не дойдет до регулируемого упора 3. От степени сжатия пружины 8 зависят условия срабатывания реле. На гайку, регулирующую сжатие пружины, ставят пломбу 7. При нормальной работе электровоза, когда изоляция силовых цепей нигде не нарушена, рабочая катушка обесточена и магнитный поток создается только одной удерживающей катушкой. Этот поток настолько мал, что сила притяжения ярка к сердечнику меньше силы

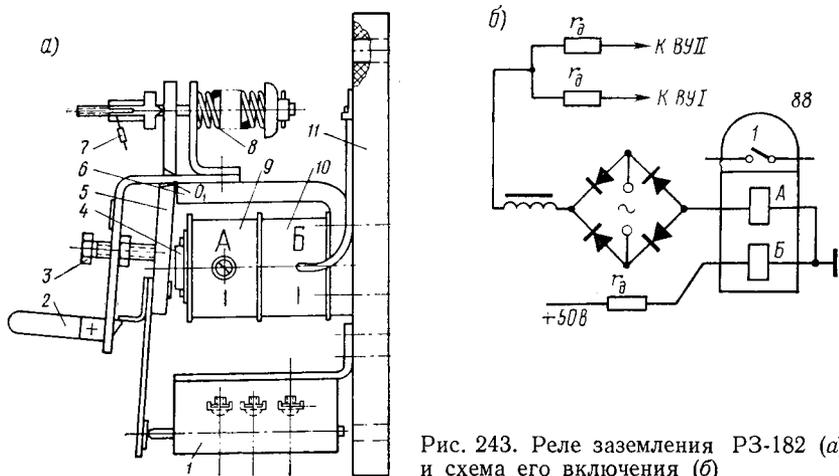


Рис. 243. Реле заземления РЗ-182 (а) и схема его включения (б)

отключающей пружины и реле не срабатывает. При нарушении изоляции и замыкании на корпус какой-либо точки силовой цепи в рабочей катушке появляется ток, а в магнитопроводе — соответствующий магнитный поток, который складывается с магнитным потоком от удерживающей катушки. Тогда от суммарного магнитного потока возникает сила притяжения якоря к сердечнику, превосходящая усилие пружины 8. Якорь притягивается — реле срабатывает, происходит переключение контактов 1, сигнализатор 2 поворачивается и занимает вертикальное положение. После отключения главного выключателя рабочая катушка обесточивается, однако якорь остается притянутым благодаря тому, что магнитный поток удерживающей катушки способен удержать якорь в притянutom положении.

Сигнализатор может быть восстановлен (поставлен в горизонтальное положение) только вручную при опущенных токоприемниках.

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> ставят реле заземления РЗ-302÷303, которое имеет специальное тяговое исполнение. По внешнему виду и габаритам оно мало отличается от промежуточного реле РП-272÷291 (см. рис. 241). Особенности конструкции реле РЗ-302÷303 — наличие двух катушек и сигнализатора срабатывания в виде семафорчика. Принцип работы и схема включения реле те же, что и у реле РЗ-182.

**Реле боксования.** Несмотря на лучшие тяговые качества электровозов переменного тока, при ведении полновесных поездов на подъемах, когда электровоз развивает большую силу тяги, все же возможно проскальзывание колес — так называемое боксование. При неблагоприятных условиях боксование может быть интенсивным. Наиболее интенсивное боксование наблюдается на замасленных рельсах, во время дождя или снегопада, на разгруженных осях и осях с большим прокатом бандажей. Тогда приходится принимать меры к прекращению боксования, которые сводятся главным образом к подаче под колеса песка и в крайних случаях к уменьшению вращающего момента двигателей.

На грузовых электровозах переменного тока предусмотрено автоматическое устройство, которое в случае возникновения боксования какой-либо оси обеспечивает подачу песка под колеса и таким образом способствует восстановлению нормального тягового режима. Главным элементом такого устройства является реле боксования. По принципу действия — это реле напряжения, срабатывающее, когда напряжение на его обмотке превысит заданную величину.

Реле боксования должно быть достаточно быстродействующим, чтобы быстро обеспечить подачу песка и прекратить боксование в начальной стадии, а также достаточно чувствительным, ибо оно включено на точки силовой цепи, имеющие примерно одинаковые потенциалы, разность которых даже при боксовании невелика.

В качестве реле боксования на отечественных электровозах сначала применяли реле РБ-192, а затем стали устанавливать

более совершенные реле РБ-469. Реле РБ-469 имеет следующие технические данные:

Номинальное напряжение изоляции относительно земли . . . . .	2000 в
Сопротивление катушки . . . . .	$4 \pm 0,32 \text{ Ом}$
Ток срабатывания . . . . .	0,5 а
Длительно допустимый ток катушки . . . . .	2,6 »
Допустимый ток катушки в течение 0,1 сек (по термической устойчивости) . . . . .	290 »
Время срабатывания при двойном токе уставки . . . . .	0,09 сек
Количество контактов . . . . .	1 замыкающий
Номинальное напряжение контактов . . . . .	50 в
Номинальный ток контактов . . . . .	5 а

По принципу действия — это промежуточное реле. Основу его представляет магнитопровод, состоящий из шихтованного яра 5 (рис. 244) с насаженной катушкой 6 и якоря 3. Якорь может в ограниченных пределах поворачиваться на призме 4, но натянутая пружина 2 (от ее натяжения зависит величина напряжения, при котором реле срабатывает), стремящаяся повернуть якорь против часовой стрелки, держит его в отключенном положении. В хвостовик якоря под действием внутренних пружин, установленных внутри корпуса 1, упирается шток, с которым механически связаны контакты.

Если напряжение превысит 2 в (что соответствует току 0,5 а), то реле срабатывает, якорь поворачивается по часовой стрелке; хвостовик, отходя от штока, позволяет якорю под действием внутренних пружин переместиться влево и замкнуть контакты реле.

**Тепловые реле.** Защиту вспомогательных машин от перегрузок осуществляют с помощью тепловых реле, которые устанавливают в цепях двигателей компрессоров, вентиляторов, расцепителей фаз и насосов последовательно с контакторами.

Если через контролируемую цепь будет протекать большой ток в течение некоторого времени (вследствие либо короткого замыкания в обмотке двигателя, либо затынувшегося пуска двигателя), то тепловое реле разомкнет цепь катушки электромагнитного контактора и последний отключит двигатель от источника питания.

Реле типа ТРТ собрано в пластмассовом корпусе 15 (рис. 245). Основной его частью является термобиметаллическая пластина 16. Известно, что при прохождении тока в проводниках выделяется тепло, вследствие чего размеры их увеличиваются. Термобиметаллические пластины собирают из двух металлов, размеры которых при одинаковом изменении температуры изменяются на разную величину. Такие пластины, будучи скреплены,

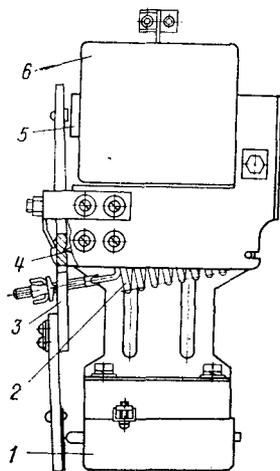


Рис. 244. Реле боксования РБ-469

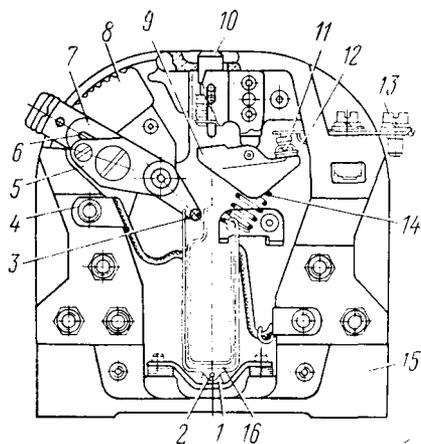


Рис. 245. Тепловое реле ТРТ

при нагревании выгибаются, что и использовано в реле для замыкания или размыкания контактов. В реле ТРТ термометаллические пластины 16 имеют U-образную форму и посажены на ось 2 стойки 1. На правый конец пластины опирается цилиндрическая витая пружина 14, которая в зависимости от температуры пластины поворачивает колодку 9. На колодке укреплен контакторный мостик 12, замыкающий неподвижные контакты 11, соединенные с зажимами 13. Реле включают в контролируемую цепь клеммами 4.

Ток срабатывания регулируют механизмом уставки, состоящем из ролика 3, поводка 5, эксцентрика 6, пружины 7 и сектора уставки 8. Этим механизмом изменяют положение пластины 16. Если через пластину 16 проходит большой ток в течение времени, достаточного для ее нагрева, правый конец ее отклоняется вправо, колодка поворачивается по часовой стрелке, мостик отходит от контактов и разрывается цепь катушки соответствующего контактора. После остывания пластины 16 колодка с контактным мостиком возвращается в исходное положение, т. е. реле самовосстанавливается. Если в поездных условиях время не позволяет дождаться самовосстановления реле, то для принудительного восстановления служит кнопка 10.

Уставка тепловых реле нестабильна — она изменяется с изменением температуры окружающего воздуха. С увеличением температуры окружающей среды на  $10^{\circ}\text{C}$  уставка реле уменьшается примерно на 3,5%.

Основные технические данные реле приведены в табл. 13.

**Реле оборотов.** Включать асинхронные двигатели, используемые в качестве привода вспомогательных машин, при неработающем или медленно вращающемся (например, при запуске) расцепителе фаз

Т а б л и ц а 13

Показатели	Характеристика реле типа			
	ТРТ-121	ТРТ-136	ТРТ-141	ТРТ-151
Номинальный ток в а	9	45	110	155
Ток для проверки в а	54	270	330	300
Время срабатывания в сек	3—15	4—15	20—30	60—80
Вес в кг	0,5	0,5	0,7	2,0

нельзя — это приведет к их повреждению. Поэтому первыми из вспомогательных машин всегда включают расщепители фаз. Окончание пуска расщепителя фаз определяют по скорости вращения его ротора, которая в установившемся режиме составляет около 1500 об/мин.

Автоматический контроль скорости вращения ротора расщепителя фаз на отечественных электровозах осуществлен с помощью реле оборотов. Во время запуска расщепителя скорость возрастает. Когда она становится равной уставке, реле срабатывает. Его контакты отключают пусковой резистор и включают цепи управления вспомогательных машин.

На электровозах первых выпусков установлено реле оборотов РО-60, а в дальнейшем стали устанавливать реле РО-33. Их технические данные примерно одинаковы.

Тип реле . . . . .	РО-60	РО-33
Номинальная скорость вращения в об/мин . . . . .	1500	1500
Скорость вращения в об/мин, при которой реле:		
срабатывает . . . . .	1350 <sup>+40</sup>	1350 <sup>+40</sup>
возвращается в исходное положение, не менее	1100	1100
Номинальное напряжение контактов в в . . . . .	50	110
Номинальный ток в а . . . . .	5	5
Количество контактов:		
закрывающих . . . . .	1	1
Раствор контактов в мм, не менее . . . . .	4	2,3—3
Вес в кг . . . . .	9	7,2

По устройству и конструкции реле РО-60 и РО-33 несколько отличаются друг от друга.

Вал 2 реле оборотов РО-33 (рис. 246) может вращаться в роликовых подшипниках 3. На одном конце вала укреплен вилок 1, предназначенная для соединения с валом расщепителя фаз, а на другом

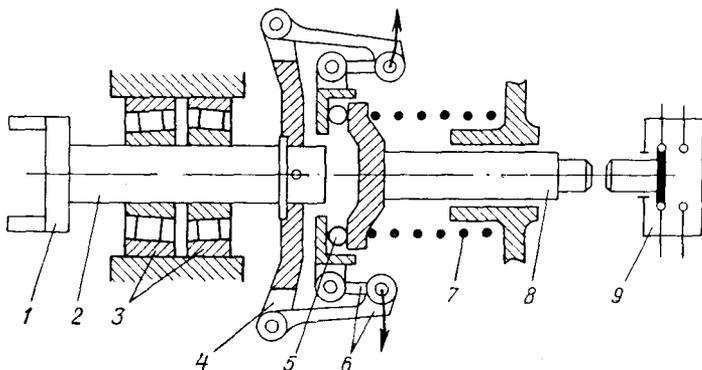


Рис. 246. Устройство реле оборотов РО-33

смонтирован центробежный механизм 4 с шарнирно соединенными рычагами 6. В центробежный механизм помещен упорный подшипник 5, также шарнирно соединенный с рычагами, который может перемещаться в горизонтальном направлении. На упорный подшипник 5 под воздействием сжатой пружины 7 опирается шток 8. Контакты 9 реле, выполненные с «мгновенным» переключением (с фиксацией в обоих положениях), помещены в отдельный блок и производят переключения при нажатии штока 8 на их привод. При вращении вала реле с центробежным механизмом рычаги под действием центробежных сил отклоняются от оси вращения (как показано на рисунке стрелками) и, преодолевая усилия пружины 7, перемещают упорный подшипник вместе со штоком 8 вправо. При скорости вращения, равной уставке, шток воздействует на контакты: один контакт размыкается, а другой замыкается. После выключения расщепителя фаз, когда его скорость уменьшается до 1100 об/мин, пружина 7 возвращает шток в левое положение и контакты под воздействием внутренней пружины становятся в исходное положение.

## § 67. Блок дифференциальных реле

Для защиты оборудования от токов короткого замыкания на электровозах установлен блок БРД (блок реле дифференциальной защиты). Действие дифференциальной защиты основано на том, что при аварийном режиме ток короткого замыкания в силовой цепи возрастает со значительно большей скоростью, чем во время нормальной работы электровоза. Дифференциальные реле постоянно контролируют скорость возрастания тока. Если она превышает наибольшую, которая может быть в рабочем режиме, то БРД срабатывает и своими контактами воздействует на отключающий механизм ГВ.

Главный орган защиты — блок реле (типа БРД-204). Блок (рис. 247) состоит из двух одинаковых реле 21 и 22.

На магнитопроводе реле расположена удерживающая (она же включающая) катушка, которая получает питание от напряжения 50 в. Сквозь окно магнитопровода пропущены две шины, через них протекают токи в противоположных направлениях. Если через блок дифференциальных реле протекает постоянный и неизменный по величине ток, то общий ток  $i$  делится между цепями примерно поровну:  $i = i_1 + i_2$ , а  $i_1 = i_2$ . Магнитные потоки от токов  $i_1$  и  $i_2$  равны и противоположно направлены, т. е. взаимно компенсированы. Результирующий поток в магнитной системе каждого реле определяется лишь магнитным потоком удерживающей катушки. Все это справедливо для любого тока при условии, что он постоянный по направлению и неизменный по величине.

Теперь представим, что ток  $i$ , протекающий через блок слева направо, быстро возрастает. На одну шину (с током  $i_1$ ) посажен пакет стальных шайб, и индуктивность ее больше, чем другой шины (с током  $i_2$ ). Поэтому ток  $i_1$  будет нарастать значительно медленнее,

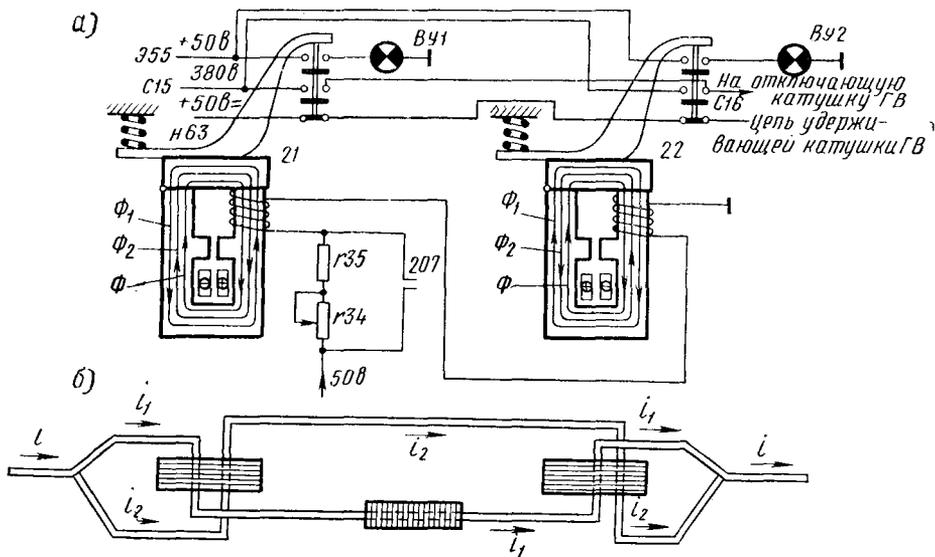


Рис. 247. Схемы, поясняющие устройство блока дифференциальных реле (а) и прохождение в нем токов (б)

чем ток  $i_2$ . Соответственно и магнитные потоки  $\Phi_2$  в обоих реле 21 и 22 будут возрастать значительно быстрее, чем потоки  $\Phi_1$ .

В магнитопроводе реле 21 магнитный поток  $\Phi_2$  совпадает с потоком  $\Phi$  от удерживающей катушки. Следовательно, при более быстром возрастании магнитного потока  $\Phi_2$ , чем  $\Phi_1$ , результирующий поток будет увеличиваться и якорь реле будет притягиваться к магнитопроводу с еще большим усилием. Одновременно в магнитопроводе реле 22 магнитный поток  $\Phi_2$  направлен противоположно магнитному потоку  $\Phi$ . Следовательно, при более быстром возрастании магнитного потока  $\Phi_2$ , чем  $\Phi_1$ , в реле 22 результирующий поток будет уменьшаться и якорь под воздействием пружин отпадет от сердечника реле 22.

Если через БРД будет протекать нарастающий ток в обратном направлении — справа налево, то произойдет обратное: якорь реле 22 будет притягиваться к сердечнику с большей силой, а якорь реле 21 отпадет, т. е. сработает реле 21. Аналогичное соотношение магнитных потоков в реле будет и в случае быстро уменьшающегося тока в БРД.

Подчеркнем, что блок БРД не контролирует величину протекающего через него тока, а контролирует лишь скорость его изменения: одним реле — в одном направлении, а другим реле — в другом. Блок БРД-204 срабатывает при скорости изменения тока не менее 50 ка в 1 сек, для которой разность токов в силовых витках равна 500 а. Если через БРД будет протекать медленно возрастающий, медленно уменьшающийся или вообще неизменный ток, то реле не работает.

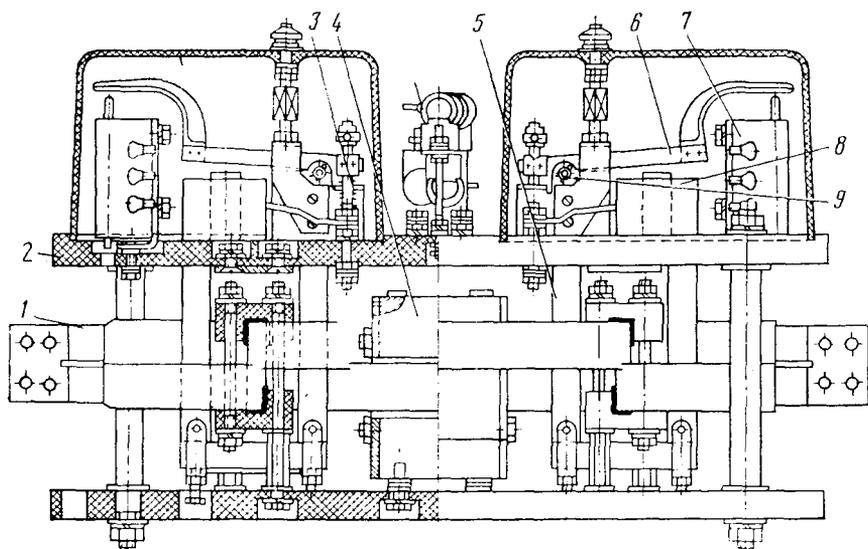


Рис. 248. Блок дифференциальных реле

При отпадании якоря любого из двух реле БРД контакты реле выполняют три операции (см. рис. 247): замыкают цепь отключающей катушки ГВ, размыкают цепь его удерживающей катушки (как подстраховочная мера) и замыкают цепь красной сигнальной лампы ВУ1 или ВУ2.

Удерживающие катушки обоих реле соединены последовательно. Ток в их цепи, ограниченный резисторами  $r34$  и  $r35$ , достаточен для удержания якорей притянутыми и недостаточен для их притягивания. При восстановлении реле резисторы замыкаются накоротко контактом реле 207, что происходит при нажатии кнопки *Включение ГВ и возврат реле*. Ток удерживающих катушек возрастает, и якоря притягиваются. Подготовленность защиты автоматически контролируется цепью удерживающей катушки главного выключателя, в которую введены контакты реле 21 и 22.

Блок БРД (рис. 248) смонтирован на двух скрепленных изоляционных панелях 2. Он состоит из двух реле РОЗ-60А со специальной ошиновкой. На одной из шин поставлен пакет стальных шайб 4. Каждое реле состоит из шихтованного магнитопровода 5, якоря 6, катушки 8, блоков контактов 7. Якорь может поворачиваться на оси 9. Одним концом он производит переключение контактов. На другой его конец действует отключающая пружина 3, усилие которой регулируют гайкой. Реле закрыто прозрачным кожухом. Силовая шина 1 с индуктивным шунтом с помощью клич укреплена на каркасе, который состоит из двух панелей, скрепленных шпильками. На верхней панели размещены добавочные резисторы и выводные клеммы. Размыкающие и замыкающие контакты сгруппированы в одном блоке.

Технические данные блока БРД-204 следующие:

Номинальное напряжение силовой цепи . . . . .	2500 в
Длительный ток силовой цепи (эффективное значение при однополупериодном выпрямлении) . . . . .	1500 а
Параметры контактов в цепи переменного тока:	
напряжение . . . . .	380 в
ток допустимый . . . . .	10 а
количество размыкающих контактов (соединены парал- лельно) . . . . .	2
Параметры контактов в цепи постоянного тока:	
напряжение . . . . .	50 в
ток допустимый . . . . .	10 а
Количество контактов:	
размыкающих . . . . .	2
замыкающих . . . . .	2
Сопrotивление удерживающей катушки . . . . .	3,6 ом
Ток в цепи удерживающей катушки при напряжении 50 в	0,5—0,7 а
Время срабатывания (от момента достижения током уставки до начала касания размыкающих контактов в цепи переменного тока) при скорости нарастания силового тока 1,3—10 а/сек не более . . . . .	0,01 сек
Длительность включения удерживающих катушек (рези- сторы отключены), не более . . . . .	30 сек
Вес . . . . .	26 кг

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> ток срабатывания (разность токов в ши-  
нах) устанавливается больше (500 а), чем на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>  
(350 а).

## § 68. Устройство контроля рода тока

На электровозах двойного питания для контроля наличия напря-  
жения и определения рода напряжения контактной сети (перемен-  
ное 25 кв или постоянное 3,3 кв) устанавливают специальное уст-  
ройство контроля рода тока.

Принцип его действия заключается в следующем. Переменное  
напряжение, поданное на цепь с последовательно соединенными  
трансформатором и резистором, распределится между ними неодинаково.  
Основная часть его придется на трансформатор, обладающий  
большим индуктивным сопротивлением, незначительная доля —  
на резистор. Если на ту же цепь будет подано постоянное напряжение,  
то оно распределится пропорционально омическим сопротивле-  
ниям аппаратов. Обмотка трансформатора обладает небольшим оми-  
ческим сопротивлением, поэтому основная часть напряжения при-  
дется на резистор, а остальная, очень небольшая, — на трансформа-  
тор. Контролируя напряжения на трансформаторе и на резисторе,  
можно определить, какое напряжение в контактной сети.

В устройстве контроля рода тока УРТ-3 (рис. 249) трансформа-  
тор *Tr* соединен последовательно с двумя цепочками резисторов.  
Если электровоз находится под контактной сетью с напряжением  
переменного тока, то на трансформаторе *Tr* будет напряжение. На-  
пряжение его вторичной обмотки с помощью мостового выпрями-

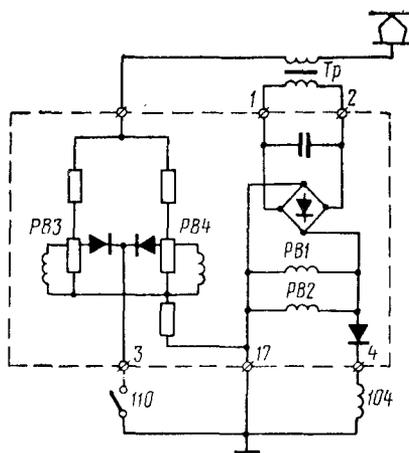


Рис. 249. Электрическая схема устройства контроля рода тока

теля преобразуется в постоянное пульсирующее напряжение и затем подается на два реле *PB1* и *PB2*, которые срабатывают и своими контактами замыкают соответствующие цепи управления привода переключателя рода тока.

Последний собирает цепи электровоза для работы на переменном токе. Катушки реле *PB3* и *PB4*, включенные параллельно резисторам, практически обесточены, так как на долю резисторов приходится незначительная часть переменного напряжения.

Если электровоз находится под контактной сетью с напряжением постоянного тока, то под напряжением оказываются реле *PB3* и *PB4*, которые срабатывают и своими контактами замыкают соответствующие цепи привода переключателя рода тока. Последний собирает цепи электровоза для работы на постоянном токе. Катушки реле *PB1* и *PB2* будут при этом обесточены, так как на вторичной обмотке трансформатора напряжения не будет.

Если электровоз находится под контактной сетью, где нет напряжения (например, на нейтральной вставке), то все четыре реле устройства контроля рода тока будут обесточены и переключатель рода тока установится в нейтральное положение.

Устройство контролирует напряжение переменного тока от 12 до 29 кв и напряжение постоянного тока от 2,2 до 4,0 кв.

## § 69. Указатель позиций

Во время ведения поезда машинисту всегда необходимо знать, какая позиция — ступень регулирования используется, т. е. на какой позиции находится кулачковый вал переключателя ступеней. Для этого в кабине машиниста установлен указатель позиций, который имеет циферблат с номерами всех позиций и стрелку, указывающую номер используемой позиции. Стрелка перемещается одновременно с кулачковым валом главного контроллера или с избирателем позиций высоковольтного переключателя ступеней (ЧС4).

Связь между валом переключателя ступеней и осью со стрелкой указателя позиций осуществляется сельсинами. Сельсин представляет собой маленький асинхронный двигатель, к обмотке статора которого подводится однофазный ток при напряжении 110 в. Обмотки роторов сельсинов — трехфазные, соединены по схеме «звезда».

Сельсин-датчик установлен на переключателе ступеней, и его ротор через зубчатые передачи жестко связан с кулачковым валом

переключателя. Зубчатые передачи обеспечивают отношение 1 : 2. Это значит, что при двух оборотах кулачкового вала переключателя (33 позиции) вал сельсина повернется на один оборот. Сельсин-приемник *б* находится на пульте управления машиниста. Обмотка его статора получает питание от того же однофазного напряжения, а обмотка ротора соединена тремя проводами с ротором сельсина-датчика *а* (рис. 250).

Принцип действия «следящих» сельсинов заключается в следующем. При протекании в обмотках статоров переменного тока в сельсинах возникают переменные магнитные потоки, которые пронизывают роторы. В обмотках обоих роторов индуцируются э. д. с. Если положения роторов неодинаковы, то наводимые в обмотках э. д. с. также неодинаковы и в их цепях появятся токи. Токи ротора и магнитный поток статора создадут вращающий момент. Ротор сельсина-датчика, жестко связанный с валом переключателя, повернуться не может, а ротор сельсина-приемника начнет и будет поворачиваться до тех пор, пока не займет такое же положение, какое занимает ротор сельсина-датчика. Таким образом, только при одинаковом положении роторов э. д. с. в их обмотках взаимно уравновешиваются и ток в обмотках сельсинов не протекает.

Если ротор сельсина-датчика повернуть на какой-то угол, то э. д. с., наводимая в обмотках этого ротора, уже не будет уравновешиваться э. д. с. в роторе другого сельсина. В результате нарушения баланса э. д. с. в обмотках роторов потечет ток. Ток ротора и магнитный поток статора создадут вращающий момент, и ротор сельсина-приемника начнет поворачиваться. Движение его будет продолжаться до тех пор, пока он не повернется на такой же угол, на какой повернулся и ротор датчика. Только в этом случае э. д. с. снова будут уравновешены и ротор сельсина-приемника, на котором укреплена стрелка, остановится.

Таким образом, ротор второго сельсина будет всегда точно повторять движение ротора первого сельсина, а стрелка, укрепленная на нем, указывать номер позиции.

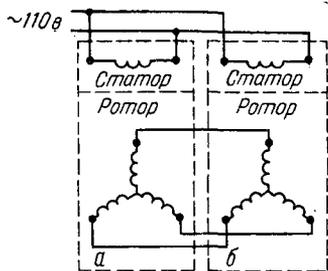


Рис. 250. Схема сельсинов указателя позиций:

*а* — сельсин-датчик, установленный на главном контроллере; *б* — сельсин-приемник — указатель позиций

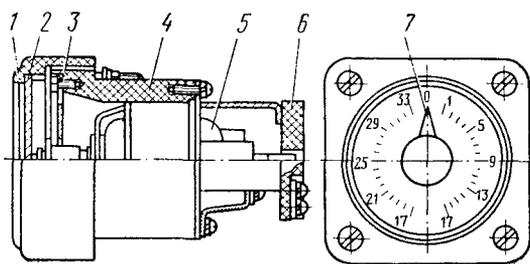


Рис. 251. Указатель позиций:

1 — крышка; 2 — стекло; 3 — шкала; 4 — корпус; 5 — сельсин-приемник; 6 — панель; 7 — стрелка

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup> использован указатель позиций УП5 (рис. 251). На его циферблате нанесены 33 позиции, соответствующие 33 позициям переключателя ступеней.

Клеммы выведены на панель, расположенную сзади. В указателе позиций УП5 использован сельсин, рассчитанный на напряжение 110 в и ток 0,42 а.

## § 70. Электроизмерительные приборы

По электроизмерительным приборам машинист контролирует тяговый режим электровоза, а по вольтметру и амперметру аккумуляторной батареи локомотивная бригада следит за режимом ее заряда и разряда.

Перед машинистом на пульте управления установлены вольтметр контактной сети (рис. 252), вольтметр и амперметр тяговых двигателей. Все приборы помещены в пластмассовые корпуса брызгозащищенного исполнения. Вольтметр контактной сети присоединен к обмотке вспомогательных цепей 380 в и имеет шкалу 0—30 кв, соответствующую напряжению контактной сети. В качестве вольтметра используют прибор Д151 с ферродинамическим измерительным механизмом.

Принцип действия приборов ферродинамической системы основан на взаимодействии тока, протекающего через рамку прибора, с магнитным полем электромагнита. Чем больше напряжение на приборе, тем больше ток и магнитный поток электромагнита, а следовательно,

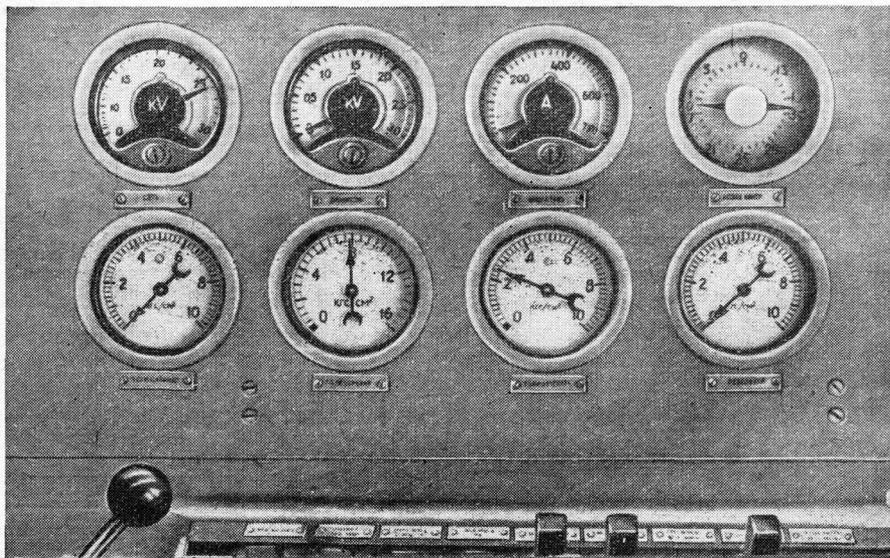


Рис. 252. Приборы пульта управления машиниста

больше вращающий момент, действующий на подвижную систему, на которой укреплен стрелка прибора. Пружины противодействуют перемещению подвижной системы, стремясь вернуть ее в исходное нулевое положение.

Опоры оси прибора, на которых укреплены подвижные части, выполнены в виде стальных полированных кернов, опирающихся на корундовые подпятники, которые в свою очередь завальцованы в специальную оправку. Конструкция оправки обеспечивает пружинную амортизацию опор в осевом и радиальном направлениях, благодаря чему приборы устойчивы к вибрации и тряске. Для успокоения колебаний подвижной системы предусмотрено демпфирующее устройство в виде легкого алюминиевого крыла, перемещающегося в поле постоянных магнитов.

Для измерения напряжения переменного тока используются вольтметры Д151 со следующими техническими данными:

Относительная погрешность . . . . .	$\pm 1,5\%$
Номинальное напряжение . . . . .	380 в
Пределы измерений . . . . .	0—30 кв
Цена деления . . . . .	1 кв
Вес . . . . .	1,4 кг

Для измерения тока и напряжения тяговых двигателей используются магнитоэлектрические приборы М151. Принцип действия магнитоэлектрических приборов основан также на взаимодействии тока и магнитного потока. Но здесь магнитный поток создается не электромагнитом, а постоянным магнитом, отлитым из никель-алюминиевого сплава. Чем больше ток, протекающий по обмотке подвижной рамки, тем больше вращающий момент и тем больше отклонится подвижная система со стрелкой, преодолевая противодействие пружин. Алюминиевый каркас рамки, перемещающийся в магнитном поле рабочего зазора, служит успокоителем колебаний. Относительная погрешность приборов М151 составляет  $\pm 1,5\%$ .

Вольтметр тяговых двигателей включен через добавочный резистор, установленный в высоковольтной камере. Он выполнен из манганиновой проволоки, что обеспечивает неизменность показаний прибора при различной температуре резисторов.

Амперметры тяговых двигателей подсоединяют к шунтам, врезанным в цепи якорей. Шунты рассчитаны на длительный ток 500 (ВЛ60<sup>к</sup>) или 1500 а (ВЛ80<sup>к</sup>) с напряжением к прибору 75 мв.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

### § 71. Основные понятия

Электрические цепи соединяют в единую систему все электрическое оборудование, установленное на электровозе: тяговые двигатели, преобразовательный агрегат, пуско-регулирующую, защитную и контрольно-измерительную аппаратуру, источники питания цепей служебного тока, аппараты управления и различные вспомогательные устройства.

Графическое изображение электрических цепей называют электрической схемой. Цепи электровозов разделяют на следующие: высшего напряжения, силовые тяговых двигателей, цепи вспомогательных машин и устройств, цепи управления, сигнализации и освещения.

**Цепи высшего напряжения** включают в себя токоприемники, разъединители токоприемников, высоковольтный разрядник, главный выключатель, высоковольтные обмотки тягового трансформатора, высоковольтный переключатель напряжения (на электровозах переменного тока с регулированием на стороне высшего напряжения) и некоторую другую аппаратуру, находящуюся под высоким напряжением контактной сети. На электровозах двойного напряжения высоковольтные цепи содержат также переключатель рода тока и аппараты цепи питания устройства контроля рода тока.

**Силовые цепи** объединяют тяговые двигатели, вторичные обмотки силового трансформатора, выпрямительные установки, аппараты для регулирования напряжения (на электровозах переменного тока с регулированием на стороне низшего напряжения), сглаживающие реакторы, аппараты для изменения направления вращения якорей и регулирования поля возбуждения двигателей, защитную и другую вспомогательную аппаратуру. На электровозах двойного напряжения силовые цепи содержат также пусковые реостаты и связанную с этим пускорегулирующую аппаратуру.

**Цепи вспомогательных машин и устройств** содержат, помимо самих машин, обмотки собственных нужд тягового трансформатора, отопительные приборы, аппаратуру управления и защиты вспомогательных машин и устройств.

От обмотки собственных нужд тягового трансформатора питание получают также блоки защиты выпрямительных установок (на электровозах с обычными нелавинными вентилями), блоки автоматического управления реостатным торможением.

**Цепи управления** делят на цепи управления тяговыми двигателями, аппаратами высоковольтной и вспомогательных цепей.

Цепи управления тяговыми двигателями включают в себя контроллеры машиниста, обмотки двигателей привода групповых переключателей, низковольтные катушки электромагнитных вентилей контакторов и других аппаратов, блок-контакты коммутирующей аппаратуры, промежуточные и защитные реле.

Цепи управления высоковольтными аппаратами, вспомогательными машинами и устройствами содержат источники питания (аккумуляторные батареи, генераторы управления, статические преобразователи напряжения), регуляторы напряжения, катушки электромагнитных контакторов, реле и вентилей, блок-контакты аппаратов управления и защиты вспомогательных цепей, кнопочные выключатели.

**Цепи сигнализации и освещения** содержат сигнальные лампы, катушки устройств, подающих звуковые сигналы, контакты реле и других аппаратов, подающих соответствующие сигналы на пульт управления электровоза, лампы освещения кабин, коридоров, машинных и аппаратных помещений, лампы буферных фонарей и контакторов, кнопочные выключатели цепей освещения и сигнализации.

**Классификация электрических цепей электровозов переменного тока** зависит от системы регулирования напряжения, способа регулирования напряжения, типа применяемых выпрямителей и схемы выпрямления, количества тяговых двигателей и способа соединения их между собой, наличия и рода электрического торможения, особенностей конструкции электрических машин и аппаратов управления. На электровозах переменного тока, как известно, применяют две системы регулирования напряжения, питающего тяговые двигатели, и соответственно этому схемы электрических цепей делят на две группы: с регулированием на стороне высшего или на стороне низшего напряжения.

Схемы с регулированием на стороне низшего напряжения различают по способам регулирования. В зависимости от способов регулирования и методов перехода с одной ступени на другую применяют следующие силовые схемы:

с многоступенчатым контакторным регулированием напряжения, осуществляемым при помощи: а) переходных реакторов; б) дополнительной секции вторичной обмотки трансформатора и переходных резисторов; в) вентильного перехода;

с плавным межступенчатым регулированием напряжения, осуществляемым методом бесконтактного перехода с использованием тиристоров или при помощи магнитных усилителей (трансдукторов).

Наибольшее распространение на отечественных электровозах получило многоступенчатое контакторное регулирование напряжения, осуществляемое при помощи переходных реакторов. Эта схема и применяемая в ней аппаратура освоены в производстве и в эксплуатации достаточно надежны. Однако для такого регулирования требуется сложный и громоздкий аппарат — переключатель ступеней с большим количеством контакторных элементов, рассчитанных на

коммутацию больших токов. Кроме того, дополнительные потери энергии в переходных реакторах снижают коэффициент полезного действия электровоза примерно на 0,5%.

Многоступенчатое регулирование напряжения при использовании дополнительной секции и переходных резисторов не имеет существенных преимуществ и получило ограниченное применение (электровозы серии ВЛ41). Многоступенчатое контакторное регулирование напряжения с вентильным переходом применяется на электропоездах переменного тока ЭР9. Оно существенно облегчает условия работы группового переключателя ступеней, так как позволяет обеспечить бестоковую коммутацию в процессе регулирования напряжения.

Плавное тиристорное регулирование напряжения, как правило, производят в пределах одной ступени, сочетая его со ступенчатым регулированием. Глубокое плавное регулирование напряжения — от нуля до максимума — не применяют, так как при этом значительно снизился бы коэффициент мощности и потребовались бы громоздкие устройства (в случае применения магнитных усилителей). Обычно при плавном регулировании напряжения предусматривают четыре ступени (зоны) регулирования, что позволяет уменьшить число выводов вторичной обмотки трансформатора, упростить его конструкцию и снизить вес.

В схеме с плавным межступенчатым регулированием напряжения и вентильным переходом в разветвлениях двух плеч выпрямительных мостов вместо неуправляемых диодов применяют тиристоры, что позволяет осуществить бестоковый переход с одной ступени регулирования на другую. Неразветвленные части плеч выпрямительных мостов комплектуют обычными неуправляемыми диодами. По указанной схеме выполнена опытная партия электровозов ВЛ60<sup>ку</sup>, которая проходит эксплуатационные испытания.

Плавное межступенчатое регулирование напряжения с бесконтактным переходом принципиально является наиболее совершенным, так как позволяет осуществить бестоковую коммутацию, плавное регулирование напряжения в пределах каждой ступени, исключает необходимость в переключателе ступеней и переходных реакторах. Однако при этом необходимо значительное количество тиристоров (около половины общего количества полупроводниковых вентилей), что существенно усложняет и удорожает систему управления.

Осуществление такой схемы, видимо, оправдано при применении рекуперативного торможения, когда все вентили преобразовательной установки неизбежно должны быть управляемыми для обеспечения инверторного режима. Такие опытные электровозы (ВЛ80<sup>р</sup>) в настоящее время проходят эксплуатационные испытания. Плавное межступенчатое регулирование напряжения при помощи магнитных усилителей осуществлено на ряде зарубежных электровозов (главным образом в Англии). На отечественных электровозах оно не применяется, так как магнитные усилители для электровозов большой мощности представляют собой громоздкие и тяжелые аппараты.

На электровозах двойного питания можно регулировать напряжение, подводимое к контактам тяговых двигателей, при помощи пуско-

вых реостатов, включаемых в цепь двигателей, и последовательно-параллельного переключения последних, как это обычно делается на электровозах постоянного тока. Такое регулирование осуществляется в режиме работы электровоза как на постоянном, так и на переменном токе. При работе электровоза двойного напряжения на участках переменного тока можно было бы осуществить ступенчатое регулирование напряжения вторичной обмотки трансформаторов. Однако применять две системы регулирования напряжения на одном электровозе нецелесообразно.

Отечественные электровозы двойного питания (ВЛ61<sup>д</sup>, ВЛ82<sup>м</sup>), как и большинство таких зарубежных электровозов, выполнены с регулированием напряжения на стороне постоянного тока в обоих режимах работы. Это позволяет иметь минимальное количество пускорегулирующей аппаратуры и не секционировать вторичную обмотку силового трансформатора.

На электровозах переменного тока и двойного питания применяют выпрямители двух типов: ртутные (игнитроны и экситроны) и полупроводниковые (кремниевые). Это обуславливает определенные различия в построении силовых цепей и требует применения специальных устройств во вспомогательных цепях и цепях управления электровозом.

В последние годы все вновь строящиеся электровозы переменного тока как в Советском Союзе, так и за рубежом оборудуются полупроводниковыми преобразователями.

Почти все современные электровозы выполнены с индивидуальным приводом от тяговых двигателей к колесным парам, за исключением некоторых зарубежных электровозов, где применена групповая система с передачей мощности от одного тягового двигателя на две или три оси. Поэтому число осей электровозов (или секций электровоза), как правило, определяет количество тяговых двигателей в силовой схеме (четырёх-, шести- или восьмимоторные схемы). На электровозах переменного тока в нормальных режимах тяговые двигатели соединены параллельно.

Однако если на электровозах переменного тока установлены тяговые двигатели с рабочим напряжением на коллекторе, в 2 раза меньшим выпрямленного, можно применять попарное последовательное включение двух двигателей. В этом случае используют специальные устройства, повышающие противобоксовочную устойчивость схемы, например, электрические уравниватели, постоянно электрически соединяющие средние точки пар последовательно включенных двигателей.

По способу питания двигателей различают схемы силовых цепей: блочные (каждый двигатель получает питание от отдельного выпрямительного блока) и групповые (все двигатели или их группа имеют одну общую цепь питания).

Блочные схемы применены на электровозах серий Ф и К. В блочных схемах в случае выхода из строя одного из выпрямительных блоков можно отключить его и соответствующий двигатель. Электровоз при этом может продолжать работать на остальных двигателях

с той же скоростью движения, но с уменьшенной силой тяги. Такая схема дает определенную гибкость в работе и повышенную «живучесть» электровозов, но при условии, что электровоз имеет соответствующий резерв мощности по силе тяги.

Когда электровозы достаточно полно используют по силе тяги, более целесообразно применять групповую схему питания тяговых двигателей. При этом, как правило, имеют две выпрямительные установки на электровозе. Предусматривают возможность в случае выхода из строя одной выпрямительной установки питать все тяговые двигатели от второй, неповрежденной. При этом двигатели переключают в две последовательно включенные группы с половинным напряжением на коллекторе каждого из них. Общий суммарный ток, потребляемый одной выпрямительной установкой, сохраняется таким же, как и при нормальном режиме работы. Скорость движения будет соответственно меньше, однако ее можно увеличить, используя более высокие ступени регулирования и ослабления поля тяговых двигателей.

Групповая система питания тяговых двигателей более устойчива в противобоксовочном отношении и ее преимущественно применяют на отечественных электровозах переменного тока.

Ранее отечественные электровозы переменного тока выпускали без электрического торможения, так как системы такого торможения для электровозов переменного тока не были достаточно отработаны и, кроме того, требовалось устанавливать дополнительное оборудование, что вызывало определенные трудности с его размещением в кузове электровоза и обеспечением необходимых весовых показателей. За последние годы в этом направлении были достигнуты значительные успехи, позволившие осуществить электрическое торможение на электровозах переменного тока. Выпущена большая партия игнитронных электровозов ВЛ60<sup>р</sup> с рекуперативным торможением, которая успешно эксплуатируется на участках с тяжелым профилем. Серийно выпускаются электровозы ВЛ80<sup>т</sup> с реостатным торможением и независимым возбуждением двигателей в тормозном режиме. В ближайшее время намечено организовать промышленное производство электровозов ВЛ80<sup>р</sup> с рекуперативным торможением и использованием тиристорных преобразователей.

На электровозах двойного питания ВЛ82<sup>м</sup> применяется реостатное торможение с самовозбуждением генераторов без автоматического управления.

На электровозах переменного тока управление режимом как рекуперативного, так и реостатного торможения осуществляется специальными блоками автоматики. На электровозах с электрическим торможением в электрических цепях установлены дополнительные устройства, обеспечивающие реализацию тормозного режима, а также взаимосвязь его с пневматическим торможением.

Некоторые конструктивные особенности тяговых двигателей, вспомогательных машин и коммутирующей аппаратуры, а также условия их работы на электровозах переменного тока обуславливают соответствующие схемные решения.

Существенное влияние на построение схемы силовых цепей, а также цепей управления электровозов переменного тока оказывают особенности коммутирующих аппаратов, с помощью которых осуществляется регулирование напряжения тяговых двигателей, а также тип привода этих аппаратов.

Коммутирующие аппараты выполняются в виде групповых переключателей или в виде индивидуальных контакторов, иногда используется комбинация тех и других.

В случае применения групповых переключателей привод их может быть выполнен либо электропневматическим, либо электродвигательным.

На электровозах переменного тока преимущественно используют систему вспомогательных машин с трехфазными асинхронными короткозамкнутыми двигателями, которые питаются от синхронного расщепителя фаз. Последний двумя фазами включен во вспомогательную обмотку тягового трансформатора. Запуск расщепителя фаз производят, включая генераторную фазу через резистор на один из выводов вспомогательной обмотки. Такая система вспомогательных машин принята на всех отечественных электровозах переменного тока.

На электровозах серий ЧС4 и К применена система вспомогательных машин постоянного тока низкого напряжения (250 в); питание к вспомогательным машинам поступает от вспомогательной обмотки тягового трансформатора через специальный полупроводниковый выпрямительный блок. Исключение составляют моторы насосов масляного охлаждения (небольшой мощности), которые на указанных электровозах выполнены в виде однофазных асинхронных машин с конденсаторным пуском.

На электровозах ВЛ82<sup>м</sup> применены вспомогательные машины постоянного тока, за исключением мотор-насоса масляного охлаждения тягового трансформатора, рассчитанные на работу при питании от контактной сети 3000 в. При работе электровозов на участках переменного тока питание вспомогательных машин осуществляется от вторичной обмотки тягового трансформатора через полупроводниковый выпрямительный блок. Масляный насос тягового трансформатора приводится во вращение от асинхронного трехфазного двигателя с конденсаторным пуском.

На схемах электрических цепей обычно все контакторные элементы, а также блок-контакты аппаратов изображены в исходном положении, т. е. при нулевой позиции рукояток контроллера, группового переключателя ступеней, положении реверсора *Вперед*, выключенных кнопочных выключателях и выключателях управления.

Около графических обозначений аппаратов и блок-контактов на схемах указаны условные буквенные обозначения или соответствующий номер аппарата. Цифры над блок-контактами группового переключателя означают номера позиций, на которых они замкнуты.

Провода цепей управления, обозначенные буквой Э с цифрой (Э1, Э2 и т. д.) или знаком «→», идут в межэлектровозные или межсекционные соединения, а провода, обозначенные буквой Н с цифрой (Н1, Н2 и т. д.), соединяют аппараты и приборы только внутри

электровоза (или секции) и не выведены в межэлектровозные (или межсекционные) соединения. Номера проводов и аппаратов, поставленные на схемах в скобках, относятся к одноименным проводам и аппаратам на втором посту управления электровоза, например *H1 (H2)*, *223 (224)* и т. д. Аппараты с нечетными номерами соответствуют посту управления № 1, а с четными — посту управления № 2.

## **§ 72. Построение цепей высшего напряжения и силовых цепей**

**Цепи высшего напряжения** электровозов переменного тока различных серий имеют много общего. Все они содержат аппаратуру токосъема (токоприемники), разъединители токоприемников, высоковольтные разрядники, главные воздушные выключатели, первичные обмотки тяговых трансформаторов, трансформаторы тока счетчиков электрической энергии. Кроме того, как правило, в этих цепях предусмотрены катушки дросселей для подавления радиопомех.

Отличия цепей высшего напряжения электровозов различных серий обусловлены некоторой спецификой конструктивного исполнения этих электровозов.

Так, различие в схемах цепей высшего напряжения электровозов ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup> (ВЛ80<sup>г</sup>) определяется тем, что восьмиосные электровозы выполнены двухсекционными, каждая секция имеет свою цепь высшего напряжения с одним токоприемником, причем цепи двух секций соединены межсекционным высоковольтным кабелем и дополнительным разъединителем. Таким образом, цепи двух секций электровоза соединены параллельно и могут питаться от токоприемника каждой секции или от двух токоприемников одновременно. Дополнительный высоковольтный разъединитель, установленный на одной из секций, позволяет в случае необходимости отключить цепь высшего напряжения любой секции.

Электровозы ЧС4 выполнены с регулированием напряжения на первичной стороне тягового трансформатора. Это обусловило соответствующие особенности в схеме цепей высшего напряжения. В нее, кроме первичной, входит регулировочная обмотка трансформатора, а также высоковольтный переключатель спупеней с контакторным устройством и переходными резисторами. На электровозах ВЛ82<sup>м</sup> в цепях высшего напряжения имеются устройства, связанные с переключением рода тока.

**Силовые цепи** электровозов переменного тока обеспечивают: понижение высокоого напряжения переменного тока до необходимой величины; его регулирование от минимального до максимального значения (на электровозах с регулированием на стороне низкого напряжения); преобразование переменного тока в постоянный пульсирующий; сглаживание пульсирующего тока, а в случае необходимости регулирование поля возбуждения двигателей и изменение направления вращения их. Силовые цепи содержат соответствующее этим функциям силовое оборудование и коммутирующую аппара-

туру, а кроме того, аппаратуру для защиты силового оборудования от токов коротких замыканий, перегрузок, коммутационных перенапряжений, пробоя на землю и измерительные приборы, позволяющие контролировать ток и напряжение тяговых двигателей.

Силовые цепи, как правило, позволяют осуществить как нормальный, так и аварийный режим работы электровоза. Для этой цели предусматривают устройства, которые дают возможность в случае необходимости отключить поврежденное силовое оборудование (один или несколько тяговых двигателей, одну из выпрямительных установок, а на двухсекционных электровозах — силовые цепи одной из секций) и обеспечивают работу электровоза без отключенного оборудования с некоторым ограничением силы тяги или скорости. При этом возможно форсировать работу тяговых двигателей, применяя более высокие ступени регулирования напряжения и ослабления поля.

Силовые цепи содержат аппаратуру для питания тяговых двигателей от источника низкого напряжения при вводе электровоза в депо, а также устройства для подавления помех магистральной и поездной радиосвязи.

Схемы силовых цепей электровозов переменного тока ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>г</sup>, ЧС4 и электровоза двойного питания ВЛ82, хотя и выполняют одинаковые функции, отличаются исполнением ряда узлов.

Напряжение контактной сети до необходимой величины на всех указанных электровозах понижается тяговыми трансформаторами, установленными на этих электровозах. Вторичные обмотки трансформаторов на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>г</sup> секционированы, а на электровозах ЧС4 и ВЛ82<sup>м</sup> не секционированы. Регулирование напряжения на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> производится на вторичной обмотке тягового трансформатора с помощью группового переключателя ступеней ЭКГ-8 по совершенно одинаковым схемам, на электровозе ЧС4 — на первичной стороне тягового трансформатора с помощью высоковольтного переключателя ступеней, а на электровозе ВЛ82<sup>м</sup> — на стороне постоянного тока с помощью пусковых реостатов, группового переключателя ПКГ-169 и индивидуальных электропневматических контакторов.

Преобразование переменного тока в постоянный пульсирующий на всех указанных электровозах производится с помощью полупроводниковых выпрямительных установок по двухполупериодной мостовой схеме выпрямления.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> выпрямительные установки выполнены по одной принципиальной схеме. Здесь выпрямительные мосты имеют два разомкнутых плеча, что позволяет с помощью одного группового переключателя ступеней получить большое количество ступеней регулирования напряжения при одинаковом среднем напряжении на зажимах двигателей на всех позициях. На электровозах ЧС4 и ВЛ82 выпрямительные установки собраны по схеме моста.

Сглаживание пульсации выпрямленного тока на всех электровозах производится сглаживающими реакторами, включенными

последовательно с тяговыми двигателями. Катушка сглаживающего реактора может быть включена последовательно с группой двух (на ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup>) или трех (на ВЛ60<sup>к</sup>) параллельно соединенных двигателей. На электровозах ЧС4 в цепь каждого тягового двигателя последовательно включена катушка сглаживающего реактора, а на электровозах ВЛ82<sup>м</sup> один реактор в цепь двух последовательно включенных двигателей.

Таким образом, на электровозах ЧС4 и ВЛ82<sup>м</sup> при отключенных двигателях сглаживание пульсации тока остается таким же, как и в нормальном режиме. На электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup> при отключении одного или двух двигателей сглаживание пульсации тока будет несколько хуже, чем в нормальном режиме.

Схемы регулирования поля возбуждения тяговых двигателей на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup>, ЧС4 и ВЛ82<sup>м</sup> имеют некоторые особенности.

На электровозах ЧС4 в цепи ослабления поля возбуждения двигателей не установлены индуктивные шунты; на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup> и ВЛ82<sup>м</sup> индуктивные шунты, установленные в цепи ослабления поля, защищают тяговые двигатели при переходных процессах в режиме ослабленного поля, так как исключают возможность резких бросков тока в цепи якоря.

С целью уменьшения пульсаций магнитного потока главных полюсов тяговых двигателей предусматривают в цепи каждого двигателя резисторы, шунтирующие обмотки возбуждения, — так называемые постоянные шунты. Их выбирают обычно исходя из того, что через эти шунты должно ответвляться 2—5% постоянной составляющей тока тягового двигателя. Ввиду того что катушки главных полюсов имеют значительное индуктивное сопротивление, практически вся переменная составляющая тока или ее значительная часть будет протекать, минуя катушки главных полюсов, через постоянный шунт.

Характерной особенностью схемы силовых цепей электровозов переменного тока с полупроводниковыми выпрямителями является наличие в цепи якоря каждого тягового двигателя линейного контактора. Это обусловлено тем, что после отключения выпрямительной установки от питающего напряжения сохраняется контур для достаточно длительного протекания тока тягового двигателя под действием запасенной в нем электромагнитной энергии по цепи: якорь двигателя, резисторы, шунтирующие обмотки главных полюсов, вентили плеч выпрямительных мостов, для которых направление тока двигателя является проводящим, якорь двигателя. Поэтому для быстрого отключения тягового двигателя, с тем чтобы исключить возможность образования указанной цепи, последовательно с якорем каждого тягового двигателя устанавливают линейный контактор.

Изменение направления вращения тяговых двигателей на всех электровозах осуществляют с помощью реверсивного переключателя обмоток возбуждения.

Весьма малая перегрузочная способность полупроводниковых вентилях по току и высокая чувствительность их к перенапряжениям

обуславливают необходимость применения в силовых цепях достаточно быстродействующих защитных устройств, ограничивающих величину и время действия аварийных токов и перенапряжений до минимальных значений.

### § 73. Цепи управления

На всех электровозах, эксплуатируемых на железных дорогах Советского Союза, принята однопроводная система цепей управления постоянного тока напряжением 50 в, за исключением электровозов серии Ф, где напряжение цепей управления 75 в.

В качестве источников питания цепей управления применяют специальные генераторы управления (электровозы серий ВЛ60, ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ82<sup>м</sup>) либо статические преобразователи переменного тока в постоянный (электровозы серий ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup>, ЧС4). При неработающих генераторах управления в случае выхода их из строя, а также в процессе подготовки электровоза к работе питание цепей управления производится от аккумуляторной батареи.

Аккумуляторные батареи нормально работают в режиме постоянного подзаряда от генератора управления или от статического преобразователя. Поскольку цепи управления выполнены однопроводными, обратным проводом от потребителей электроэнергии к источникам питания служит металлическая конструкция кузова электровоза. Поэтому обратные провода всех цепей управления и потребителей постоянного тока 50 в, так же как и клеммы «—» источников питания, соединены с «землей» (кузовом электровоза). Напряжение цепи управления 50 в поддерживается постоянным (допустимы отклонения  $\pm 1,5$  в) с помощью регулятора напряжения.

Для управления совместной работой источников питания (генератора или статического преобразователя и аккумуляторной батареи) на электровозах предусматривают специальный распределительный щит, на котором расположены аппараты управления источниками питания (регулятор напряжения, реле обратного тока (или разделительный диод) рубильники, предохранители, измерительные приборы).

Существуют различные схемы питания цепей управления в зависимости от того, какое исполнение источника питания использовано на электровозе.

На всех электровозах применено дистанционное управление аппаратами силовой цепи тяговых двигателей с помощью контроллера машиниста. Управление же аппаратами высоковольтной цепи и вспомогательных цепей электровоза, как правило, производится с помощью рычажных кнопочных выключателей, расположенных в кабинах машиниста, а также в машинных помещениях.

Схема управления силовой цепью обеспечивает выполнение различных режимов ведения поезда (пуск, разгон, регулирование скорости движения, электрическое торможение). Обычно схему управления строят так, что обеспечивается необходимая гибкость в регулировании скорости движения электровоза: быстрый сбор це-

пей и разбор их, движение электровоза под током, без тока на выбеге, в тормозном режиме.

Пуск и регулирование скорости на электровозах переменного тока можно осуществлять вручную. Предусмотрено и автоматическое выполнение этих операций — набор или сброс позиций производится автоматически каким-либо аппаратом без непосредственного участия в этом машиниста.

В процессе пуска и разгона электровоза до необходимой скорости ток в тяговых двигателях не должен превосходить величину, допустимую по условиям сцепления. Поэтому при ручном пуске, переходя с одной позиции на другую, машинист должен следить за показаниями приборов. Если пуск осуществляется автоматически, то либо ток в цепи тяговых двигателей контролируется специальным токовым реле ускорения, либо производится хронометрический пуск. В последнем случае машинист должен следить за показаниями амперметров в цепи двигателей, а в случае необходимости прекратить автоматический набор позиций и зафиксировать желаемую позицию.

В силу этого на электровозах переменного тока контроллеры машиниста, которые являются основными командными аппаратами управления, имеют ряд позиций — фиксированных положений главной рукоятки. Все позиции контроллера машиниста делят на позиции набора и позиции сброса. Позиции набора: *ФП* — фиксация пуска; *РП* — ручной пуск; *АП* — автоматический пуск. Позиции сброса: *ФВ* — фиксация выключения; *РВ* — ручное выключение; *АВ* — автоматическое выключение; *0* — нулевая позиция; *БВ* — быстрое выключение. Назначение позиции *БВ* заключается в том, чтобы в случае необходимости быстро обесточить высоковольтную цепь, а следовательно, цепи тяговых двигателей и вспомогательные цепи.

Необходимо, чтобы всегда строго и четко выполнялись те команды, которые подают основным командным аппаратом управления — контроллером машиниста. Так, при постановке рукоятки контроллера в положение *Ручной пуск* или *Ручное выключение* должен происходить набор или сброс только на одну позицию не должно быть произвольного «проскакивания» позиций. Необходимо также, чтобы схема разбиралась, если рукоятка установлена на позицию *0*.

При постановке рукоятки на позиции набора не должно происходить сброса позиций регулирования, и наоборот. Когда в цепях управления имеются неисправности, во всех случаях не должно происходить произвольного набора позиций регулирования.

Направление движения электровоза должно соответствовать положению реверсивной рукоятки контроллера. Необходимо, чтобы соблюдался правильный режим работы преобразовательного агрегата (функционирование системы охлаждения тягового трансформатора и выпрямительной установки), были исключены резкие броски тока при пуске, обеспечен сбор схемы только на нулевой позиции переключателя ступеней трансформатора, исключена возможность работы под током аппаратов без дугогасительных устройств.

Все эти основные требования являются общими для электровозов переменного тока любого исполнения. Для выполнения этих требо-

ваний обычно применяют специальные реле и системы электрических блокировок, обеспечивающие требуемые взаимозависимости в работе электрических аппаратов управления силовой цепью электровоза.

Схемы управления силовой цепью электровозов переменного тока выполняют следующие функции: реверсирование обмоток возбуждения двигателей; приведение в действие выпрямительной установки; создание замкнутой цепи двигателей—включение линейных контакторов, если они предусмотрены (электровозы серий ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup>), приведение в действие группового переключателя ступеней и управление им; синхронизация групповых переключателей ступеней двух секций одного электровоза или двух электровозов, работающих по системе многих единиц; ослабление поля тяговых двигателей.

Рассмотрим применительно к электровозу ВЛ60<sup>к</sup> те общие приемы, которые использованы в схемах управления с целью обеспечения выполнения указанных выше функций.

Реверсирование обмоток возбуждения тяговых двигателей осуществляют реверсивными переключателями, цепь катушек вентилях которых замыкают контакторные элементы реверсивного вала контроллера (рис. 253). При постановке реверсивной рукоятки в положение *Вперед* и главной рукоятки в одно из рабочих положений под напряжением оказываются провод Э2 и катушки 63вп и 64вп. При этом реверсивные переключатели 63 и 64 становятся в положение *Вперед*, а если они ранее находились в этом положении, то фиксируются в нем. При постановке реверсивной рукоятки в положение *Назад* реверсивные переключатели становятся в положение *Назад*, переключая обмотки возбуждения тяговых двигателей.

Когда реверсивные переключатели займут положение, соответствующее положению реверсивной рукоятки контроллера машиниста, оказываются замкнутыми блок-контакты реверсивных переключателей 63вп и 64вп (или 63 наз и 64 наз) в цепи проводов Э2 и Н5 (или Э3 и Н5). Последние подводят напряжение к катушкам линейных контакторов на электровозах с полупроводниковыми выпрямителями (ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup>).

Катушки линейных контакторов 41—46 получают питание по цепи: Э2 (или Э3), блок-контакты реверсивных переключателей 63вп, 64вп (или 63 наз, 64 наз), провод Н5, блок-контакты контак-

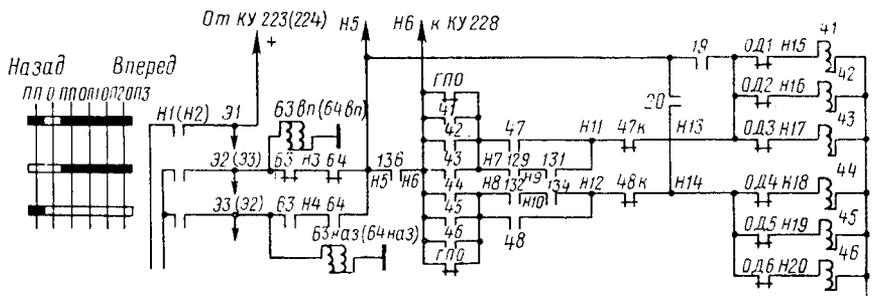


Рис. 253. Схема цепи управления реверсивными переключателями и линейными контакторами электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

тора 136 масляного мотор-насоса, блок-контакты ГПО и далее по двум параллельным цепям. Первая цепь: блок-контакты контакторов 129, 131 мотор-вентиляторов охлаждения выпрямительной установки, блок-контакты переключателя выпрямительной установки 47 к, блок-контакты отключателей тяговых двигателей ОД1—ОД3, катушки линейных контакторов 41—43, корпус электровоза. Вторая цепь: блок-контакты контакторов 132, 134, блок-контакты переключателя 48к, блок-контакты отключателей ОД4—ОД6, катушки линейных контакторов 44—46, корпус электровоза.

Таким образом, линейные контакторы могут включиться и, следовательно, силовая схема может быть собрана лишь в том случае, если реверсивные переключатели займут положение, соответствующее положению реверсивной рукоятки контроллера (это исключит вероятность разрыва цепи под током контакторными элементами реверсивного переключателя, которые не имеет дугогасительных устройств); групповой переключатель ступеней находится на нулевой позиции; включены контакторы мотор-насоса масляного охлаждения трансформатора и мотор-вентиляторов охлаждения выпрямительной установки.

При повороте группового переключателя ступеней с нулевой позиции на первую и последующие блок-контакты его ГПО разомкнутся и в дальнейшем питание катушек линейных контакторов будет производиться через замыкающие блок-контакты линейных контакторов 41—43, 44—46. Таким образом обеспечивается работа выпрямительной установки, а следовательно, и силовых цепей в целом только при действующих системах охлаждения.

Групповой переключатель ступеней приводится в действие серводвигателем постоянного тока с параллельной обмоткой возбуждения, который получает питание от цепи управления 50 в. Для управления серводвигателем (СМ) предназначены контакторы 208 и 206.

Рассмотрим схему включения серводвигателя (рис. 254) и управления им применительно к электровозу серии ВЛ60<sup>к</sup>. Питание цепи серводвигателя производится от распределительного щита 210 по проводу Н49 через дополнительный резистор  $r33$ . Контактор 208 имеет две пары контактов. Одна пара (замыкающие) при возбуждении включающей катушки 208 включает питание серводвигателя, другая пара контактов (размыкающие) замыкает накоротко якорь серводвигателя, когда включающая катушка не возбуждена и контактор выключен. Это обеспечивает электродинамическое торможение якоря серводвигателя и быструю его остановку, что осуществляет фиксацию группового переключателя ступеней на позициях.

Таким образом, чтобы привести в действие групповой переключатель ступеней, нужно включить контактор 208, а чтобы на данной позиции остановить переключатель, выключить этот контактор.

Контактор 206 реверсирует якорь серводвигателя и соответственно меняет направление вращения группового переключателя ступеней. Когда катушка контактора 206 возбуждена, его замыкающие контакты замкнуты и ток в обмотке якоря будет направлен от клеммы Я2 к клемме Я1. Когда катушка контактора 206 обесточена, замыкаются его размыкающие контакты, направление тока в обмотке

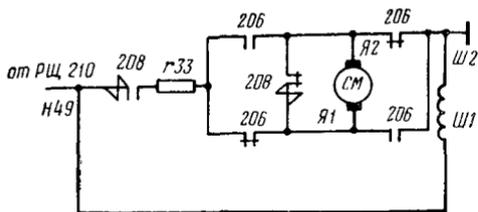


Рис. 254. Схема включения серводвигателя группового переключателя

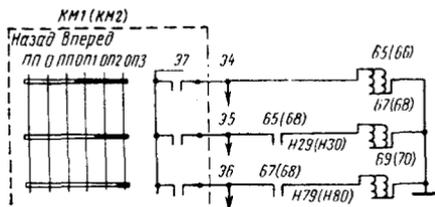


Рис. 255. Схема цепи питания контактов ослабления поля

якоря меняется. Обмотка возбуждения Ш1—Ш2 серводвигателя получает постоянное питание по проводу Н49.

При наборе позиций контактор 206 должен быть включен, при сбросе позиции его нужно выключить (для перехода с высоких на более низкие ступени регулирования). Этим условиям соответствует схема включения и питания включающих катушек контакторов 208, 206 (см. рис. 307). Включающая катушка контактора 208 получает питание от контроллера машиниста по проводам Э10 и Э11.

Для того чтобы обеспечить ручной пуск или ручное выключение, т. е. поворот группового переключателя ступеней только на одну позицию, схема выполнена так, что каждый раз, когда машинист ставит рукоятку контроллера в положение РП или РВ, теряет питание реле набора 265 или реле сброса 266.

Эти реле своими контактами рвут цепь питания катушки контактора 208 от проводов Э10 и Э11, как только групповой переключатель ступеней поворачивается на одну позицию (если рукоятка контроллера поставлена в положение РП или РВ). Чтобы повернуть групповой переключатель ступеней еще на одну позицию, нужно рукоятку контроллера машиниста поставить в положение фиксации пуска ФП или выключения ФВ. При этом возбуждается катушка реле 265 или 266. Затем следует перевести рукоятку в положение РП или РВ.

В режиме автоматического пуска или автоматического выключения включающая катушка контактора 208 непрерывно получает питание, контактор все время включен, серводвигатель вращает групповой переключатель ступеней: он непрерывно набирает или сбрасывает позиции в зависимости от того, находится рукоятка контроллера в положении АП или АВ. Переход с позиции на позицию определяется временем вращения группового переключателя ступеней (так называемый хронометрический пуск).

Цепи питания включающих катушек контакторов ослабления поля тяговых двигателей замыкают контакторные элементы реверсивного вала контроллера машиниста (рис. 255). На позиции ОП1 получает питание катушка контактора 65 (66), на позиции ОП2 — катушки контакторов 65, 67 (66, 68) и на позиции ОП3 — катушки контакторов 65, 67, 69 (66, 68, 70).

Мы рассмотрели работу некоторых узлов цепей управления применительно к электровозу ВЛ60\*, основные положения остаются в силе и для электровозов других серий.

## § 74. Цепи освещения и сигнализации

Цепи освещения и сигнализации электровоза питаются, как и цепи управления, от источников постоянного тока напряжением 50 в.

Цепи освещения содержат светильники, установленные в машинных и аппаратных помещениях, в кабинах машиниста и коридорах электровоза, а также лампы освещения измерительных приборов пульта управления, прожекторы, обеспечивающие необходимую видимость пути и контактной сети. Кроме постоянных ламп, в цепях освещения имеются розетки для переносных ламп.

Включение освещения производится кнопками кнопочных выключателей и пакетными выключателями.

Как правило, на всех электровозах предусмотрено яркое и тусклое освещение кабин машиниста, а также яркий и тусклый свет прожектора. Для создания тусклого света в цепь ламп с помощью соответствующих кнопок вводится дополнительный резистор, понижающий напряжение на лампах.

В зависимости от конструктивного исполнения кузова и расположения оборудования в нем на различных электровозах цепи освещения содержат разное количество ламп и выполнены по-разному. Цепи освещения защищены плавкими предохранителями.

Предусмотренная на электровозах сигнализация обеспечивает необходимую информацию машиниста об исправном действии всего основного оборудования и правильных режимах работы схемы электровоза. В случае срабатывания какого-либо из устройств защиты, а также отключения какой-либо из вспомогательных машин, что может создать аварийный режим, на пульт управления подается соответствующий сигнал. На электровозах применяется, как правило, световая, а в некоторых случаях и звуковая сигнализация.

В нормальных режимах работы электровоза и при исправном действии оборудования загораются зеленые лампы, в случае же возникновения неисправности или срабатывания защиты загораются соответствующие красные лампы или подается звуковой сигнал.

Сигнальные лампы расположены на пульте управления и делятся на две группы — лампы одной группы сигнализируют о работе оборудования первого по ходу движения электровоза (при работе по системе многих единиц) или секции электровоза (ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ82), лампы второй группы сигнализируют о работе оборудования второго по ходу движения электровоза или секции.

Цепи сигнализации на разных электровозах выполнены различно в зависимости от их оборудования, однако принципы построения этих цепей одинаковы. Цепи сигнализации содержат блок-контакты контакторов, реле или других защитных аппаратов, замыкающие цепь той или иной сигнальной лампы.

Как правило, цепи постоянно горящих ламп (зеленых) содержат дополнительный регулируемый резистор, что позволяет изменять яркость горения этих ламп по желанию машиниста. В цепях сигнализации предусмотрены также буферные сигнальные лампы.

ЦЕПИ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ  
И СИЛОВЫЕ ЦЕПИ

## § 75. Цепи высшего напряжения

Рассмотрим схему цепей высшего напряжения электровоза ВЛ60<sup>к</sup> (рис. 256). Первичная обмотка  $A-X$  тягового трансформатора  $Z$  соединяется с токоприемником  $1$  или  $2$  с помощью главного выключателя  $4$ , а с землей (корпусом электровоза) — через трансформатор тока  $Z3$ . Главные контакты выключателя  $4$  соединены с цепью токоприемников, а разъединитель главного выключателя через трансформатор тока  $TT$  с выводом  $A$  первичной обмотки тягового трансформатора. В проходной изолятор главного выключателя встроен трансформатор тока, от которого питается катушка реле максимального тока  $PMT$ . Катушка отключающего электромагнита ( $C16-C30$ ) получает питание от обмотки собственных нужд  $380$  в через блок-контакты  $21$  и  $22$  (см. рис. 276) быстродействующего реле дифференциальной защиты выпрямительной установки. Таким образом, автоматическое отключение главного выключателя происходит либо в случае превышения уставки током, протекающим через трансформатор  $TT$  (ток воздействует на реле  $PMT$ ), либо при срабатывании реле  $21$  или  $22$ , воздействующих на отключающий электромагнит.

Главный выключатель ВОВ-25-4, установленный на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, а также на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>, имеет заземляющий контакт, с которым соединен ножевой разъединитель в выключенном положении. Поэтому при выключенном  $ГВ$  цепь высшего напряжения, в том числе и первичная обмотка тягового трансформатора, оказывается заземленной. Это обеспечивает безопасность для обслуживающего персонала при работе в высоковольтной камере электровоза, находящегося под контактными проводами.

Непосредственно за каждым токоприемником (см. рис. 256) включен помехоподавляющий дроссель  $ДП1$  ( $ДП2$ ), защищающий устройства связи от радиопомех, создаваемых при коммутации тягового тока. Любой из токоприемников может быть отключен высоковольтным разъединителем  $PВ1$  или  $PВ2$ . Высоковольтный вилитовый разрядник  $5$  типа  $PВЭ-25$  включен между разъединителями токоприемника и корпусом электровоза.

При включенном  $ГВ$  и поднятом токоприемнике по первичной обмотке тягового трансформатора протекает ток, величина которого обусловлена нагрузкой силовой и вспомогательной цепей. Когда цепи тяговых двигателей и вспомогательные цепи разомкнуты, по



ный трансформатор тока 008, регулировочная обмотка 015<sub>1</sub>, проходной измерительный трансформатор тока 009, устройство для отвода тока (заземлитель) 088. Высоковольтный вилитовый разрядник 007, защищающий цепи электровоза от атмосферных перенапряжений, включен так же, как на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup>, между разъединителем токоприемников (пантографов) и главным выключателем.

Дополнительная цепь между проходным изолятором 004 и одной из средних точек регулировочной обмотки тягового трансформатора через проходной измерительный трансформатор тока 010 предназначена для работы электровоза при напряжении в контактной сети 12 кв. В нормальных условиях цепь отключена и питание регулировочной обмотки производится через проходной измерительный трансформатор

тока 008. Если же электровоз должен работать при номинальном напряжении в контактной сети не 25 кв, а 12 кв, то исключается из работы цепь питания через проходной измерительный трансформатор тока 008 и вводится цепь питания регулировочной обмотки через проходной измерительный трансформатор тока 010. Для этого соответственно переключают шины, соединяющие проходной изолятор 004 с проходными измерительными трансформаторами тока 008 или 010.

Измерительные трансформаторы тока 008 и 010 предназначены для питания токовых реле, защищающих от перегрузки регулировочную обмотку тягового трансформатора, а трансформатор тока 009 — для питания токовой катушки счетчика электроэнергии.

Резистор SD1 является защитным, а резисторы, включенные параллельно контакторам переключателя ступеней, — переходными: в процессе перехода с одной ступени регулирования на другую они исключают возможность короткого замыкания секций обмотки трансформатора.

Регулировочная обмотка имеет 32 вывода для регулирования напряжения.

В цепи высшего напряжения электровоза ВЛ82<sup>м</sup> (рис. 259) предусмотрены, кроме обычно применяемого высоковольтного оборудования, переключатель рода тока и аппаратура для питания устройства контроля рода тока.

Переключатель рода тока 7 включен между разъединителем токоприемника 2 и главным выключателем 4. Он имеет три положения: 1-е — разъединитель соединен с главным выключателем, что соот-

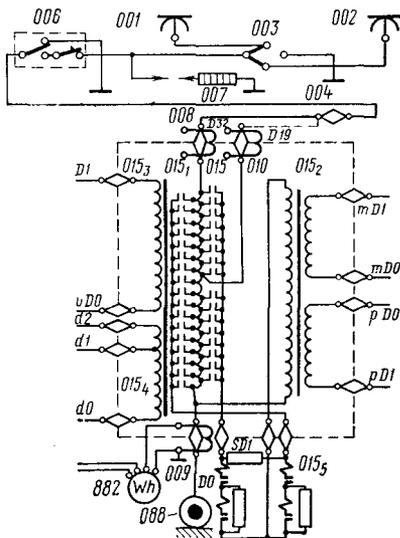


Рис. 258. Схема цепи высшего напряжения электровоза ЧС4

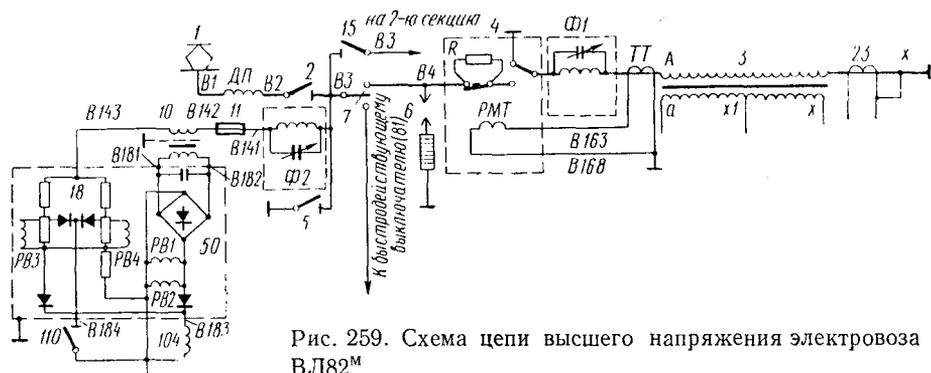


Рис. 259. Схема цепи высшего напряжения электровоза ВЛ82<sup>М</sup>

ветствует режиму работы электровоза на переменном токе 25 кв; 2-е — разъединитель соединен с быстродействующим выключателем, что соответствует режиму работы на постоянном токе 3 кв; 3-е промежуточное — разъединитель не соединен ни с главным выключателем, ни с быстродействующим выключателем, что соответствует отсутствию напряжения в контактной сети (на нейтральной вставке) или возможно при опущенных токоприемниках.

Одно из рабочих положений переключатель рода тока занимает в зависимости от напряжения контактной сети под воздействием устройства контроля рода тока. Это устройство получает питание на участках переменного тока через трансформатор 10, а на участках постоянного тока — через дополнительные резисторы, включенные последовательно с первичной обмоткой трансформатора 10. Цепь трансформатора 10 защищена высоковольтным предохранителем 11 (типа ВПК-35/3). Высоковольтный вилитовый разрядник 6 включен между переключателем рода тока и главным выключателем.

В режиме постоянного тока высоковольтный разрядник, главный выключатель и первичная обмотка тягового трансформатора отключены от цепи. В режиме переменного тока первичная обмотка тягового трансформатора получает питание по цепи: токоприемник 1, помехоподавляющий дроссель ДП, разъединитель токоприемника 2, переключатель рода тока 7, главный выключатель 4, фильтр Ф1 защиты от помех поездной радиосвязи, первичная обмотка тягового трансформатора, трансформатор тока 23, земля. В нерабочем состоянии электровоза заземление первичной обмотки тягового трансформатора, как и на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup>, обеспечивается при включенном разъединителе главного выключателя.

Поскольку электровоз рассчитан также для работы от контактной сети постоянного тока, в схеме предусмотрен специальный высоковольтный заземлитель 5.

В цепи первичной обмотки тягового трансформатора на электровозах ВЛ82<sup>М</sup> со стороны земли предусмотрен трансформатор тока для питания токовой обмотки счетчика, учитывающего расход энергии на участках переменного тока.

## § 76. Силовые цепи электровоза ВЛ60<sup>к</sup> при нормальных режимах

Основными элементами силовой цепи электровоза ВЛ60<sup>к</sup> являются шесть тяговых двигателей, которые разделены на две группы по три параллельно включенных двигателя в каждой.

На электровозе имеются две полупроводниковые выпрямительные установки, каждая из которых представляет собой выпрямительный мост, питающий группу из трех тяговых двигателей. Выпрямительный мост состоит из двух одинаковых полупроводниковых блоков, а блок в свою очередь включает в себя два плеча выпрямительного моста.

Вторичная обмотка тягового трансформатора (рис. 260) выполнена в виде двух отдельных обмоток  $a1-01$  и  $a2-02$ , каждая из которых разбита на две части — несекционированную ( $a1-x1$  и  $a2-x2$ ) и секционированную ( $1-01$  и  $5-02$ ). Два плеча каждого из выпрямительных мостов выполнены разомкнутыми.

Выпрямительный мост  $61$  со стороны разомкнутых плеч соединен с выводом  $a1$  полуобмотки  $a1-01$ , а со стороны разомкнутых плеч одно плечо соединено с выводом  $a2$  полуобмотки  $02-a2$ , а второе — с одним из выводов обмотки  $1-01$  (через переходный реактор). Аналогично подключен выпрямительный мост  $62$ : со стороны разомкнутых плеч — к одному из выводов обмотки  $02-5$  (через переходный реактор), со стороны разомкнутых плеч одно плечо — к выводу  $a2$  обмотки  $02-a2$ , а второе — к одному из выводов обмотки  $1-01$  (через переходный реактор).

Каждая группа из трех параллельно включенных тяговых двигателей соединена с соответствующим выпрямительным мостом между плечами  $B9-B1$  с одной стороны и плечами  $B18-B10$  с другой стороны. В один из полупериодов, когда ток в обмотке  $a1-x1$  направлен от вывода  $x1$  к выводу  $a1$ , а в обмотке  $a2-x2$  от вывода  $a2$  к выводу  $x2$ , тяговые двигатели получают питание по следующей цепи (рис. 261, а): вывод трансформатора  $a1$ , плечо  $B9-B1$  выпрямительного моста  $61$ , сглаживающий реактор  $55$ , двигатели  $I-III$ , плечо  $B18-B10$ , вывод трансформатора  $a2$ , обмотка трансформатора  $a2-02$ , плечо  $B9-B1$  выпрямительного моста  $62$ , сглаживающий реактор  $56$ , двигатели  $IV-VI$ , плечо  $B18-B10$ , обмотка трансформатора  $01-a1$ . Таким образом, в указанный полупериод соединены последовательно: обмотка трансформатора  $01-a1$ , тяговые двигатели  $I-III$ , обмотка  $a2-02$ , тяговые двигатели  $IV-VI$ .

Нетрудно убедиться в том, что в следующий полупериод, когда ток в обмотке трансформатора  $a1-x1$  направлен от  $a1$  к  $x1$ , а в обмотке  $a2-x2$  — от  $x2$  к  $a2$  (рис. 261, б), тяговые двигатели  $I-III$  получают питание через выпрямительный мост  $61$  от обмотки трансформатора  $a1-01$ , а тяговые двигатели  $IV-VI$  — через выпрямительный мост  $62$  от обмотки  $02-a2$ .

При такой схеме питания тяговых двигателей изменение напряжения на одной из вторичных обмоток трансформатора вызывает соответствующее изменение выпрямленного напряжения на зажимах

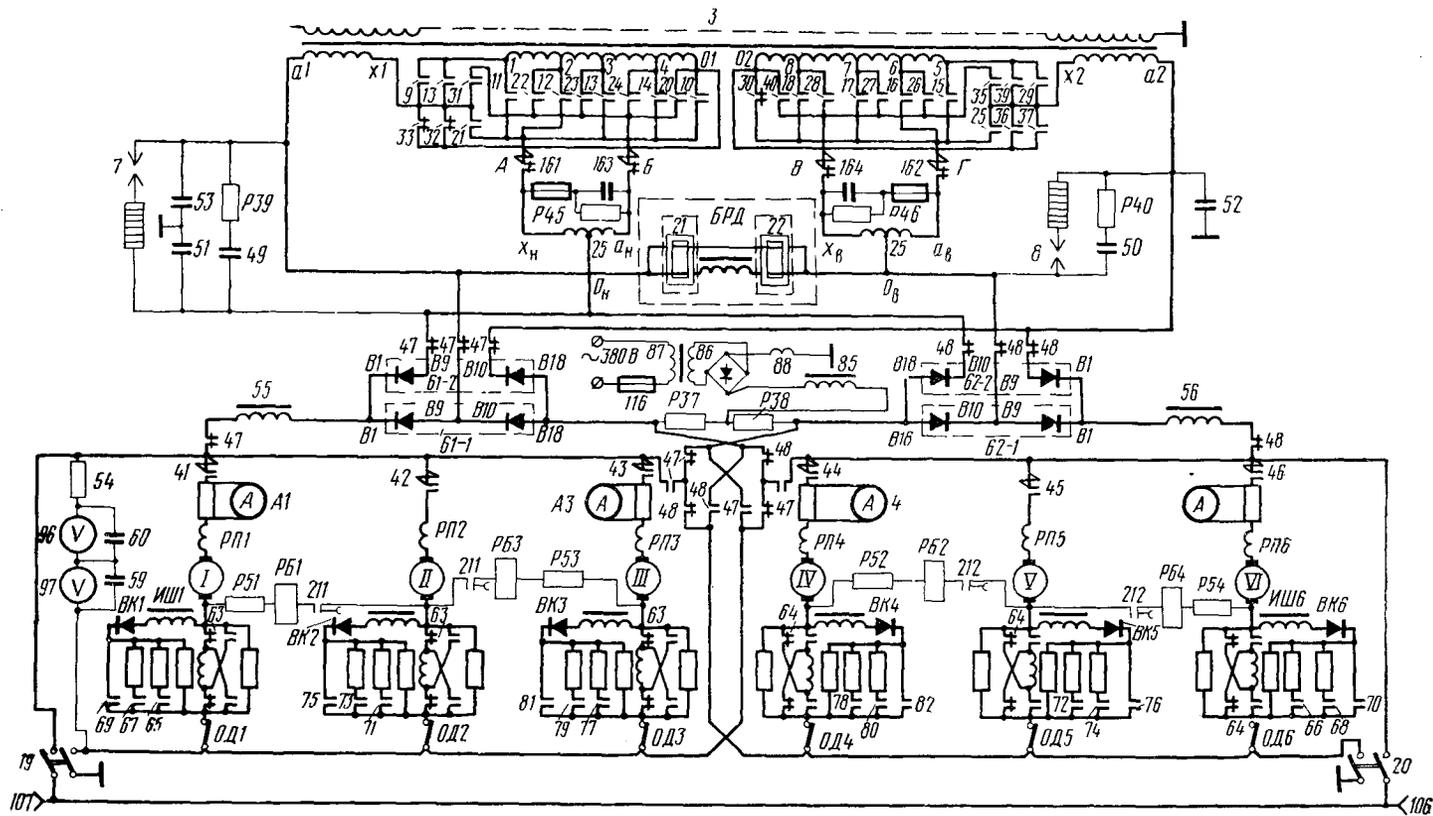


Рис. 260. Схема силовой цепи электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

обоих мостов; следовательно, в процессе регулирования напряжения его среднее значение на двигателях будет одинаковым на всех позициях регулирования.

На упрощенных силовых схемах (см. рис. 261) стрелками показано прохождение тока по цепи в различные полупериоды в зависимости от изменения направления э. д. с. во вторичной обмотке трансформатора.

Пуск и регулирование скорости электровоза обеспечивают ступенчатым изменением напряжения, подводимого к выпрямительным установкам и к тяговым двигателям. С целью получения большего количества ступеней регулирования использовано встречно-согласное переключение несекционированной и секционированной частей вторичной обмотки тягового трансформатора (рис. 262).

Встречное включение несекционированной части обмотки  $a1-x1$  с секционированной  $1-01$  в одной фазе и соответственно обмоток  $a2-x2$  и  $5-02$  в другой позволяет получить наименьшую величину выпрямленного напряжения на зажимах тяговых двигателей (рис. 262, а). Напряжение каждой фазы вторичной обмотки трансформатора будет определяться разностью напряжений встречно включенных обмоток, так как э. д. с. в этих обмотках имеют разные направления. Из напряжения на зажимах обмотки  $a1-x1$  (1 052 в) будет вычитаться напряжение на зажимах обмотки  $1-01$  (1 008 в) и соответственно в другой фазе вторичной обмотки из напряжения на зажимах обмотки  $a2-x2$  будет вычитаться напряжение на зажимах обмотки  $5-02$ .

Таким образом, при встречном включении обмоток наименьшее значение выпрямленного напряжения будет составлять 44 в. Так как напряжение на несекционированной части обмотки всегда выше, чем на секционированной, направление тока будет определяться направлением э. д. с. в несекционированной части обмотки. Это обеспечивает прохождение тока в проводящем для полупроводниковых выпрямителей направлении в каждый полупериод с 1-й позиции.

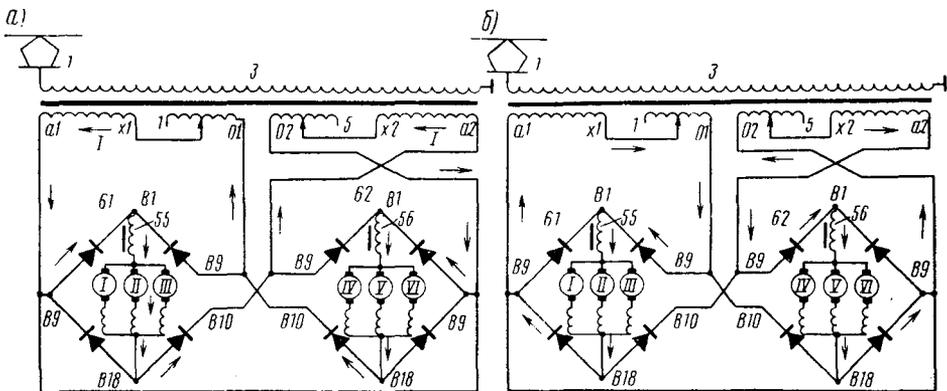


Рис. 261. Прохождение тока в силовой цепи электровоза ВЛ60<sup>к</sup> в первый (а) и во второй (б) полупериоды

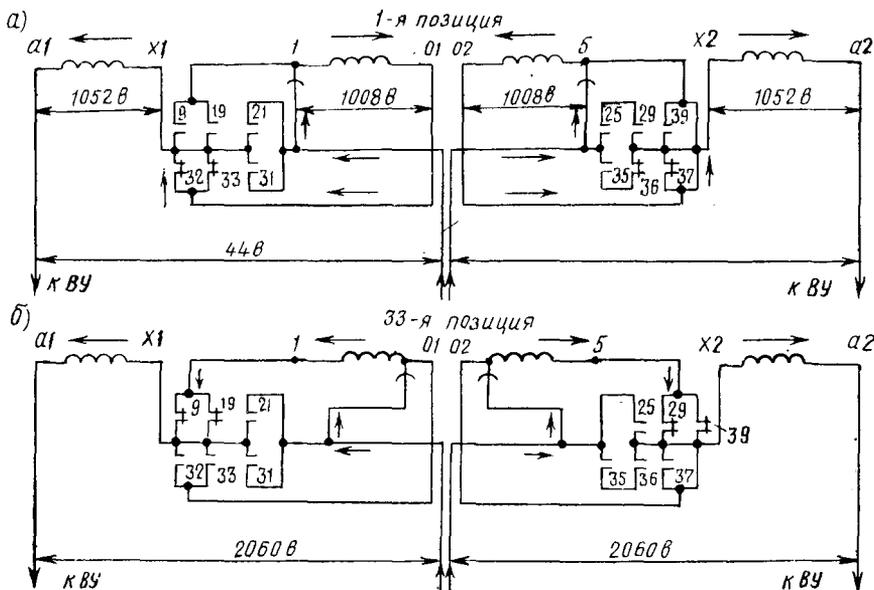


Рис. 262. Встречно-согласное соединение обмоток тягового трансформатора

Секционированные обмотки  $1-01$  и  $5-02$  в каждом плече вторичной обмотки трансформатора разделены на четыре одинаковые секции. Последовательно отключая секции обмоток при встречном включении, можно увеличивать разность напряжений каждой части вторичной обмотки трансформатора, а следовательно, напряжение на двигателях.

После полного выключения обмоток  $1-01$  и  $5-02$ , что происходит на 17-й позиции, напряжение на двигателях определяется напряжением несекционированных обмоток. Дальнейшее повышение его осуществляется включением в обратном порядке ранее выключенных секций обмоток при положении, соответствующем согласному включению обмоток  $a1-x1$  и  $1-01$ ;  $a2-x2$  и  $5-02$ .

На 33-й позиции (см. рис. 262, б), когда секционированные части обмоток снова полностью введены в цепь, но э. д. с. в обмотках  $a1-x1$  и  $1-01$ ,  $a2-x2$  и  $5-02$  направлены одинаково, выпрямленное напряжение будет равно сумме напряжений на секционированной и несекционированной частях вторичной обмотки трансформатора ( $1052 + 1008 = 2060$  в).

Выпрямленное напряжение на зажимах тяговых двигателей зависит не только от позиции переключателя и напряжения в контактной сети, но также от величины тока двигателей, который обуславливает падение напряжения в обмотках трансформатора и выпрямительной установке. При номинальном напряжении в контактной сети для различных позиций группового переключателя в зависимости от нагрузки оно обычно определяется внешними характеристиками преобразовательного агрегата электровоза (рис. 263).

Как следует из внешних характеристик, выпрямленное напряжение  $U_B$  на зажимах тяговых двигателей электровоза ВЛ60<sup>к</sup> может изменяться в результате изменения нагрузки примерно на 200 в на одной и той же позиции. Это нужно иметь в виду, если электровоз работает на последних позициях, особенно при повышенном напряжении в контактной сети.

Встречно-согласное соединение несекционированной и секционированной частей вторичной обмотки тягового трансформатора, а также переключение секций в секционированных частях обмоток 1—01 и 5—02 осуществляется групповым переключателем ступеней ЭКГ-8.

Рассмотрим подробно процесс коммутации цепей групповым переключателем ступеней при переходе с одной позиции на другую.

В исходном положении схемы групповой переключатель ступеней трансформатора находится на нулевой позиции, при этом включены контакторные элементы 30, 32, 33 и А, Б, В, Г, однако замкнутой цепи для прохождения тока тяговых двигателей нет (рис. 264, а).

При переходе с нулевой позиции на 1-ю групповой переключатель проходит промежуточную позицию П1 (см. рис. 264, б). В интервале между этими позициями сначала размыкается контакторный элемент А, затем замыкается элемент 11, далее снова замыкается контакторный элемент А и размыкается элемент 30. В интервале между первой промежуточной и 1-й позициями сначала размыкается контакторный элемент Г, затем замыкаются контакторные элементы 15, 36 и 37, после чего вновь замыкается элемент Г (рис. 264, в).

Таким образом на 1-й позиции группового переключателя ступеней к тяговым двигателям подводится наименьшее напряжение, соответствующее разности напряжений встречно включенных полуобмоток в плечах вторичной обмотки трансформатора. При переходе группового переключателя с 1-й позиции на 2-ю сначала размыкается контакторный элемент Б, затем замыкается элемент 22 и после этого вновь замыкается элемент Б (рис. 264, г). Когда переключатель переходит со 2-й позиции на 3-ю, сначала размыкается контакторный элемент В, затем замыкается элемент 26, после чего вновь замыкается элемент В (рис. 264, д).

Переход переключателя с 3-й позиции на 4-ю осуществляется размыканием контакторного элемента А, затем 11 и замыканием элемента 12, после чего вновь замыкается элемент А (рис. 264, е). При переходе переключателя с 4-й на 5-ю позицию сначала размыкается

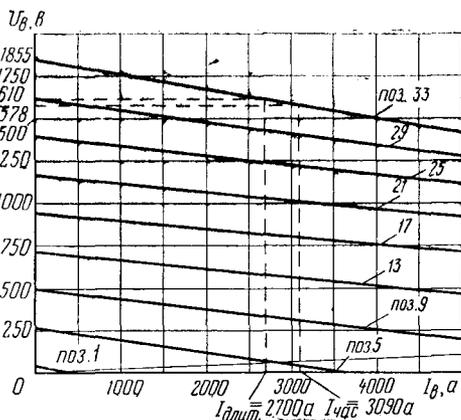


Рис. 263. Внешние характеристики преобразовательного агрегата электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

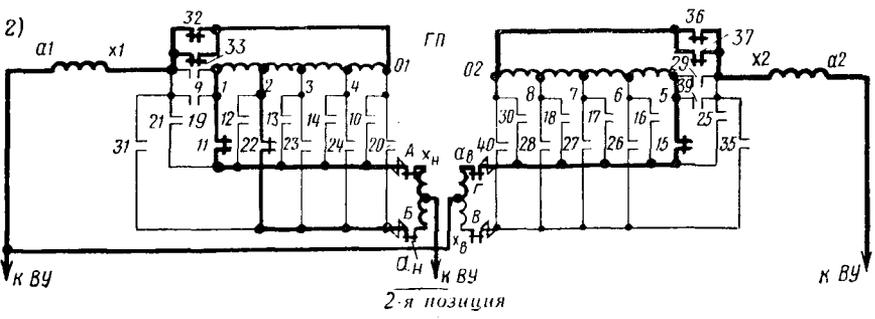
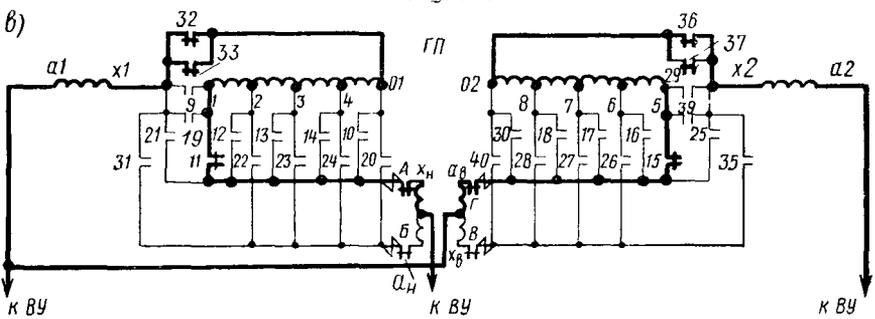
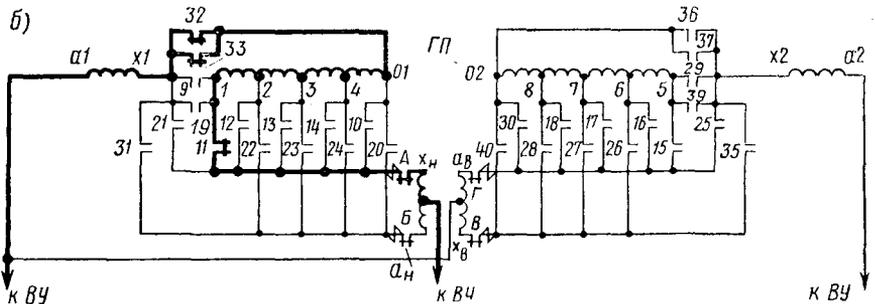
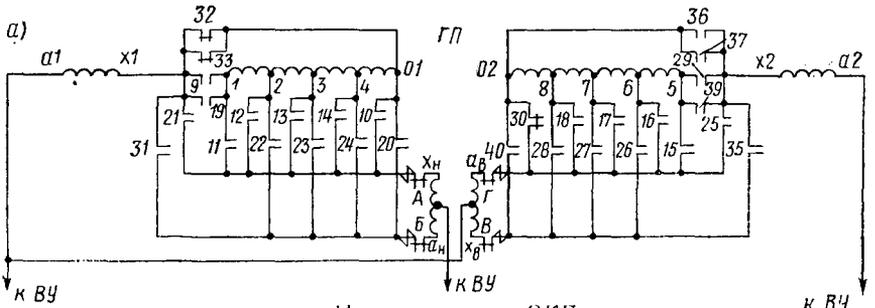
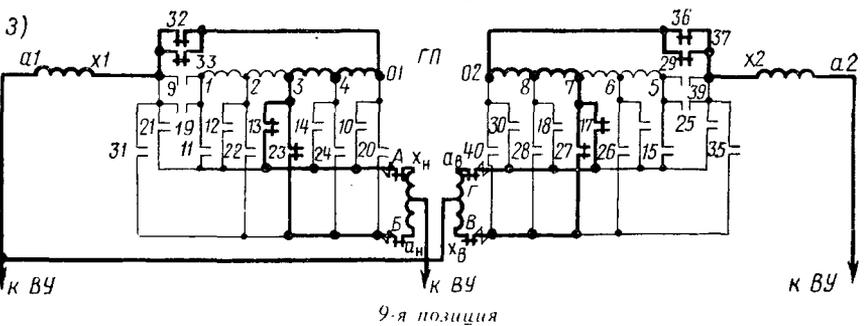
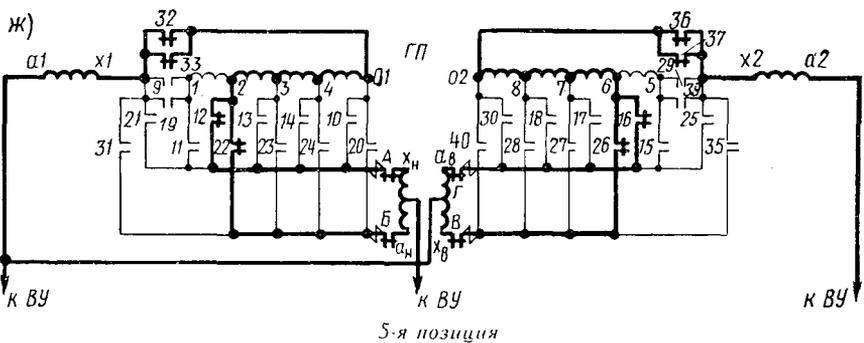
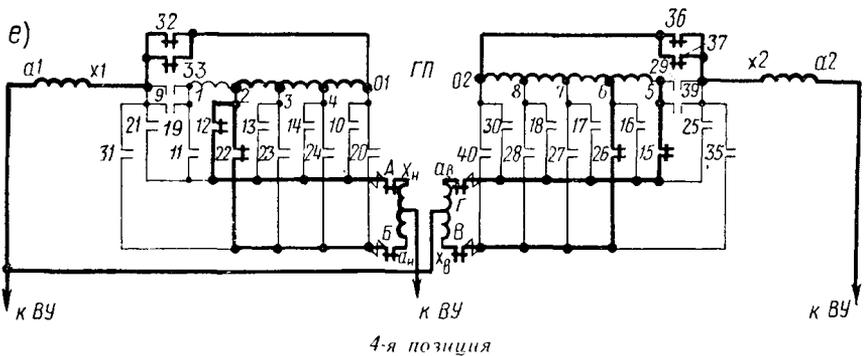
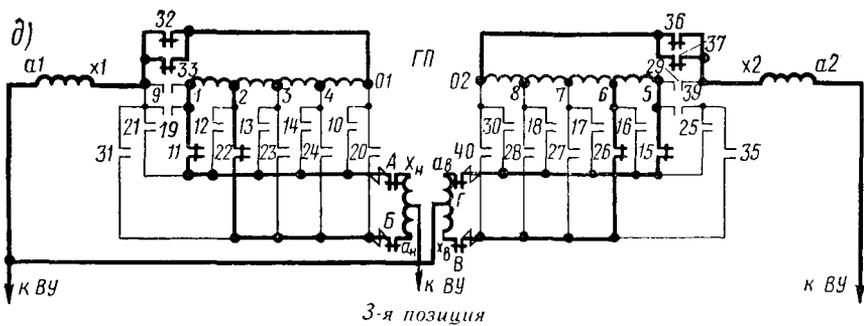
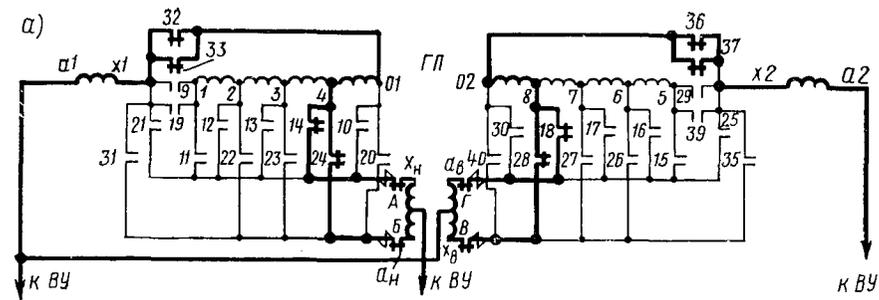


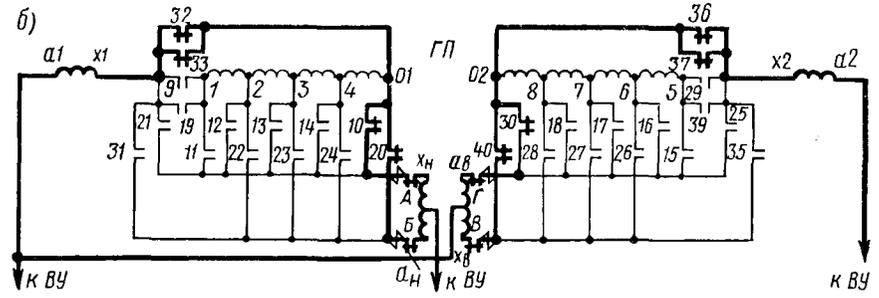
Рис. 264. Схемы, поясняющие работу группового



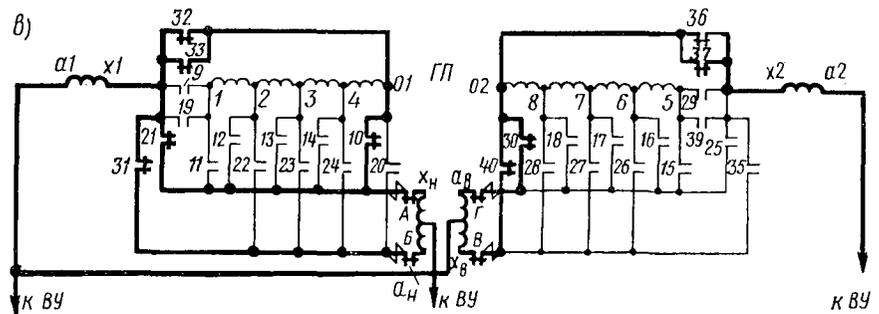
переключателя ступеней ЭКГ-8 на позициях 0—9



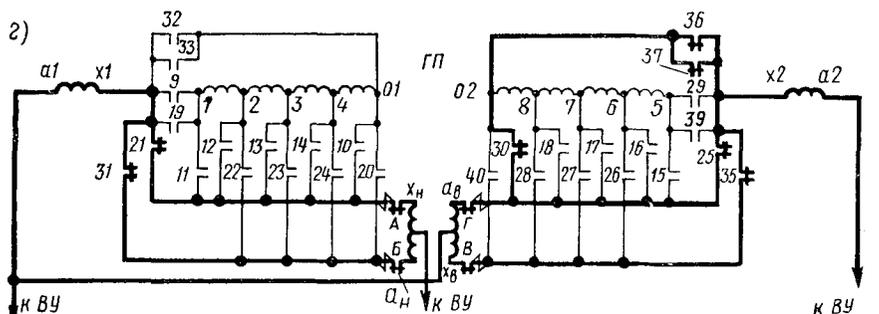
13-я позиция



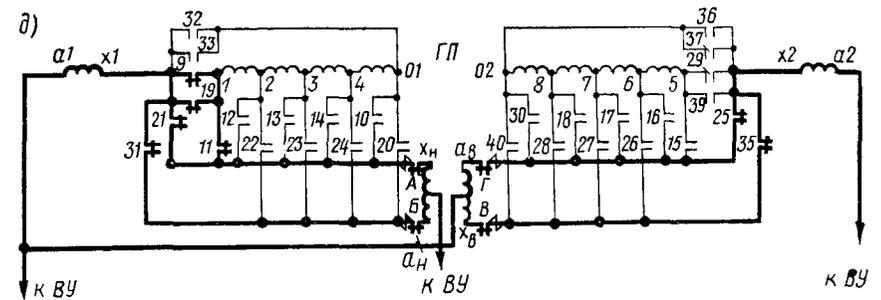
17-я позиция



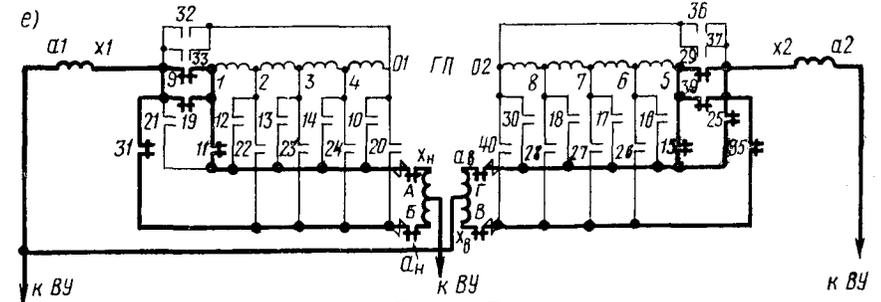
Позиция П2



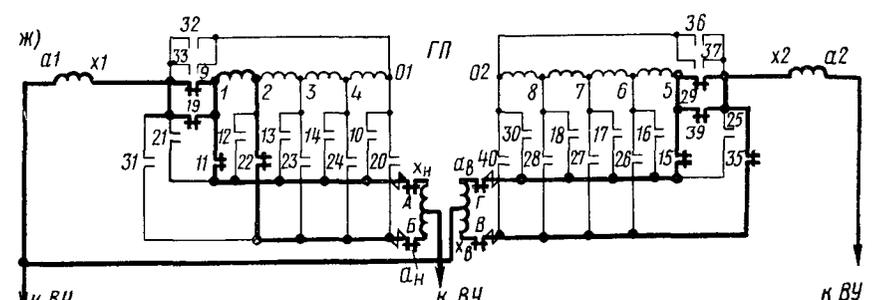
Позиция П3



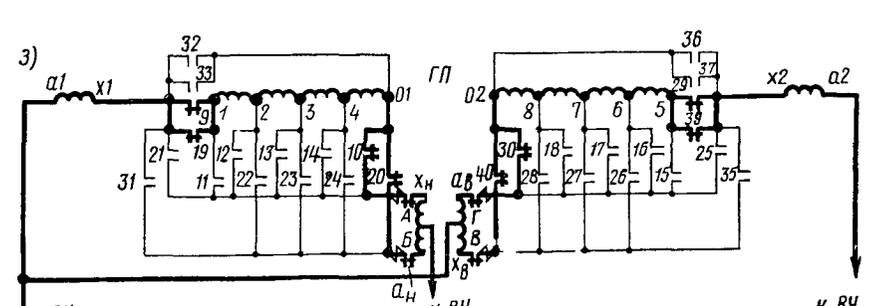
Позиция П4



Позиция П5



18-я позиция



33-я позиция

Рис. 265. Схемы, поясняющие работу группового

переключателя ступеней ЭКГ-8 на позициях 13—33

контакторный элемент  $\Gamma$ , потом  $15$ , а затем замыкается элемент  $16$ , после чего вновь замыкается элемент  $\Gamma$  (рис. 264, *ж*).

Этим завершается один такт регулирования напряжения на вторичной обмотке, что соответствует переходу с одной ходовой ступени (позиции) на другую. Один такт регулирования охватывает четыре позиции; при дальнейшем наборе позиций процесс регулирования повторяется и принципиально ничем не отличается от рассмотренного.

При переходе с высоких на низкие позиции процесс регулирования и коммутация контакторных элементов группового переключателя происходит в порядке, обратном рассмотренному. Полное выключение обмоток  $1-01$  и  $5-02$  происходит на 17-й позиции группового переключателя ступеней (рис. 265, *б*). В интервале между 17-й и 18-й позициями имеются четыре промежуточные позиции группового переключателя, на которых происходит переход со встречного на согласное включение обмоток,  $1-01$  с  $a1-x1$  и  $5-02$  с  $a2-x2$ .

В интервале между 17-й и второй переходной (П2) позициями сначала размыкается контакторный элемент  $B$ , потом  $20$ , а затем замыкаются контакторные элементы  $21$  и  $31$ ; после этого вновь замыкается элемент  $B$  (рис. 265, *в*). В интервале между позициями П2—П3 сначала размыкается контакторный элемент  $B$ , затем элементы  $10$ ,  $40$ ,  $32$ ,  $33$ , после этого замыкаются контакторные элементы  $25$  и  $35$ , а затем  $B$  (рис. 265, *г*). В интервале между промежуточными позициями П3—П4 размыкается контакторный элемент  $A$ , затем замыкаются элементы  $9$ ,  $19$ ,  $11$  и размыкаются  $30$ ,  $36$ ,  $37$ , после чего вновь замыкается элемент  $A$  (рис. 265, *д*).

При переходе с позиции П4 на П5 размыкается контакторный элемент  $\Gamma$ , затем замыкаются элементы  $29$ ,  $39$ ,  $15$  и размыкается элемент  $21$ , после чего вновь замыкается элемент  $\Gamma$  (рис. 265, *е*). В интервале между позициями П5 и 18-й размыкается контакторный элемент  $B$ , затем  $25$ ,  $31$ , замыкается элемент  $22$ , после чего вновь замыкается элемент  $B$  (рис. 265, *ж*).

С 18-й позиции групповой переключатель ступеней начинает переключать контакторные элементы в порядке, рассмотренном ранее, что соответствует при согласном включении обмоток дальнейшему повышению напряжения на тяговых двигателях. На 33-й позиции (рис. 265, *з*) обмотки  $1-01$  и  $5-02$  включаются полностью. Повышение скорости движения путем увеличения напряжения на тяговых двигателях прекращается, и дальнейшее повышение ее может быть достигнуто ослаблением поля тяговых двигателей.

На электровозе ВЛ60<sup>к</sup> предусмотрены три ступени ослабления поля возбуждения тяговых двигателей, что обеспечивается включением индивидуальных электропневматических контакторов  $65-82$  (см. рис. 260). Порядок включения контакторов ослабления поля и степень ослабления поля показаны в табл. 14. Величины, указанные в таблице, означают ту часть поля, которая остается в двигателях на соответствующих позициях.

Позиция	Контакты ослабления поля			Ослабление поля в %	Сопротивление ступени в ом
	65, 71, 77 (66, 72, 78)	67, 73, 79 (68, 74, 80)	69, 75, 81 (70, 75, 82)		
НП	—	—	—	95	0,6470
ОП1	●	—	—	71	0,0830
ОП2	●	●	—	55	0,0415
ОП3	●	●	●	46	0,0290

Таким образом, для пуска и регулирования скорости электровоза имеется 33 ступени регулирования напряжения трансформатора и три ступени ослабления поля.

### § 77. Силовые цепи электровоза ВЛ60<sup>к</sup> при аварийных и вспомогательных режимах

В силовых цепях электровоза ВЛ60<sup>к</sup> предусмотрены два переключателя вентилях 47 и 48 (см. рис. 260) с дистанционным управлением. Любым из них силовая цепь может быть переведена на аварийный режим в случае выхода из строя одной выпрямительной установки или прекращения подачи охлаждающего ее воздуха. При этом две группы тяговых двигателей будут соединены последовательно и получат питание от одной исправной выпрямительной установки, вторая поврежденная будет выключена. Электровоз сможет развивать нормальное тяговое усилие, но скорость будет пониженной. Понижение скорости из-за последовательного включения двух групп тяговых двигателей можно в некоторой степени компенсировать, применяя высокие ступени регулирования напряжения и ослабления поля тяговых двигателей.

Переключатель вентилях 47 отключает выпрямительный мост 61 группы двигателей I—III. При этом в аварийном режиме (рис. 266) в полупериод, когда э. д. с. во вторичной обмотке трансформатора направлена от 01 к а1, ток протекает от а1 через контакты 48, плечо моста 62-1, сглаживающий реактор 56, контакты 48, двигатели IV—VI, контакты 48, контакты 47, двигатели I—III, контакты 47, плечо моста 62-2, контакты 48 к выводу 01. Таким образом, ток пройдет последовательно сначала через группу двигателей IV—VI, а затем через группу двигателей I—III. Питание их будет производиться от вторичной обмотки трансформатора а1—01 и выпрямительного моста 62.

В следующий полупериод, когда э. д. с. в обмотках трансформатора направлена в обратном направлении от вывода 02 к выводу а2, ток протекает от этого вывода через контакты 48, входное плечо выпрямительного моста 62-2 и далее по тому же пути, что в предыдущий полупериод, последовательно через группу двигателей IV—VI и группу двигателей I—III, затем через выходное плечо выпрямитель-

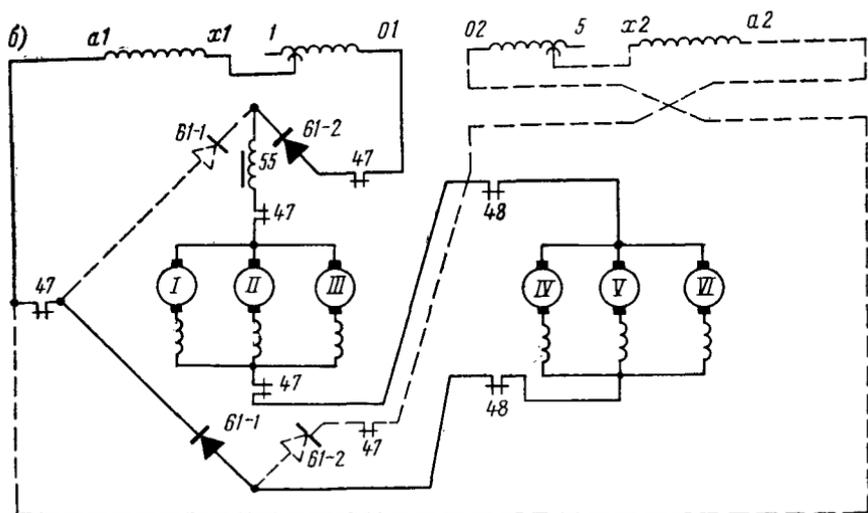
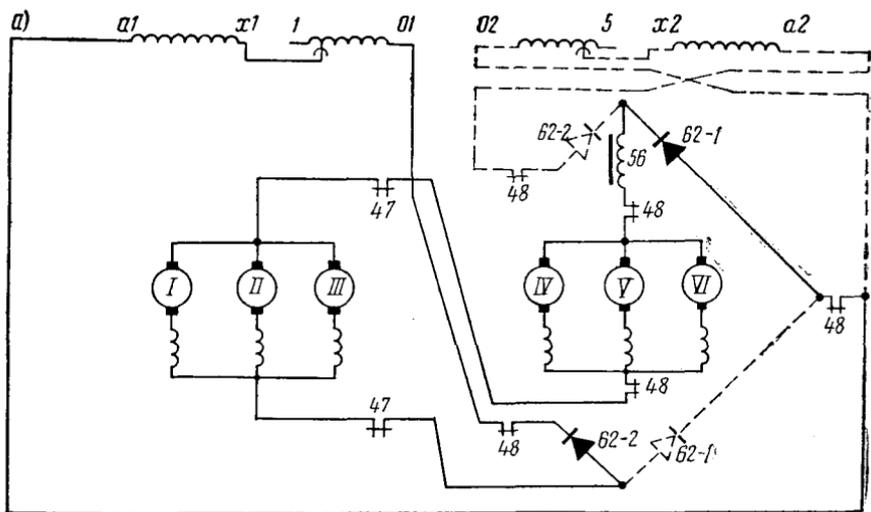


Рис. 266. Схема силовой цепи электровоза ВЛ60<sup>к</sup> при отключенном выпрямительном мосте группы двигателей I—III (а) и IV—VI (б)

ного моста 62-1, контакты 48 к выводу 02 вторичной обмотки трансформатора. При этом выпрямительный мост 62 оказывается присоединенным ко вторичной обмотке a2—02.

Аналогична аварийная схема и ее работа в случае отключения выпрямительного моста 62 переключателем вентилей 48 (рис. 266, б).

Наличие таких аварийных схем обеспечивает в эксплуатации определенную гибкость и «живучесть» цепей электровоза.

В случае выхода из строя или повреждения любого тягового двигателя его можно отключить от силовых цепей со стороны выпрямительной установки соответствующим линейным контактором 41—46

(см. рис. 260), а со стороны обмотки возбуждения — ножом одного из отключате ей электродвигателей *ОД1—ОД6*. При этом электровоз может продолжать работать на остальных исправных двигателях.

Для передвижения электровоза при питании его от источника постоянного тока пониженного напряжения в силовой цепи предусмотрены специальные розетки *106* и *107*, расположенные под кузовом электровоза, от которых через разъединители *19* и *20* подается напряжение для питания тяговых двигателей. Розетка *107* и разъединитель *19* предназначены для питания одного из двигателей группы *I—III*, розетка *106* и разъединитель *20* — группы *IV—VI*.

Передвижение электровоза от источника постоянного тока низкого напряжения для ввода электровоза в депо осуществляется подачей напряжения на один или два двигателя, остальные должны быть отключены. При этом в цепи работающих двигателей необходимо включить соответствующие линейные контакторы.

## § 78. Силовые цепи электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

Электровоз ВЛ80<sup>к</sup> состоит из двух одинаковых четырехосных секций, работающих по системе многих единиц. Электрические схемы секций совершенно идентичны. Рассмотрим схему силовых цепей одной секции электровоза (рис. 267), а также некоторые особенности работы двух секций по системе многих единиц. Построение схемы силовых цепей электровоза ВЛ80<sup>к</sup> такое же, как схемы электровоза ВЛ60<sup>к</sup>. Силовая цепь одной секции содержит две группы тяговых двигателей: по два параллельно включенных двигателя в каждой.

Тяговые двигатели получают питание от преобразовательной установки, состоящей из тягового трансформатора ОЦР-5000/25В и двух полупроводниковых выпрямительных установок *61* и *62* типа ВУК-4000Л, преобразующих переменный ток в пульсирующий постоянный.

Выпрямительные мосты выполнены с двумя разомкнутыми плечами; каждый мост питает одну группу тяговых двигателей. Питание выпрямительных мостов и токопрохождение в силовой цепи в каждый полупериод питающего напряжения переменного тока происходят так же, как и на электровозе ВЛ60<sup>к</sup>. В один из полупериодов, когда э. д. с. во вторичных обмотках тягового трансформатора направлена от вывода *a1* к выводу *01* и от вывода *02* к *a2*, ток обтекает последовательно обмотку *a1—01*, группу тяговых двигателей *III* и *IV*, обмотку *02—a2*, тяговые двигатели *I* и *II* (рис. 268, *a*).

В следующий полупериод, когда э. д. с. изменяет направление во вторичных обмотках, выпрямительный мост *61* и двигатели *I* и *II* получают питание от обмотки *01—a1*, а мост *62* и двигатели *III* и *IV* — от обмотки *a2—02* (рис. 268, *б*).

Напряжение на вторичной обмотке тягового трансформатора регулируют от 0 до 1230 в при холостом ходе и напряжении в контактной сети 25 кв с помощью группового переключателя ступеней ЭКГ-8.

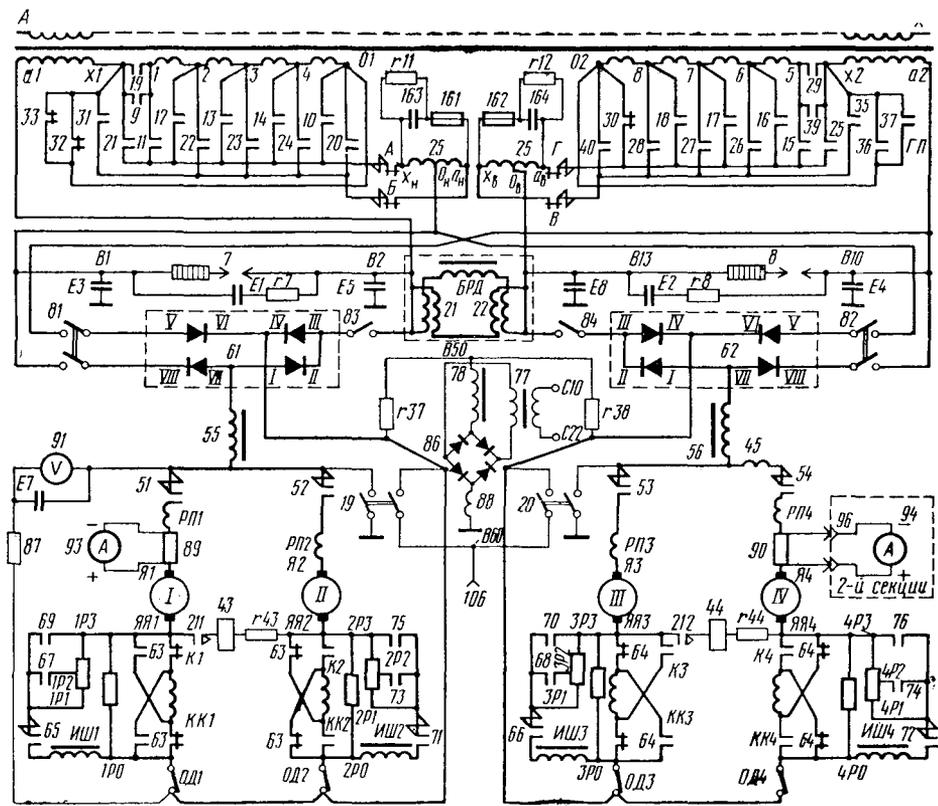


Рис. 267. Схема силовой цепи электровоза ВЛ80<sup>К</sup>

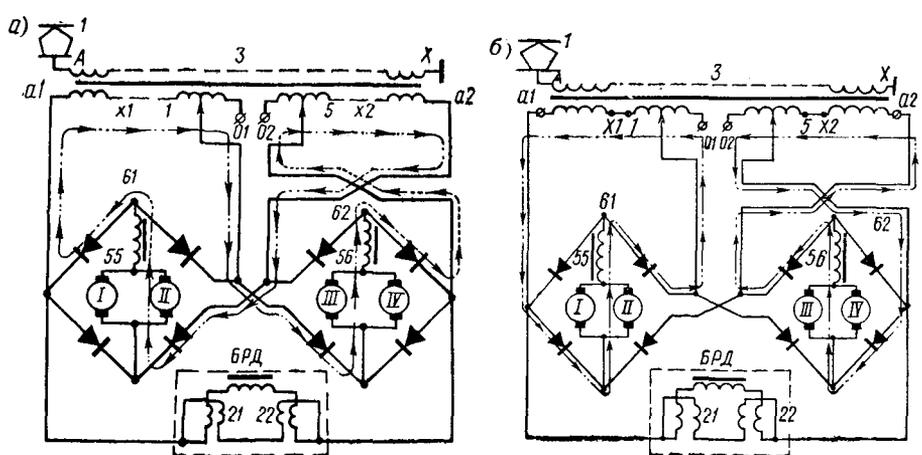


Рис. 268. Протекание тока в силовой цепи электровоза ВЛ80<sup>К</sup> в первый (а) и во второй (б) полупериоды

Для снижения уровня пульсаций выпрямленного тока последовательно с каждой группой тяговых двигателей включен сглаживающий реактор (55, 56), а с целью уменьшения пульсаций магнитного потока главных полюсов тяговых двигателей параллельно катушкам возбуждения включены резисторы, через которые отводится переносимая составляющая пульсирующего тока. В цепь резисторов, шунтирующих обмотки главных полюсов при ослабленном поле, включены индуктивные шунты ИШ1-ИШ4, которые предотвращают возникновение кругового огня на коллекторе тяговых двигателей в нестационарных режимах.

Цепи, шунтирующие обмотки возбуждения на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>, не содержат генераторной защиты, так как при двух параллельно включенных двигателях в группе и высокой коммутационной устойчивости двигателей нет необходимости в генераторной защите. В цепи якоря двигателя IV предусмотрена токовая катушка 45 регулятора давления догружающего устройства, которое в зависимости от величины тока двигателя компенсирует динамическую разгрузку передних осей первой и третьей тележки по ходу движения.

Пуск и регулирование скорости осуществляются ступенчатым изменением величины напряжения, питающего выпрямительные установки и двигатели.

Вторичная обмотка тягового трансформатора состоит из двух частей:  $a1-01$  и  $a2-02$ . Каждая из них в свою очередь разделена на две части — несекционированную и секционированную, которые в процессе регулирования напряжения сначала соединяются встречно, а затем согласно. При встречном соединении обмоток результирующее напряжение, подводимое к выпрямительным установкам и тяговым двигателям, равно разности напряжений несекционированной и секционированной частей обмоток, т. е.  $646 - 584 = 62$  в на 1-й позиции. При согласном включении результирующее напряжение равно сумме этих напряжений, поэтому наибольшее напряжение, подводимое к выпрямительным установкам и тяговым двигателям, при холостом ходе (напряжение в контактной сети 25 кВ) равно  $646 + 584 = 1230$  в.

Предусмотрено 33 ступени регулирования питающего напряжения и три ступени ослабления поля двигателей (рис.269).

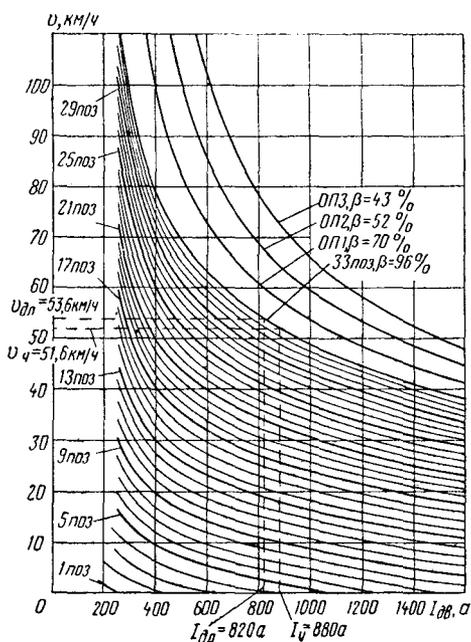


Рис. 269. Пусковые характеристики электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>Т</sup>

Система регулирования напряжения цепи питания выпрямительных мостов, принцип действия и работа их аналогичны рассмотренным выше для электровоза ВЛ60<sup>к</sup>. Отличие заключается лишь в том, что на электровозе ВЛ80<sup>к</sup> не предусмотрена работа двух групп двигателей с последовательным их включением при питании от одного выпрямительного моста, когда второй по какой-либо причине отключен. Отключают поврежденную выпрямительную установку 61 или 62 соответственно разъединителями 81 и 83 или 82 и 84. При этом отключается вся цепь, которая питается от поврежденной выпрямительной установки; электровоз может продолжать работу без двух тяговых двигателей.

В случае необходимости любой тяговый двигатель может быть отключен. Отключают поврежденный двигатель с двух сторон — со стороны якоря линейным контактором 51—54, а со стороны обмотки возбуждения — отключателем двигателя ОД1—ОД4. Линейный контактор выключается автоматически блок-контактом отключателя двигателей при переводе его в положение *Двигатель отключен*. На первых электровозах ВЛ80<sup>к</sup> (до № 62) поврежденный двигатель отключали только со стороны якоря линейным контактором, выключая кнопку в цепи катушки электропневматического вентиля этого контактора.

Предусмотрена возможность питания цепи тяговых двигателей от постороннего источника постоянного тока низкого напряжения для ввода электровоза в цепь. Для этой цели установлены два двухполюсных разъединителя 19 и 20 (см. рис. 267). Передвигаться в этом случае электровоз может при работе любого из тяговых двигателей. Для этого следует оставить включенным отключатель только одного двигателя, а отключатели остальных двигателей выключить. Разъединитель 19 или 20 включают, а к розетке 106 подключают гибкий провод, по которому подается низкое напряжение (150—200 в) постоянного тока. Реверсивная рукоятка должна быть поставлена в одно из рабочих положений *Вперед* или *Назад*, а главная рукоятка контроллера машиниста — в положение *ФП* или *ФВ*. При таком положении рукояток включится линейный контактор в цепи того тягового двигателя, в которой остался включенным отключатель двигателей. Таким образом, будет создана цепь для питания одного из тяговых двигателей низким напряжением. Указанным способом может производиться вращение тягового двигателя при проточке бандажей колесной пары без выкатки из-под электровоза.

## § 79. Силовые цепи электровоза ВЛ80<sup>т</sup>

Отличие и особенности схемы силовых цепей электровоза ВЛ80<sup>т</sup> обусловлены применением реостатного торможения.

По построению схемы и работе в тяговом режиме электровоз ВЛ80<sup>т</sup> не отличается от ВЛ80<sup>к</sup>. В силовые цепи электровоза ВЛ80<sup>т</sup> введено дополнительное оборудование, необходимое для обеспечения реостатного торможения. Так, установлен тяговый трансформатор

ОДЦЭ-5000/25В с оптимальными параметрами по потерям и весу вместо трансформатора ОЦР-5000/25В, применяемого на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>. Схема обмоток нового трансформатора осталась такая же, как у ОЦР-5000/25В; регулирование напряжения на вторичной стороне трансформатора производится с помощью группового переключателя ЭКГ-8 и переходных реакторов точно так же, как на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ60<sup>к</sup> (см. § 76).

Однако параметры обмоток нового трансформатора несколько изменены, напряжение холостого хода несекционированных обмоток с выводами  $a1-x1$ ,  $a2-x2$  (рис. 270) равно 638 в, а напряжение холостого хода секционированных обмоток с выводами  $1-01$ ,  $5-02$  составляет 580 в. Таким образом, на электровозах ВЛ80<sup>г</sup> разность напряжений секционированной и несекционированной обмоток, т. е. напряжение на первой позиции группового переключателя ступеней, равна 58 в. Сумма напряжений секционированной и несекционированной обмоток — напряжение на последней позиции группового переключателя ступеней — равна 1218 в.

На электровозах ВЛ80<sup>г</sup> не применяется конденсаторная защита контакторных элементов с дугогашением группового переключателя, вместо этого каждая полуобмотка переходного реактора 25 зашунтирована разрядным резистором ( $r7-r10$ ), в котором при отключении контакторных элементов А, Б, В и Г гасится электромагнитная энергия, накопленная в обмотках переходных реакторов.

Пуск электровоза и регулирование скорости, как и на электровозе ВЛ80<sup>к</sup>, осуществляется ступенчатым изменением величины напряжения, питающего выпрямительные установки. Выпрямительная установка ВУК-4000Т состоит из двух блоков, каждый из которых содержит два плеча выпрямительного моста (61-1, 61-2, 62-1, 62-2).

На электровозе ВЛ80<sup>г</sup>, в силовых цепях не предусмотрено резервирование выпрямительных установок, т. е. работа двух групп двигателей при последовательном их включении от одного выпрямительного моста, когда второй по какой-либо причине отключен. При повреждении одной из выпрямительных установок она отключается трехполюсным разъединителем 81 или 82, при этом выводится из работы соответствующая группа тяговых двигателей. Электровоз может продолжать движение на шести исправных двигателях.

Благодаря принятому расположению обмоток на магнитопроводе тягового трансформатора при отключении одной из четырех выпрямительных установок не происходит значительного перераспределения напряжения на тяговых двигателях исправной секции и секции, где отключена выпрямительная установка. Поэтому при отключении одной из выпрямительных установок нет нужды в принудительном рассогласовании групповых переключателей на одну позицию, как это оказалось необходимым делать на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>.

В тормозном режиме параллельно якорю каждого тягового двигателя включается тормозной резистор Р7-Р8, в цепи которого предусмотрен трансформатор постоянного тока ТПТЯ. Эти трансформаторы являются датчиками тормозного тока якоря тягового дви-

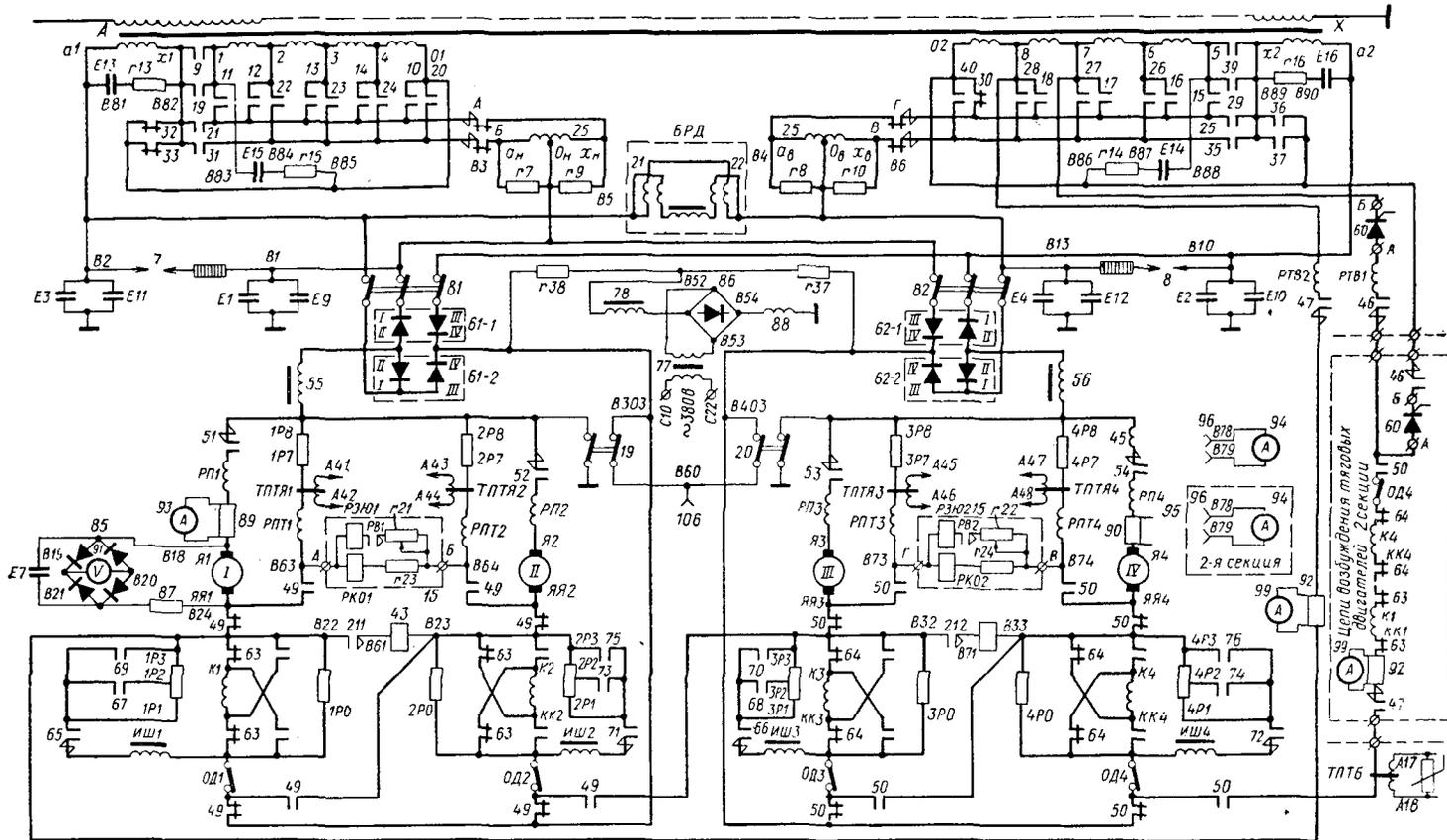


Рис. 270. Схема силовой цепи электровоза ВЛ80<sup>Т</sup>

гателя для системы автоматического управления режимом реостатного торможения.

Перевод силовых цепей из тягового режима в тормозной и обратно осуществляется тормозными переключателями 49 и 50, по конструкции аналогичными реверсивным переключателям. При реостатном торможении двигатели работают в генераторном режиме с независимым возбуждением. Обмотки возбуждения всех восьми двигателей включаются последовательно и питаются от двух секций вторичной обмотки тягового трансформатора 7—8 и 8—02 через специальную выпрямительную установку возбуждения 60 (ВУВ). Выпрямительная установка возбуждения выполнена по схеме двухполупериодного выпрямления с нулевым выводом. Одна фаза ВУВ расположена в одной секции, а вторая — в другой секции электровоза. Связь между ними и обмотками возбуждения осуществляется через межсекционные соединения.

В цепи питания обмоток возбуждения при реостатном торможении предусмотрен трансформатор постоянного тока *ТПТВ*, который является датчиком тока возбуждения тяговых двигателей для системы автоматического управления режимом реостатного торможения. Вторичная обмотка трансформатора постоянного тока *ТПТВ* зашунтирована резистором с нелинейным сопротивлением с целью понижения уровня возникающих перенапряжений на обмотке трансформатора.

Работа силовых цепей в тяговом режиме подробно описана выше (см. § 78).

При переводе тормозных переключателей 49 и 50 из положения *Тяга* в положение *Торможение*, а также включении линейных контакторов 51—54 и контакторов возбуждения 46—47 собираются цепи реостатного торможения (см. рис. 270). Контактные элементы тормозных переключателей 49 и 50 отключают якоря тяговых двигателей от их обмоток возбуждения и каждый якорь соединяют с индивидуальным тормозным резистором *Р7—Р8*. Обмотки возбуждения тяговых двигателей соединяются последовательно и подключаются к выпрямительной установке возбуждения 60. Контактors 46 и 47, включившись, соединяют выпрямительную установку возбуждения с выводами двух секций тягового трансформатора, что создает цепь питания обмоток возбуждения двигателей в режиме реостатного торможения. В один из полупериодов, когда э. д. с. во вторичной обмотке трансформатора направлена от вывода 02 к выводу 5, получаем следующие цепи для прохождения тока — вывод 8 (трансформатора 1-й секции), катушка реле *РТВ2*, контактор 47, обмотка возбуждения двигателя I, контакты переключателя 49, обмотка возбуждения двигателя II, контакты переключателя 49, обмотка возбуждения двигателя III, контакты переключателя 50, обмотка возбуждения двигателя IV, контакты переключателя 50, межсекционное соединение, обмотки возбуждения двигателей 2-й секции (по цепи аналогично рассмотренной), тиристоры выпрямительной установки возбуждения 60, контактор 46, межсекционное соединение, вывод 02 (трансформатора 1-й секции).

Во второй полупериод, когда э. д. с. во вторичной обмотке тягового трансформатора направлена в обратном направлении от вывода 5 к выводу 02, питание обмоток возбуждения производится по следующей цепи: вывод 8, катушка реле *РТВ2*, контактор 47, последовательно соединенные обмотки возбуждения двигателей 1-й и 2-й секций электровоза (аналогично описанному ранее), межэлектровозное соединение, контактор 46 1-й секции, катушка реле *РТВ1*, тиристоры выпрямительной установки возбуждения 60, вывод 7 вторичной обмотки трансформатора. Таким образом создаются замкнутые цепи питания последовательно соединенных обмоток возбуждения всех восьми двигателей от вторичной обмотки тягового трансформатора 1-й секции электровоза через тиристорную выпрямительную установку 60.

При отключении одной секции электровоза независимое питание обмоток возбуждения исключается, а следовательно, применять реостатное торможение при этом невозможно.

При включении линейных контакторов 51—54 образуются самостоятельные цепи якорей тяговых двигателей, замкнутые на тормозные резисторы, что обеспечивает работу двигателей в качестве генераторов постоянного тока.

Тормозные резисторы не регулируются, их сопротивление остается постоянным в процессе реостатного торможения. Регулирование процесса реостатного торможения производится путем изменения тока возбуждения тяговых двигателей. С этой целью выпрямленное напряжение, питающее цепь обмоток возбуждения, плавно регулируют тиристорами выпрямительных установок 60. Изменяя напряжение на обмотках возбуждения и соответственно ток возбуждения, плавно регулируют силу торможения электровоза.

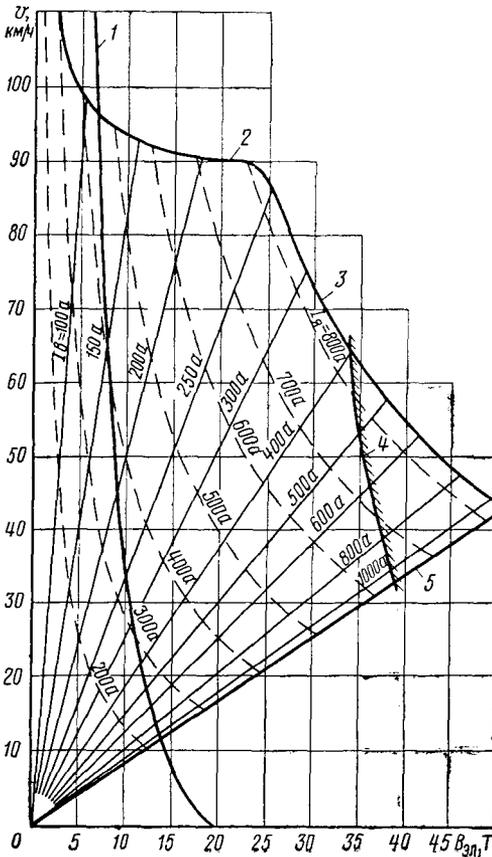


Рис. 271. Тормозные характеристики электровоза ВЛ80Т:

1 — характеристика пневматического замещения; 2 — ограничение по коммутации  $1\frac{1}{2}$  балла; 3 — то же по длительному току тормозных резисторов 830 а; 4 — по сцеплению; 5 — по току возбуждения 1100 а

Возможны два режима реостатного торможения: поддержание заданной постоянной скорости при движении электровоза с составом по уклону и остановочное торможение. Управление этими режимами осуществляется системой автоматического управления (см. § 57). Система управления режимом реостатного торможения обеспечивает ограничения (рис. 271): по скорости движения электровоза (не более 110 км/ч), току возбуждения тяговых двигателей (не более 1100 а), максимальному току якоря двигателей (не более 840 а). В дальнейшем предполагается ввести дополнительное ограничение по коммутационной устойчивости тяговых двигателей. Ограничение по максимальному тормозному току имеет целью исключить возможность недопустимого перегрева тормозных резисторов, а также чрезмерного увеличения реактивной э. д. с., от величины которой зависит устойчивость коммутации тяговых двигателей.

## § 80. Силовые цепи электровоза ЧС4

В связи с тем что на электровозах ЧС4 регулирование напряжения производится на стороне высшего напряжения, на вторичных обмотках тягового трансформатора нет регулировочных устройств, одна первичная и две вторичные обмотки имеют постоянный коэффициент трансформации. Каждая из двух вторичных обмоток тягового трансформатора питает свой выпрямительный мост 020 и 022 (рис. 272).

Выпрямительные мосты укомплектованы кремниевыми полупроводниковыми вентилями и в отличие от электровозов ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup> выполнены с замкнутыми плечами. Каждый мост представляет собой отдельный выпрямительный агрегат и питает три тяговых двигателя: 020 — двигатели 1, 2 и 3, а 022 — двигатели 4, 5 и 6.

Со стороны переменного тока между выпрямительными мостами и одним из выводов вторичной обмотки тягового трансформатора предусмотрены болтовые отключатели 035 и 036 с ручным приводом; ими можно отключить любой из выпрямительных мостов. На вводах переменного тока у выпрямительных мостов установлены трансформаторы тока 145 и 146, которые служат датчиками для устройств токовой защиты.

В цепи каждого из шести тяговых двигателей как со стороны якоря, так и со стороны обмотки возбуждения имеются контакты переключателя *Езда* — *Выключено* (071). Таких переключателей на электровозе два: по одному на каждые три тяговых двигателя.

В нерабочем положении цепей переключатель находится в положении *Выключено*, все его контакты разомкнуты и цепи тяговых двигателей выключены. При маневрах и передвижении электровоза в нерабочем состоянии это исключает возможность замыкания цепи двигателей через плечи выпрямительных мостов и появление в этой цепи тока в результате самовозбуждения двигателей от остаточного магнетизма. В рабочем положении схемы переключатель занимает положение *Езда*, при этом замыкаются его контакты 071 и включают цепи питания двигателей.



Переключатель *Езда* — *Выключено* устроен так, что вручную можно отключить одну или несколько пар контактов разъединителя (например,  $071_{01}$ — $071_{04}$ ,  $071_{02}$ — $071_{05}$ ,  $071_{03}$ — $071_{06}$ ) и таким образом отсоединить соответствующий тяговый двигатель. Остальные двигатели при этом могут работать нормально. Обмотки возбуждения тяговых двигателей подключены к цепи ножевыми контактами реверсора  $031$ .

На электровозе имеются два реверсора, каждый из них переключает обмотки возбуждения трех тяговых двигателей. Реверсор может занимать два положения (*P* и *Z*), каждому из которых соответствует одно направление вращения тяговых двигателей. Параллельно обмоткам возбуждения тяговых двигателей подключен постоянно резистор для отвода переменной составляющей пульсирующего тока. При этом ослабленное поле возбуждения составляет 95,5%.

В цепи каждой обмотки возбуждения имеется комплект шунтирующих резисторов  $057$  или  $058$ , состоящий из трех ветвей. Шунтирующие резисторы включают трехполюсными контакторами  $061$ — $063$ ; эти резисторы обеспечивают пять ступеней ослабления поля возбуждения двигателей (72, 60, 51, 44 и 40%). На первой ступени включаются контакторы  $061$  и параллельно обмоткам возбуждения подключают резисторы *A—B*; на второй — включается контактор  $062$  и выключается  $061$ , параллельно обмоткам возбуждения подключаются резисторы *A—C*. На третьей ступени выключается контактор  $062$  и включается контактор  $063$ , подключающий параллельно к обмоткам возбуждения резисторы *A—E*. На четвертой ступени дополнительно включается контактор  $061$  и параллельно каждой обмотке возбуждения будут подключены два резистора *A—E* и *A—B*. На пятой ступени отключается контактор  $061$  и включается контактор  $062$ , при этом параллельно обмоткам возбуждения будет включено два резистора *A—E* и *A—C*. Регулирование скорости электровоза с помощью ослабления поля возбуждения тяговых двигателей возможно на всех позициях переключателя ступеней, начиная с 26-й.

На электровозе ЧС4 для трех тяговых двигателей, установленных на одной тележке, предусмотрен один общий трехобмоточный сглаживающий реактор  $080$  и  $081$ . В цепь каждого тягового двигателя включена одна из трех катушек (обмоток) сглаживающего реактора, что уменьшает пульсацию выпрямленного тока, снижает потери в двигателях и улучшает их коммутацию.

В цепи двигателей  $1$  и  $6$  имеются шунты  $130$ , к которым подключают амперметры, установленные в кабинах машиниста. Чтобы электровоз мог передвигаться в депо, получая питание от постороннего источника постоянного тока, в цепи двигателей  $2$  и  $5$  установлены штепсельные розетки  $045$ ,  $046$ ,  $047$  и  $048$ .

В нормальном режиме пуск и регулирование скорости электровоза осуществляют с помощью высоковольтного переключателя ступеней тягового трансформатора, который имеет, кроме нулевой, 32 ступени регулирования напряжения. Этим обеспечивается постоянное ступенчатое повышение напряжения на зажимах вторичных обмоток тягового трансформатора и выпрямительных мостов  $020$  и

022 от 0 до 1040 в в режиме холостого хода и соответственно повышение выпрямленного напряжения на всех шести тяговых двигателях с возможностью использования пяти ступеней ослабления поля.

В нормальном режиме работы переключатель 071 находится в положении *Езда*, при этом обеспечивается следующее прохождение тока в тяговой цепи: вторичные обмотки тягового трансформатора 015, выпрямительные мосты 020, 022, дифференциальные реле боксования 111, 112, контакты переключателя 071, реле максимального тока 025, 026, 027, якоря тяговых двигателей 050—055, шунты амперметров 130, контакты реверсора 031, обмотки главных полюсов, сглаживающие реакторы 080, 081, контакты переключателя 071, выпрямительные мосты 020, 022.

Предусмотрена возможность отключения одного или нескольких неисправных тяговых двигателей и работа электровоза на остальных двигателях. Отключение двигателей двустороннее — как со стороны якоря, так и со стороны обмотки возбуждения. Отключение производится вручную с помощью переключателя 071.

Работа электровоза при отключенных двигателях осуществляется так же, как и при нормальном режиме, на всех позициях регулирования. Скорость при этом может быть реализована полностью, но сила тяги будет соответственно меньше.

В случае повреждения одного из выпрямительных мостов он может быть отключен от вторичной обмотки тягового трансформатора отключателем 035 или 036. Одновременно отключают и цепи трех соответствующих тяговых двигателей. Работа всех шести тяговых двигателей от одного выпрямительного моста, как это сделано на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, не предусмотрена.

## § 81. Силовые цепи электровоза ВЛ82<sup>м</sup>

Электровоз ВЛ82<sup>м</sup> так же, как и ВЛ80<sup>к</sup>, состоит из двух секций, работающих по системе многих единиц. Каждая секция может работать самостоятельно. Электровоз ВЛ82<sup>м</sup> работает при напряжении в контактной сети 3000 в постоянного тока и 25 000 в переменного тока.

Четыре тяговых двигателя каждой секции разделены на две группы (рис. 273): двигатели I и II в одной группе и двигатели III и IV в другой. Обмотки якорей и возбуждения в каждой группе постоянно соединены друг с другом.

Регулирование напряжения тяговых двигателей в процессе пуска и разгона электровоза производится на участках как постоянного, так и переменного тока пусковыми реостатами, включенными в цепь каждой группы двигателей, а также переключением групп двигателей с последовательного на параллельное соединение.

Выведение из цепи тяговых двигателей секций пусковых реостатов производится индивидуальными электропневматическими контакторами в отличие от электровозов ВЛ82 (первых выпусков), где это осуществлялось групповым переключателем. Это позволяет обеспе-

чить более быстрый сброс нагрузки для прекращения боксования. Для уменьшения объема пускотормозных реостатов первые две позиции пуска получают путем глубокого ослабления поля тяговых двигателей.

На электровозе ВЛ82<sup>м</sup> принята схема с поочередным (последовательным) замыканием ступеней пусковых реостатов. Общее число пусковых позиций 38, из них 25 на последовательном соединении четырех тяговых двигателей каждой секции и 13 на параллельном соединении двух групп двигателей. Пусковые реостаты рассчитаны на длительный режим работы на всех пусковых позициях на пределе сцепления. Охлаждение пускотормозных реостатов осуществляется центробежными вентиляторами, электродвигатели которых (МВ3, МВ4) подключены к части резисторов и работают от падения напряжения на них.

Переключение групп двигателей с последовательного на параллельное соединение производится по методу «моста».

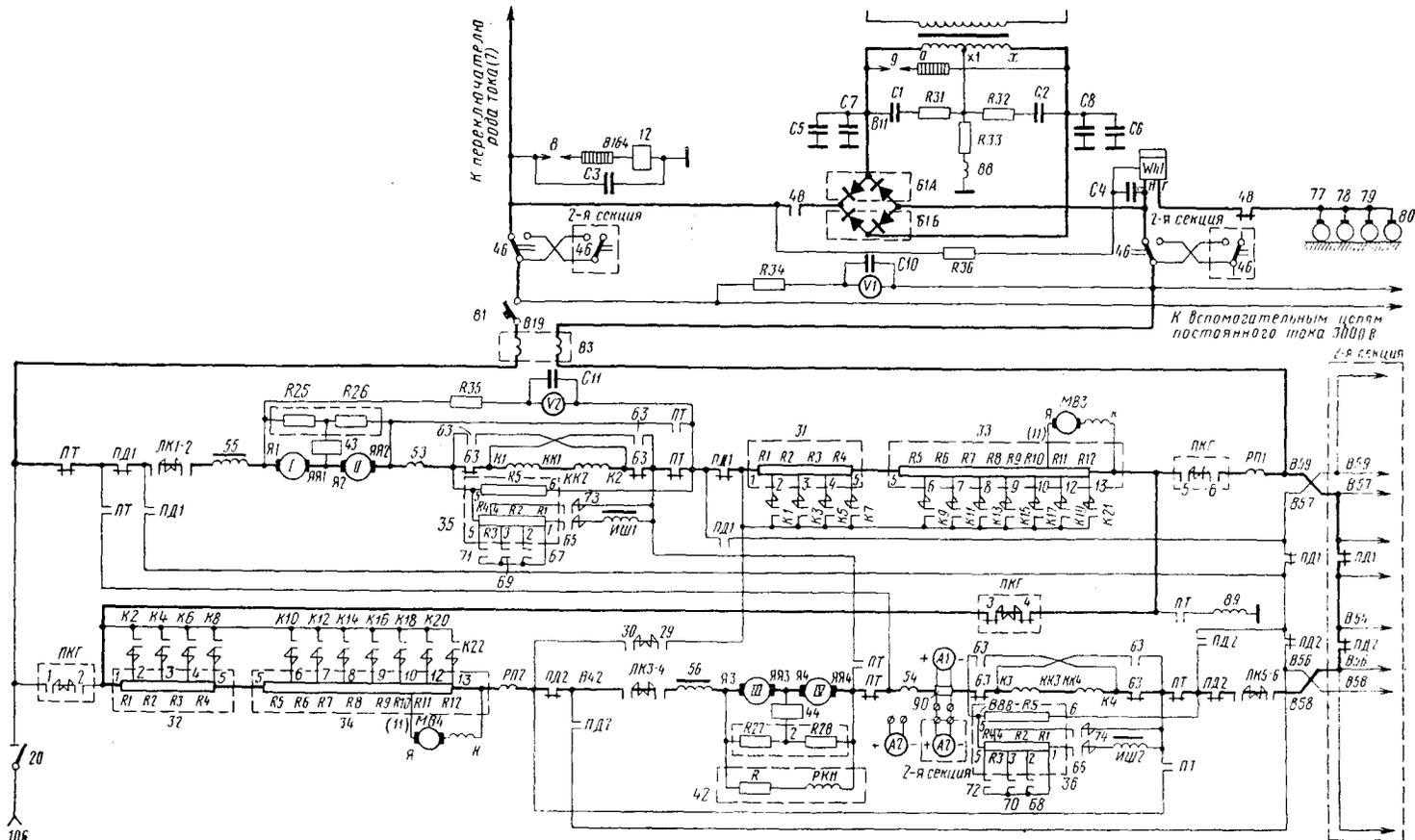
Предусмотрена возможность применения четырех ступеней ослабления поля на каждом из соединений тяговых двигателей, что позволяет расширить диапазон экономических (безреостатных) характеристик электровоза. Максимальное ослабление поля тяговых двигателей составляет 39%. При работе на маневрах или при проезде участка с ограниченной скоростью можно включить все 8 тяговых двигателей (двух секций электровоза) последовательно, но соответственно снизить напряжение на них.

Переключение цепей электровоза в положение, соответствующее определенной системе тока, производится автоматически в зависимости от напряжения в контактной сети переключателем рода тока 7 под воздействием устройства контроля рода тока 50 (см. рис. 259).

На участках постоянного тока переключатель 7 соединяет токоприемник с целью тяговых двигателей, а на участках переменного тока — с первичной обмоткой тягового трансформатора; питание двигателей производится от вторичной обмотки тягового трансформатора через выпрямительную установку.

**Работа силовой цепи при питании от контактной сети постоянного тока 3000 в.** При этом создается цепь тока: токоприемник 1, дроссель помехоподавления ДП, разъединитель токоприемника 2, переключатель рода тока 7 (см. рис. 259), аварийный переключатель 46 (см. рис. 273), быстродействующий выключатель 81, дифференциальное реле 83 и далее к тяговым двигателям. Контактными элементами переключателя вентилей 48 силовая цепь со стороны питания отключается от выпрямительной установки, а с другой стороны подсоединяет цепь тяговых двигателей к «земле».

Если реверсор занял положение, соответствующее положению реверсивной рукоятки контроллера машиниста (*Вперед* или *Назад*) и включились линейные контакторы ЛК1-2, ЛК3-4 и ЛК5-6 (см. рис. 273), а групповой переключатель ПКГ-169 находится в положении, соответствующем последовательному соединению двигателей, то силовые цепи собраны для работы.

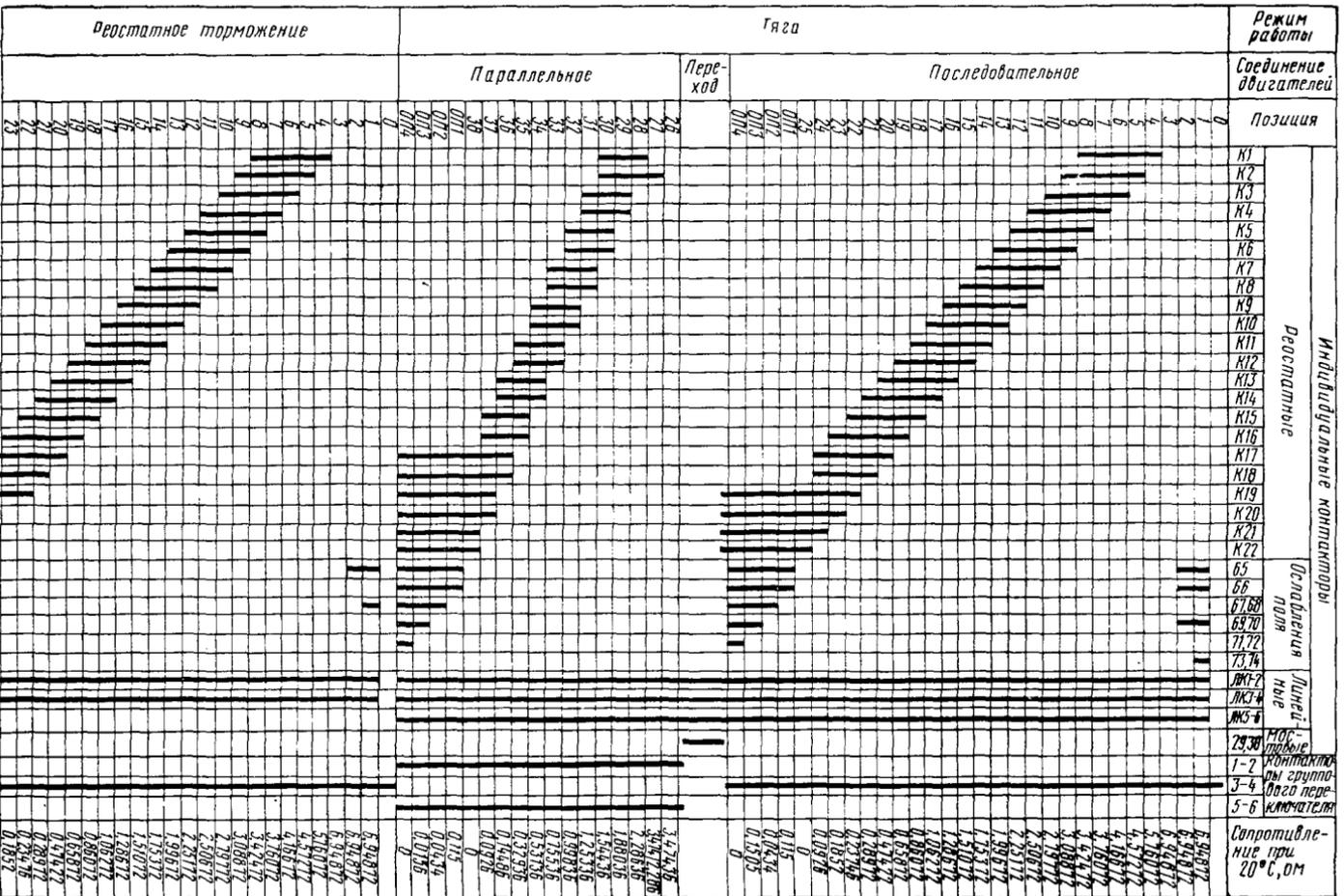


На первой позиции контроллера машиниста, кроме линейных контакторов, включаются контакторы ослабления поля 65, 66, 69, 70, 73 и 74. Это соответствует первой пусковой позиции. Ток проходит через две группы последовательно соединенных тяговых двигателей в каждой секции электровоза и через все пусковые реостаты. Последовательное соединение групп тяговых двигателей осуществляется контакторными элементами ПКГ 3 и 4.

На 2-й позиции выключаются контакторы 73 и 74, что уменьшает степень ослабления поля двигателей. На 3-й позиции отключаются контакторы ослабления поля 65, 66 и 69, 70, двигатели переводятся на работу при полном поле. На 4-й позиции включается реостатный контактор  $K1$  и закорачивает секцию  $R1$  в блоке резисторов 31. На 5-й позиции включается реостатный контактор  $K2$  и закорачивает секцию  $R1$  в блоке 32. На последующих позициях один за другим реостатные контакторы поочередно выводят из цепи тяговых двигателей секции пусковых реостатов в соответствии с таблицей замыкания контакторов (рис. 274), обеспечивая этим пуск и разгон электровоза.

На 25-й, последней позиции последовательного соединения тяговых двигателей включены реостатные контакторы  $K19$ ,  $K20$ ,  $K21$  и  $K22$ . При этом полностью выведены из цепи пусковые реостаты и четыре тяговых двигателя в каждой секции электровоза, соединенные последовательно, включены на полное поле. На 25-й позиции ток будет проходить по следующей цепи: быстродействующий выключатель 81, катушка дифференциального реле 83, контакты тормозного переключателя  $ПТ$ , контакты переключателя двигателей  $ПД1$ , линейные контакторы  $ЛК1-2$ , сглаживающий реактор 55, якоря тяговых двигателей  $I$  и  $II$ , катушка регулятора давления 53, контакты реверсивного переключателя 63, катушки возбуждения тяговых двигателей  $I$  и  $II$ , контакты реверсивного переключателя 63, контакты переключателей  $ПТ$  и  $ПД1$ ; реостатный контактор  $K21$ , контакторные элементы ПКГ 3 и 4, реостатный контактор  $K22$ , реле перегрузки  $РП2$ , контакты переключателя двигателей  $ПД2$ , линейные контакторы  $ЛК3-4$ , сглаживающий реактор 56, якоря тяговых двигателей  $III$  и  $IV$ , контакты  $ПТ$ , катушка регулятора давления 54, шунт амперметра 90, контакты 63, обмотки возбуждения двигателей  $III$  и  $IV$ , контакты реверсивного переключателя 63, тормозного переключателя  $ПТ$ , переключателя двигателей  $ПД2$ , линейные контакторы  $ЛК5-6$ , межсекционное соединение  $B58-B56$ , контакты переключателей двигателей  $ПД1$  и  $ПД2$  (второй секции), межсекционное соединение  $B57-B59$ , катушка дифференциального реле 83, аварийный переключатель 46, токовая обмотка электросчетчика постоянного тока, контакты разъединителя вентилей 48, заземляющее устройство 77—80.

На последовательном соединении тяговых двигателей предусмотрено четыре ступени ослабления поля. Переход с последовательного на параллельное соединение двух групп тяговых двигателей осуществляется с помощью группового переключателя ПКГ-169, имеющего шесть контакторных элементов, и двух мостовых контакторов 29 и 30.



При переходе на параллельное соединение на 1-й переходной позиции включаются мостовые контакторы 29 и 30, таким образом создается вторая цепь тока в обход реостатных контакторов через мостовые. Вслед за этим отключаются реостатные контакторы К19—К22.

На 2-й переходной позиции отключаются контакторные элементы ПКГ 3 и 4. На 3-й переходной позиции включаются контакторные элементы ПКГ 1—2 и 5—6.

Таким образом создается параллельное соединение двух групп тяговых двигателей, в каждую из которых включены пусковые реостаты.

Затем отключаются мостовые контакторы 29 и 30. Это соответствует 26-й позиции контроллера машиниста, первой позиции параллельного соединения.

На последующих позициях происходит включение соответствующих реостатных контакторов и выведение из цепи двигателей секций пусковых реостатов в соответствии с таблицей замыкания контакторов (см. рис. 274).

На 38-й позиции все секции пусковых реостатов выведены из цепи, что соответствует параллельному соединению групп двигателей на полном поле. Прохождение тока аналогично описанному ранее, его можно проследить по схеме силовой цепи. На параллельном соединении можно применить четыре ступени ослабления поля двигателей.

Таким образом, обеспечивается необходимая плавность пуска и разгона и выход на рабочую характеристику электровоза в соответствии с пусковой диаграммой.

**Работа силовой цепи при питании от контактной сети переменного тока 25 кв.** Когда электровоз оказывается на нейтральной вставке, обесточиваются катушки реле постоянного тока в устройстве контроля рода тока 50 и в связи с этим переключатель рода тока 7 занимает нейтральное положение (см. рис. 259).

При входе электровоза на участок контактной сети переменного тока срабатывают реле переменного тока на панели 50 (см. рис. 259). Своими контактами эти реле переводят переключатель 7 в положение, соответствующее соединению цепи токоприемника с первичной обмоткой тягового трансформатора, а переключатель 48 — в положение, при котором цепь тяговых двигателей отключена от земли и подключена к выпрямительной установке.

Питание первичной обмотки тягового трансформатора производится по следующей цепи: токоприемник 1, дроссель помехоподавления ДП, разъединитель токоприемника 2, переключатель рода тока 7, главный воздушный выключатель 4, катушка фильтра Ф1, первичная обмотка тягового трансформатора 3, земля.

Тяговые двигатели получают питание от вторичной обмотки тягового трансформатора 3 через выпрямительный мост 61, контакторный элемент переключателя 48, ножи аварийного разъединителя 46, быстродействующий выключатель 81, дифференциальное реле 83 (рис. 273).

Силовые цепи при пуске, разгоне и регулировании скорости электровоза работают так же, как при питании от контактной сети постоянного тока 3000 в.

В цепи каждой группы двигателей предусмотрены сглаживающие реакторы 55, 56. Обмотки возбуждения двигателей, как и на электровозах переменного тока, шунтированы резисторами, которые обеспечивают отвод переменной составляющей пульсирующего тока (см. рис. 273).

**Работа силовых цепей в режиме реостатного торможения.** На электровозе ВЛ82<sup>м</sup> применено реостатное торможение при самовозбуждении и перекрестном соединении якорей и обмоток возбуждения тяговых двигателей, что обеспечивает электрическую устойчивость двигателей в генераторном режиме. Обе группы двигателей генерируют электроэнергию на общий резистор, в качестве которого используют обе ветви пусковых реостатов, соединенные последовательно. Для того чтобы обеспечить самовозбуждение двигателей при переходе на тормозной режим, направление тока в обмотках возбуждения сохранено таким же, как в тяговом режиме.

Изменение тормозного тока, а следовательно, и тормозного усилия достигается изменением сопротивления тормозного реостата, для чего включают реостатные контакторы в таком же порядке, в каком они включаются на последовательном соединении двигателей в тяговом режиме. Таким образом, обеспечиваются 23 тормозные позиции (рис. 275).

Первые две из них получаются при полностью введенных реостатах с использованием ослабления поля тяговых двигателей. На 3-й тормозной позиции двигатели работают на полном поле при полностью введенных реостатах.

Благодаря применению тормозных реостатов с интенсивной вентиляцией длительность работы электровоза в режиме реостатного торможения не ограничивается.

**Аварийные и вспомогательные режимы.** В случае повреждения силового оборудования предусмотрена возможность отключения его и работа электровоза без этого оборудования. Если поврежден один из токоприемников, он может быть отключен разъединителем, и работа электровоза производится при питании от второго исправного токоприемника (второй секции).

При выходе из строя одного из тяговых двигателей отключают группу из двух двигателей, в которой находится поврежденный, и электровоз может работать с оставшимися шестью тяговыми двигателями. Эти переключения производятся дистанционно переключателями двигателей.

Для отключения группы двигателей I и II первой секции и обеспечения аварийного питания группы двигателей III и IV последовательно с четырьмя исправными двигателями второй секции нужно в первой секции переключатель ПД-2 перевести из нормального положения ПД-Н в аварийное ПД-А. Если же отключаются двигатели III и IV, то соответственно нужно перевести переключатель ПД-1 из положения ПД-Н в положение ПД-А. Во всех этих

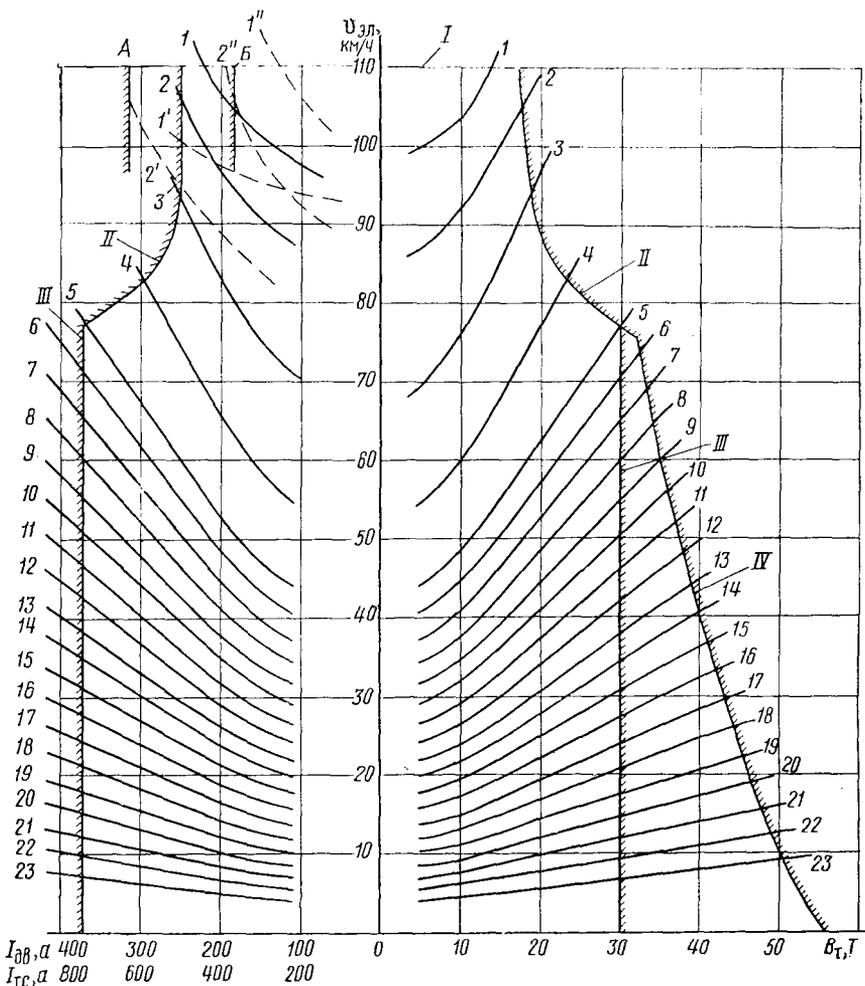


Рис. 275. Характеристика реостатного торможения электровоза ВЛ82М:  
 I — ограничение по скорости; II — по максимальному напряжению двигателя 4000 в;  
 III — по тормозному току 740 а; IV — по сцеплению

случаях обеспечивается работа электровоза на шести последовательно соединенных двигателях, причем только на позициях последовательного соединения.

При отключении группы двигателей применение реостатного торможения исключается.

В случае выхода из строя любого из блоков пуско-тормозных реостатов или двигателя вентилятора, охлаждающего их, а также при выходе из строя быстродействующего выключателя или выпрямительной установки предусмотрена возможность работы электровоза на восьми последовательно включенных двигателях. Для осу-

ществления этого оба переключателя двигателей *ПД1* и *ПД2* должны быть переведены из нормального положения в аварийное на неисправной секции электровоза.

В случае выхода из строя одной из выпрямительных установок питание силовых цепей обеих секций электровоза в режиме переменного тока может быть произведено от одной исправной установки. Для этого нужно переключить аварийный разъединитель *46* на неисправной секции электровоза. В этом случае работа электровоза допускается только на позициях последовательного соединения двигателей.

Указанный аварийный режим может быть использован также при повреждении главного выключателя или тягового трансформатора. В случае необходимости может быть отключена полностью одна из секций электровоза, при этом сила тяги и мощность снижаются в 2 раза.

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ

§ 82. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

Вспомогательные цепи (рис. 276) получают питание от обмотки собственных нужд тягового трансформатора, имеющей выводы на 210 в ( $x — ab$ ), 399 в ( $x — a5$ ) и 630 в ( $x — a4$ ). Напряжения между выводами указаны в режиме холостого хода.

По роду напряжения все вспомогательное оборудование электроваза разделяют на две группы: потребители однофазного тока, получающие питание непосредственно от вспомогательной обмотки, и потребители трехфазного тока, для питания которых необходимо преобразовать однофазное напряжение вспомогательной обмотки трансформатора в трехфазное.

К потребителям первой группы с номинальным напряжением 380 в относятся следующие: асинхронные расщепители фаз  $\Phi P1$  и  $\Phi P2$ , преобразующие однофазный ток в трехфазный для питания потребителей второй группы; трансформаторы питания блока защиты выпрямительных установок, трансформаторы напряжения 87, 112, 114; вентиль защиты 104; катушка отключающего электромагнита ГВ; нагревательные элементы печей обогрева кабины машиниста 173—182; обогреватель санузла 216; нагреватели спускных кранов пневматической системы 193—196; вольтметры 97 и 98, контролирующие напряжение контактной сети.

От выводов  $x — ab$  обмотки собственных нужд через предохранитель 157 получает напряжение 210 в вольтметровая обмотка счетчика электроэнергии 103. От трансформатора напряжения 87 получает питание цепь защиты от замыкания на землю силовых цепей (реле заземления 88 на рис. 260).

От трансформатора напряжения 112 питаются сельсин-датчик 203 и указатели позиций 201 и 202, а от трансформатора напряжения 114 — обогреватели спускных кранов.

Во вторую группу потребителей входят трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором:  $MB1$ ,  $MB2$  — двигатели вентиляторов охлаждения тяговых двигателей I и II, выпрямительной установки 61 и блока генераторной защиты 1-го конца;  $MB3$ ,  $MB4$  — двигатели вентиляторов охлаждения тяговых двигателей III, IV, радиаторов тягового трансформатора, сглаживающих реакторов и индуктивных шунтов;  $MB5$ ,  $MB6$  — двигатели вентиляторов охлаждения тяговых двигателей V—VI, выпрями-

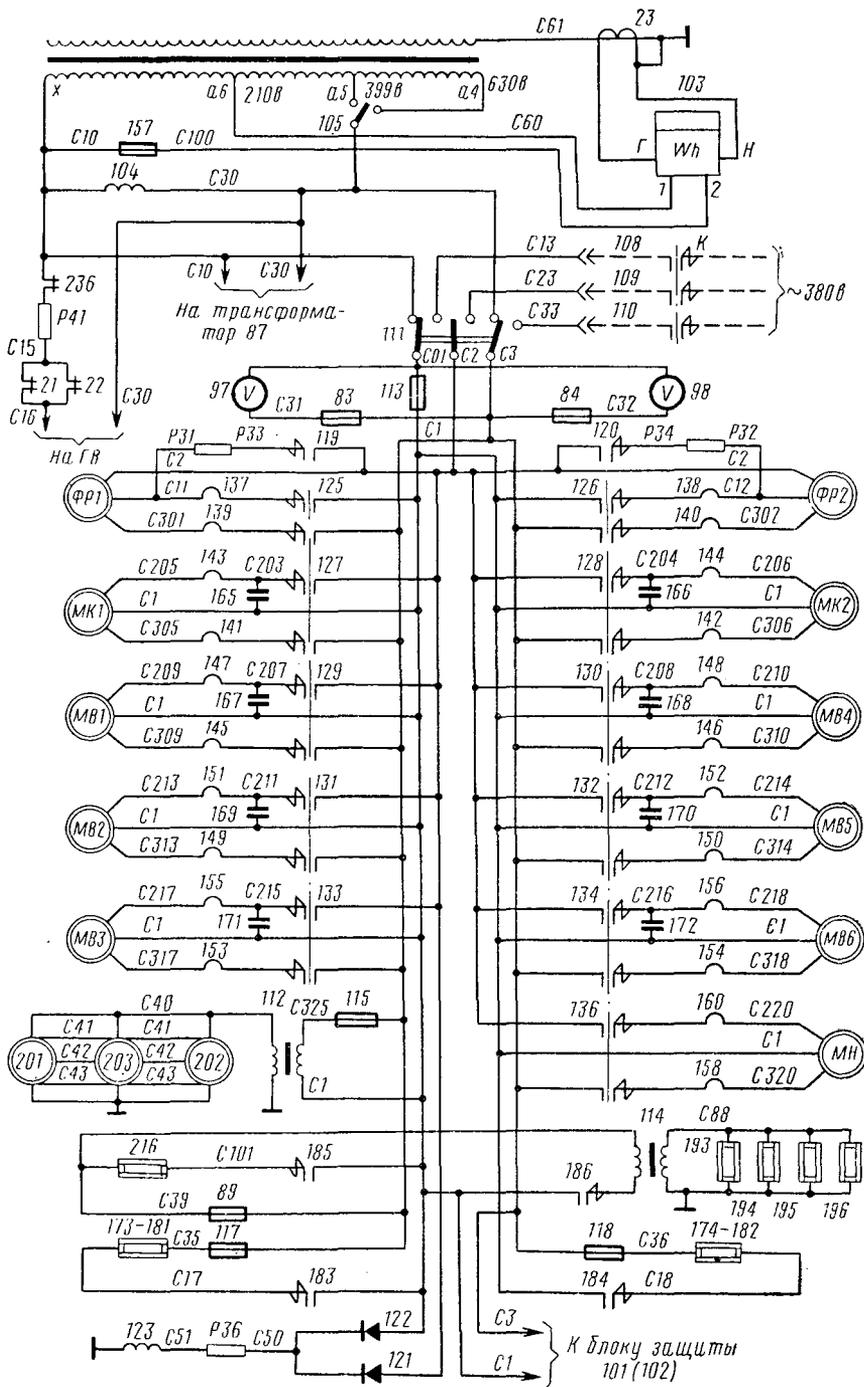


Рис. 276. Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

тельный установки 62 и блока генераторной защиты 2-го конца; МК1, МК2 — двигатели компрессоров; МН — двигатель насоса системы охлаждения трансформатора.

Расщепители фаз включаются и выключаются контакторами 125, 126. Запуск расщепителей фаз — асинхронный с помощью резисторов Р31—Р33, Р32—Р34, включаемых на время пуска контакторами 119, 120. Пуск расщепителей фаз осуществляется в следующем порядке. Сначала замыкаются электромагнитные контакторы 125 и 119. Первый из них подключает расщепитель ФР1 к сети, второй вводит в цепь пусковой резистор Р31—Р33. Когда скорость расщепителя фаз ФР1 становится близкой к синхронной (1430 об/мин), срабатывает реле оборотов 249 (см. рис. 302), которое находится на одном валу с расщепителем фаз, и своими контактами отключает контактор 119, вследствие чего отключается пусковой резистор. Это же реле включает контакторы 126 и 120, подсоединяющие к сети второй расщепитель фаз ФР2. Начинается пуск расщепителя ФР2; при скорости вращения ротора, близкой к синхронной, срабатывает его реле оборотов. В результате отключаются контактор 120 и пусковой резистор Р32—Р34 (см. рис. 276).

Пуск расщепителей фаз необходимо производить на холостом ходу при выключенных вспомогательных машинах. Для этого предусмотрены блокировки, исключающие возможность включения контакторов вспомогательных машин 127—134, 136 до тех пор, пока не сработали оба реле оборотов.

Расщепители фаз включены параллельно и питают двигатели всех вспомогательных машин. Два расщепителя установлены для обеспечения необходимого резервирования. В случае выхода из строя одного из них все двигатели вспомогательных машин питаются от исправного расщепителя фаз. Для отключения неисправного расщепителя предусмотрена соответствующая кнопка на кнопочном выключателе, расположенном в машинном помещении; при выключении кнопки размыкается контактор 125 или 126.

Расщепители фаз одновременно являются приводами для генераторов управления, якоря которых посажены на валы расщепителей.

Двигатели компрессоров МК1, МК2, вентиляторов МВ1—МВ6 и насоса МН включаются (выключаются) контакторами 127—134, 136. При включении компрессоров МК1, МК2 и вентиляторов МВ1—МВ6 их контакторами также включаются дополнительные емкости 165—172 между линейной и генераторной фазами для облегчения запуска и условий работы двигателей путем улучшения симметрии трехфазной системы.

Питание вспомогательным цепям при нахождении электровоза в депо можно подать через розетки 108, 109, 110, включаемые в этом случае переключателем 111. К розеткам подводится напряжение 380 в от сети депо через контактор К.

При понижении напряжения в контактной сети до 12 кв (в случае выхода из строя на длительное время одной из питающих тяговых подстанций) силовые цепи обеспечивают работу тяговых двигателей при этом напряжении.

Для обеспечения работы вспомогательных машин в этом случае на обмотке собственных нужд предусмотрен дополнительный вывод  $a4$  с напряжением 630 в.

При напряжении в контактной сети в пределах от 29 до 19 кв вспомогательные цепи переключателем 105 подключены к выводам  $x—a5$  обмотки собственных нужд. Если напряжение в контактной сети будет ниже 19 кв, переключатель 105 переводится в положение, при котором вспомогательные машины подключаются к выводам  $x—a4$  (630 в), однако при напряжении в контактной сети 12 кв на них будет около 300 в, что по условиям работы вспомогательных машин допустимо.

Следует иметь в виду, что при включении переключателя 105 на выводы  $x—a4$  искажаются показания сетевых вольтметров; они будут завышены в 1,6 раза.

Печи обогрева кабин машиниста 173—182 включаются контакторами 183 и 184, индукционные нагреватели спускных кранов — контактором 186, обогреватель санузла — контактором 185. Непосредственно от обмотки собственных нужд тягового трансформатора (до переключателя 111) питается вентиль защиты 104, трансформатор 87 земляной защиты, катушка отключающего электромагнита  $ГВ$ , вольтметровая обмотка счетчика электроэнергии. Катушка переменного тока защитного вентиля 104 всегда возбуждена, если есть напряжение на обмотке собственных нужд тягового трансформатора и, следовательно, если подано напряжение на первичную обмотку тягового трансформатора. При этом будут заблокированы двери высоковольтной камеры электровоза.

Питание электромагнита переменного тока  $ГВ$  производится через размыкающие контакты промежуточного реле 236, дифференциальных реле 21 и 22 и дополнительный резистор  $P41$ . При срабатывании дифференциальных реле 21 и 22 подается импульс напряжения на отключающий электромагнит  $ГВ$ , и последний отключается, что дублирует действие аналогичных блок-контактов в цепи удерживающей катушки  $ГВ$ .

### § 83. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

Вспомогательное оборудование каждой секции электровоза получает питание от обмотки собственных нужд тягового трансформатора, установленного на этой секции (рис. 277).

Обмотка собственных нужд имеет четыре вывода:  $x$ ,  $a5$ ,  $a4$  и  $a3$ . Напряжение холостого хода при номинальном напряжении (25 кв) составляет 229 в между выводами  $x—a5$ , 396 в между выводами  $x—a4$  и 625 в между выводами  $x—a3$ .

По роду напряжения все вспомогательное оборудование, как и на электровозе ВЛ60<sup>к</sup>, делят на две группы: потребители однофазного тока, питание которых осуществлено непосредственно от выводов обмотки собственных нужд, и потребители трехфазного тока, которые питаются через расщепитель фаз.

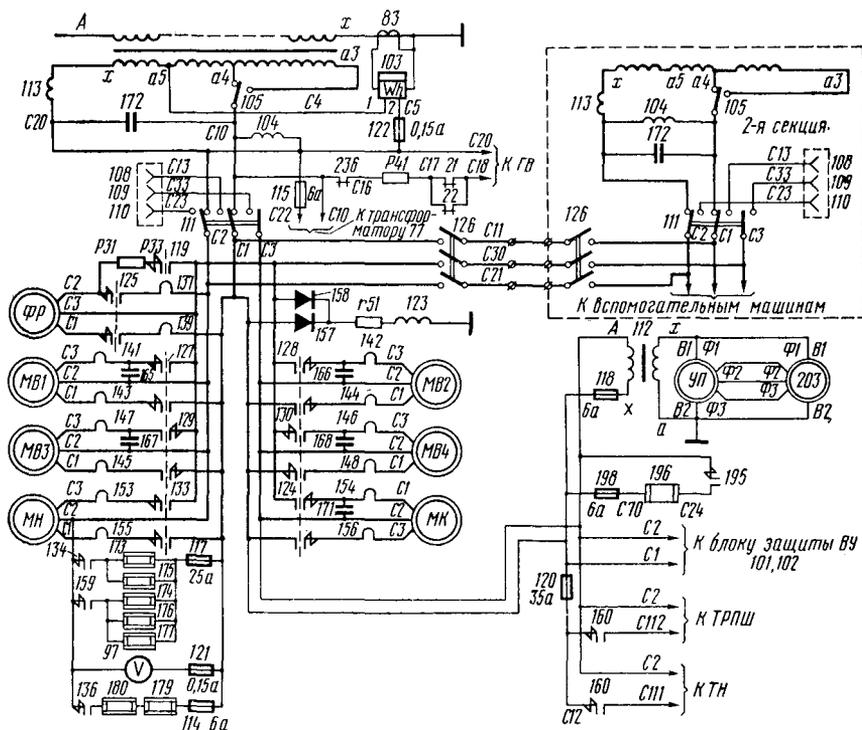


Рис. 277. Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

К потребителям однофазного тока с номинальным напряжением 380 в относятся: расщепитель фаз ФР; трансформатор ТРПШ, регулируемый подмагничиванием шунтов, являющийся основным элементом статического преобразователя переменного тока 380 в в постоянный ток 50 в для питания цепей управления; трансформаторы напряжения 77 и 112; нагревательные элементы печей обогрева кабины машиниста 173—177; калорифер обогрева лобовых стекол 196; обогреватели санузла 179 и 180; вентиль защиты 104; вольтметр 97, контролирующий напряжение контактной сети; катушка отключающего электромагнита ГВ, которая получает питание через контакты реле 236, резистор P41 и контакты дифференциальных реле 21 и 22; трансформатор блока защиты от пробоя вентилях выпрямительных установок.

К трансформатору напряжения 77 подсоединена цепь защиты силовых цепей от замыкания на землю (реле заземления 88). От трансформатора напряжения 112 получают питание сельсин-датчик 203 и указатель позиций УП.

К потребителям однофазного тока с номинальным напряжением 220 в относится вольтметровая обмотка счетчика электроэнергии 103. Потребителями трехфазного тока являются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором: МВ1, МВ2 — двигатели вентиля-

торов охлаждения тяговых двигателей *I—IV*; *МВЗ*, *МВ4* — вентиляторов охлаждения выпрямительных установок, радиаторов тягового трансформатора и сглаживающих реакторов; *МН* — масляного насоса системы охлаждения тягового трансформатора; *МК* — компрессора.

Расцепитель фаз включается контактором *125*. Запуск расцепителя фаз осуществляется с помощью резистора *РЗ1—РЗЗ*, включаемого на время пуска контактором *119*. Вентиляторы *МВ1—МВ4*, насос *МН* и компрессор *МК* включаются контакторами *127—130*, *133*, *124*. При включении вентиляторов *МВ1—МВ4* и компрессора *МК* также включаются дополнительные емкости *165—168*, *171* между линейной и генераторной фазами, облегчающие запуск и условия работы двигателей в результате улучшения симметрии трехфазной системы.

Питание к вспомогательным цепям при нахождении электровоза в депо можно подавать через розетки *108*, *109*, *110* переключателем *111*. К розеткам от трехфазной сети депо подводится напряжение 380 в.

Обогреватели санузла *179*, *180* включаются контактором *136*, печи обогрева кабины *173—177* и нагреватели калорифера обогрева лобовых стекол — контакторами *134*, *159*, *195*.

Предусмотрена возможность работы вспомогательных машин при снижении напряжения в контактной сети до 12 кв. При этом переключателем *105* питание вспомогательной цепи переводится на выводы обмотки собственных нужд *x — аЗ* с напряжением холостого хода 625 в.

В нормальном режиме один расцепитель фаз питает вспомогательные цепи только своей секции. Однако на случай выхода из строя одного из расцепителей фаз предусмотрено резервирование: можно осуществить питание вспомогательных машин обеих секций от одного исправного расцепителя фаз. Для этой цели в каждой секции установлен разъединитель *126*, который нормально должен быть выключен (запломбирован). В случае же повреждения одного из расцепителей фаз выключают на этой секции разъединитель *111* и включают разъединители *126* на обеих секциях. Это обеспечивает работу всех вспомогательных машин обеих секций электровоза с питанием их от одного исправного расцепителя фаз и одной обмотки собственных нужд тягового трансформатора.

Зимой при низкой температуре окружающего воздуха, когда масло в картере компрессора загустевает, перед запуском компрессора нужно предварительно включать мотор-вентиляторы.

## § 84. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ80<sup>т</sup>

Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ80<sup>т</sup> (рис. 278) имеет некоторые особенности.

Напряжение холостого хода на выводах обмотки собственных нужд тягового трансформатора у электровоза ВЛ80<sup>т</sup> несколько выше,

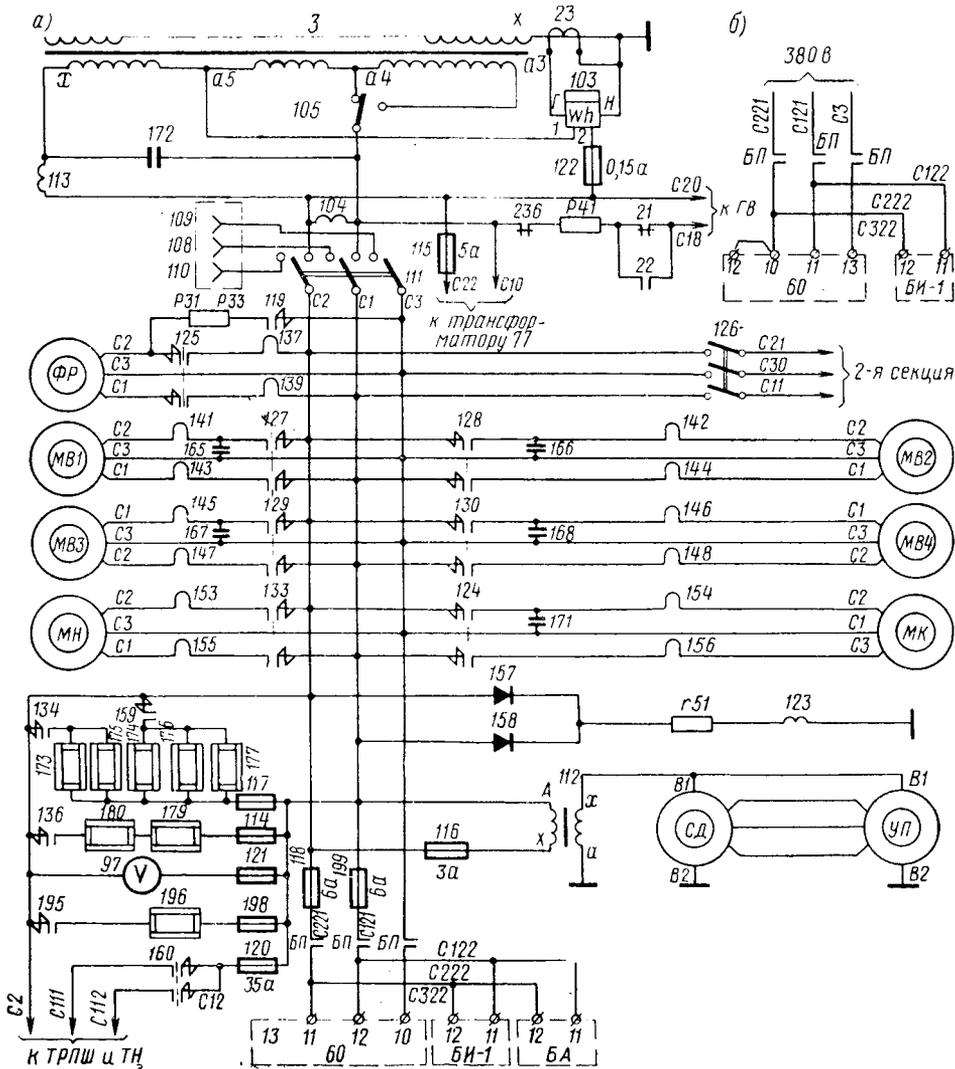


Рис. 278. Схемы вспомогательных цепей электровоза ВЛ80Т:

а — вспомогательных цепей (1-я секция); б — питания цепей управления выпрямительной установки, блока измерения и блока автоматики (2-я секция)

чем у ВЛ80к: при номинальном напряжении в контактной сети (25 кв) оно составляет 238 в между выводами  $x$  и  $a5$ ; 406 в — между  $x$  и  $a4$  и 638 в между  $x$  и  $a3$ . Это позволило повысить величину напряжения на вспомогательных машинах при снижении напряжения в контактной сети до 19 кв.

Разъединитель вспомогательной цепи 111 выполнен с тремя фиксированными положениями. Верхнее положение ножей разъединителя является рабочим; при этом вспомогательные машины и



возов ВЛ80<sup>к</sup>, и поэтому допускает возможность более затяжных пусков расцепителя фаз.

Двигатель *МВ1* предназначен для привода вентилятора охлаждения тяговых двигателей *I* и *II*, а двигатель *МВ2* — для привода вентилятора охлаждения тяговых двигателей *III* и *IV*, а также выпрямительной установки возбуждения.

Двигатели *МВ3* и *МВ4* служат для привода вентиляторов, которые охлаждаются в тяговом режиме главные выпрямительные установки, сглаживающие реакторы и радиаторы тягового трансформатора. В режиме реостатного торможения эти вентиляторы охлаждаются тормозной реостат. Переключение потока воздуха от вентиляторов на охлаждение тормозных реостатов производится поворотными заслонками устройства переключения воздуха (УПВ) с дистанционным электропневматическим приводом.

К цепям управления выпрямительных установок возбуждения *60*, блокам измерения *БИ-1* и блокам автоматического управления реостатным торможением *БА* подводится напряжение 380 в от обмотки собственных нужд тягового трансформатора через предохранители *118*, *199* и контакты блокировочного переключателя *БП*, замкнутые в режиме реостатного торможения. В режиме тяги указанные аппараты не получают питания.

## § 85. Вспомогательные цепи электровоза ЧС4

Вспомогательные машины и приборы получают питание от обмотки собственных нужд *015<sub>4</sub>* тягового трансформатора (рис. 280). Обмотка собственных нужд имеет три вывода: *d0*, *d1* и *d2*. Напряжение холостого хода между выводами *d0* и *d1* составляет 213 в, а между выводами *d0* и *d2* — 260 в.

Для того чтобы переключить питание с напряжения 213 на 260 в, переставляют предохранители *203* и *204* в зажимы — пинцеты *203<sub>1</sub>* и *204<sub>1</sub>*. Переключатель *201* позволяет подключить вспомогательные машины (для проверки их работы после ремонта) к деповской сети переменного тока 220 в через розетки *202*.

Все вспомогательные машины и оборудование, установленные на электровозах ЧС4, можно разделить на две части: потребители постоянного тока, получающие питание от обмотки собственных нужд тягового трансформатора через два выпрямительных моста, и потребители переменного однофазного тока, которые получают питание непосредственно от обмоток собственных нужд тягового трансформатора.

К потребителям постоянного тока относятся двигатели постоянного тока с напряжением на коллекторе 220 в, предназначенные для привода вентиляторов (*239—242*; *244—247*) и для привода компрессоров (*243*, *248*). Они разбиты на две группы: двигатели *239—243* получают питание от выпрямительного моста *220<sub>1</sub>*, а двигатели *244—248* — от выпрямительного моста *220<sub>2</sub>*. Мосты *220* со стороны переменного тока соединены параллельно и получают напряжение

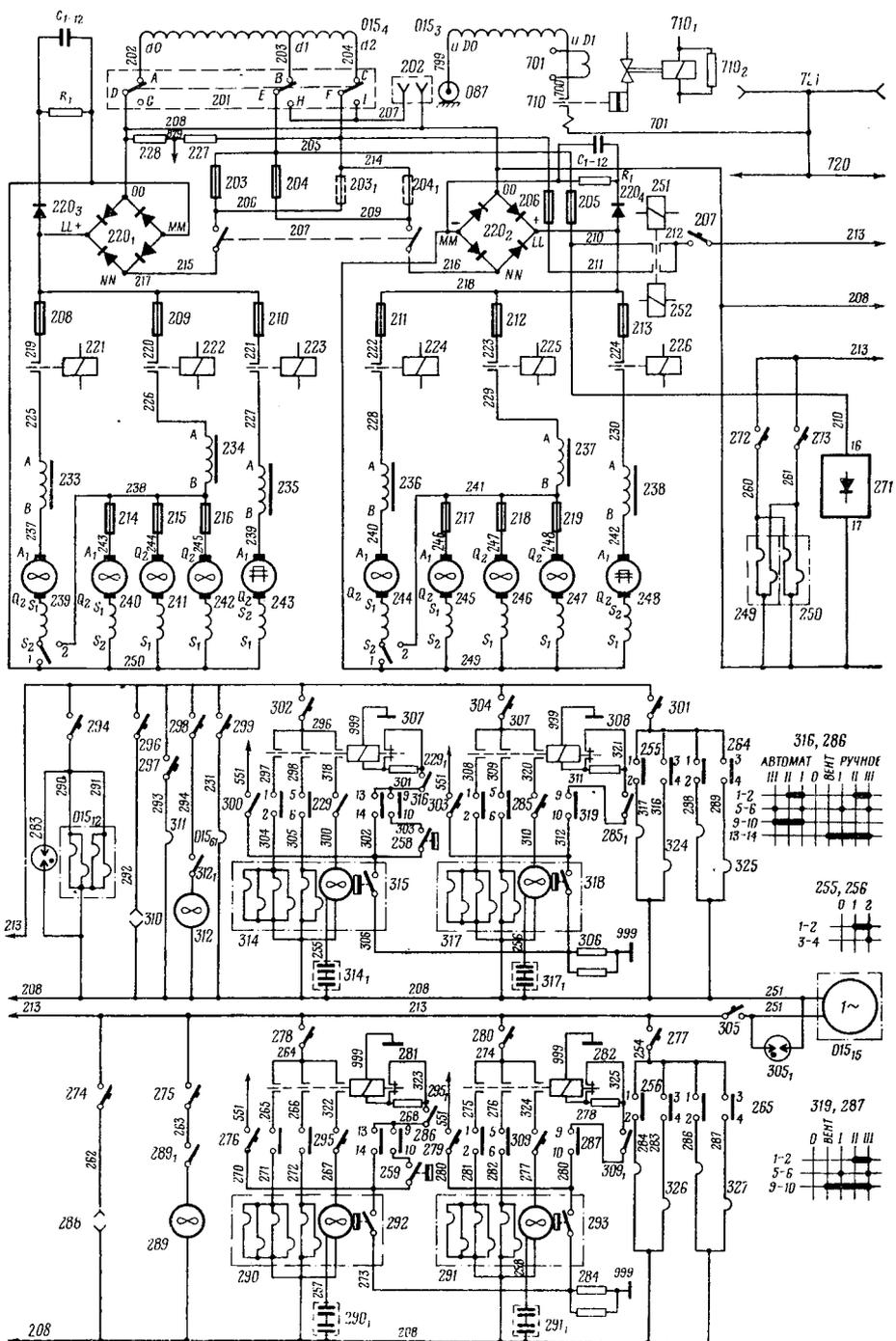


Рис. 280. Схема вспомогательных цепей электровоза ЧС4

от одних и тех же выводов обмотки собственных нужд тягового трансформатора.

Двигатель-вентилятор 239 предназначен для охлаждения тяговых двигателей 1, 2 и 3 и получает питание по цепи: предохранитель 208, главные контакты контактора 221, сглаживающий дроссель 233. Двигатель-вентилятор 240 предназначен для охлаждения сглаживающих реакторов, масляного радиатора тягового трансформатора и резисторов ослабления поля. Двигатели-вентиляторы 241 и 242 охлаждают силовую выпрямительную установку 020, а двигатели-вентиляторы 246 и 247 — выпрямительную установку 022. Двигатели 240, 241 и 242 соединены параллельно и получают питание по цепи: предохранитель 209, силовые контакты контактора 222, сглаживающий дроссель 234. В цепи каждого из этих двигателей предусмотрен дополнительный предохранитель (214, 215, 216).

В зимний период, переставляя контактную планку в положение 2, можно соединить последовательно двигатель 239 с параллельно соединенными двигателями 240, 241 и 242. При этом необходимо снять предохранитель 209. Двигатели будут работать на пониженном напряжении, развивать меньшую скорость и соответственно меньшую производительность.

Двигатель главного компрессора 243 получает питание по цепи: предохранитель 210, главные контакты контактора 223, сглаживающий дроссель 235.

Двигатели 244, 245 являются приводами вентиляторов для охлаждения тяговых двигателей, сглаживающих реакторов и другого оборудования, расположенного на другой половине электровоза. Двигатель 248 приводит в действие второй главный компрессор. Цепи питания всех этих двигателей аналогичны рассмотренным для первой группы машин.

Вспомогательные машины и оборудование переменного однофазного тока получают питание от выводов обмотки собственных нужд 015<sub>4</sub> тягового трансформатора по цепи: средняя клемма переключателя 201, предохранитель 205, контактор 251 (213 в) или крайняя клемма переключателя 201, предохранитель 206 и контактор 252 (260 в), далее через защитный выключатель 207 на провод 213. Этот провод подводит напряжение ко всем потребителям переменного тока. Обратный провод 208 от потребителей соединяется через переключатель 201 с выводом *d0* обмотки собственных нужд.

Переключение питания потребителей переменного тока с выводов *d0* — *d1* (через контактор 251) на выводы *d0* — *d2* (через контактор 252) происходит автоматически при понижении напряжения в контактной сети.

К потребителям переменного тока относятся:

радиаторы отопления 249 и 250 водоспускных кранов, получающие питание через автоматические защитные выключатели (АЗВ) 272 и 273; эти выключатели позволяют осуществить две ступени нагрева кранов;

зарядное устройство (стабилизатор напряжения) 271, имеющее собственный предохранитель;

электрорадиаторы  $015_{1,2}$  для нагрева трансформаторного масла переключателя ступеней (ПС), включаемые с помощью АЗВ 294. Одновременно получает питание сигнальная лампа 283 (тлеющего разряда);

штепсельные розетки 288 и 310 в кабинах машиниста для переносных электроприборов переменного тока; напряжение на розетки подается через АЗВ 274 и 296;

электрический бойлер 311 (горячая вода для локомотивной бригады), включаемый АЗВ 297;

двигатель  $015_{15}$  насоса фильтрации масла переключателя ступеней и сигнальная лампа  $305_1$  тлеющего разряда, напряжение на которые подается АЗВ 305;

двигатели 260 и 261 (однофазные, асинхронные, конденсаторные) насосов циркуляции трансформаторного масла, получающие напряжение через защитные выключатели 266, 267 и 268 (см. рис. 305);

мотор-вентиляторы 289 и 312 (см. рис. 280), установленные в кабинах машиниста, напряжение к которым подводится через АЗВ 275 и 298 при включении кнопок  $289_1$  и  $312_1$ ;

обогреватель  $015_6$ , получающий напряжение через АЗВ 299;

стеклообогреватели кабины 291 и 317, получающие питание при включении контакторов 282 и 308 в зависимости от положения переключателей 287 и 319 по цепи через АЗВ 280 и 304;

электрорадиаторы 324—327 отопления кабины (у ног машиниста и помощника машиниста), цепь питания которых замыкают АЗВ 277 и 301 и контакты выключателя отопления 256 и 255. В зависимости от положения выключателя можно осуществить два варианта отопления;

калориферы 290 и 314 для обогрева кабин машиниста, включаемые контакторами 281 и 307; цепь их защищена выключателями 278 и 302.

В зависимости от положения переключателей 286 и 316 сначала включается вентилятор, а затем три ступени отопления. Термостаты 259 и 258 предназначены для автоматического поддержания заданной температуры в кабинах машиниста.

## § 86. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ82<sup>м</sup>

На электровозе ВЛ82<sup>м</sup> вспомогательные цепи состоят из двух частей. Одна часть (рис. 281) содержит машины и устройства, которые получают питание постоянного тока напряжением 3000 в либо непосредственно от контактной сети (на участках постоянного тока), либо от вторичной обмотки тягового трансформатора через главную выпрямительную установку (на участках переменного тока). К другой части вспомогательной цепи (рис. 282) относятся машины и устройства, которые работают только на участках переменного тока и получают питание от выводов обмотки собственных нужд тягового трансформатора с номинальным напряжением холостого хода 240 в.

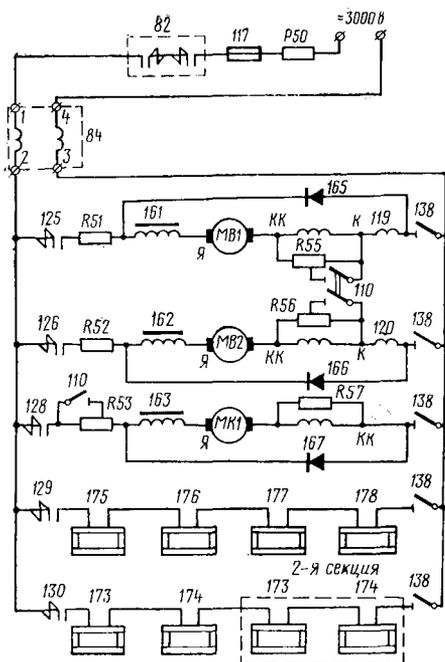


Рис. 281. Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ82<sup>М</sup> (постоянного тока 3000 в)

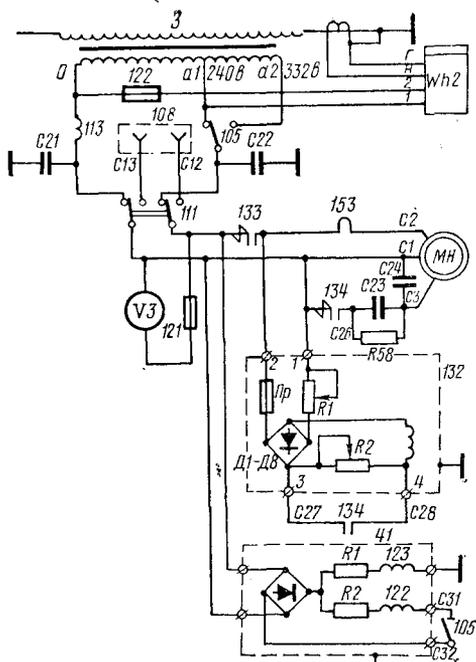


Рис. 282. Схема вспомогательных цепей электровоза ВЛ82<sub>М</sub> (однофазного тока)

В каждой секции электровоза имеются следующие машины и устройства постоянного тока: два двигателя вентиляторов *МВ1* и *МВ2* (см. рис. 281) для охлаждения тяговых двигателей и выпрямительной установки; электродвигатель компрессора *МК1* и шесть электрических печей. Двигатели вентиляторов *МВ1* и *МВ2*, как и двигатель компрессора *МК1*, рассчитаны для работы с напряжением 3000 в на коллекторе. На валу двигателя вентилятора *МВ1* установлен трехфазный генератор переменного тока для питания цепей управления выпрямленным током напряжения 50 в. На вал двигателя вентилятора *МВ2* посажен центробежный вентилятор для охлаждения радиаторов тягового трансформатора. Для охлаждения пуско-тормозных реостатов применены мотор-вентиляторы, двигатели которых включены на часть реостатов (см. рис. 273).

Питание вспомогательной цепи постоянного тока 3000 в производится через переключатель 46 (см. рис. 273). В цепи питания 3000 в предусмотрены: демпферный резистор *P50* (см. рис. 281), который ограничивает ток короткого замыкания в случае его возникновения; общий предохранитель вспомогательной цепи 117; контактор вспомогательных цепей 82 и реле дифференциальной защиты 84.

Двигатели для привода вентиляторов *МВ1*, *МВ2* и компрессора *МК1* включаются электромагнитными контакторами 125, 126

и 128 через последовательно включенные с ними демпферные резисторы *R51*, *R52* и *R53* с целью уменьшения пускового тока, а также сглаживающие дроссели 161, 162 и 163. Обмотки возбуждения двигателей вентиляторов и компрессора зашунтированы резисторами *R55*, *R56* и *R57* для отвода переменной составляющей пульсирующего тока и уменьшения пульсации магнитного потока машин.

Для облегчения условия коммутации электромагнитных контакторов цепи вспомогательных машин и сглаживающих реакторов зашунтированы разрядными диодами 165—167. Одновременно эти диоды снижают уровень перенапряжений, возникающих при отключении контакторов, что существенно облегчает условия работы изоляции машин.

Четыре электрических печи 175—178 составляют одну группу и включаются электромагнитным контактором 129, а две печи 173 и 174 одной секции включены последовательно с одноименными печами второй секции межсекционным соединением, составляют вторую группу печей и включаются электромагнитным контактором 130.

Для обеспечения нормальной работы двигателей вентиляторов и компрессоров при пониженном напряжении в контактной сети (до 12 кв) на участках переменного тока предусмотрен переключатель 110, с помощью которого закорачивается часть демпферного резистора *R53* и тем самым увеличивается пусковой ток двигателя компрессора *МК1* до нормальной величины во время пуска. Одновременно переключатель 110 закорачивает часть резисторов *R55*, *R56*, шунтирующих обмотки возбуждения двигателей вентиляторов *МВ1* и *МВ2*, с целью ослабления магнитного поля этих двигателей и повышения числа оборотов.

Цель каждого двигателя вентилятора или компрессора, а также электропечей может быть отключена с двух сторон, с одной стороны соответствующим контактором, с другой — рубильником 138.

Вторая часть вспомогательной цепи (см. рис. 282), которая получает напряжение от обмотки собственных нужд тягового трансформатора, содержит двигатель масляного насоса *МН* системы охлаждения этого двигателя и панель 41, на которой расположены реле максимального напряжения 122 и реле контроля земли 123. Оба эти реле питаются через выпрямительный мост.

Двигатель *МН* представляет собой асинхронную машину трехфазного тока, работающую как конденсаторный двигатель; сдвиг фазового напряжения создается конденсаторами *С24* и *С23*. Включается двигатель на однофазное напряжение электромагнитным контактором 133.

Пуск электронасоса при напряжениях до 190 в осуществляется при повышенной емкости в цепи: с помощью контактора 134 конденсатор *С23* подключается параллельно конденсатору *С24*. Когда питающее напряжение выше 190 в, срабатывает реле напряжения 132, замыкающее своими контактами цепь катушки контактора 134 (см. рис. 306); при этом в цепи электронасоса остается один конденсатор *С24*. При снижении напряжения до 170 в реле включается

и его контакты замыкают цепь катушки контактора 134. При этом повышается емкость в цепи электронасоса.

Для проверки работы двигателя мотор-насоса *МН* в депо переключателем 111 он может быть отсоединен от выводов обмотки собственных нужд и подключен к розетке 108, к которой подходят провода с напряжением 220 в переменного тока от сети депо (см. рис. 282).

Предусмотрена возможность работы электровоза при напряжении в контактной сети 12 кв. Для обеспечения в этом случае нормальной работы двигателя мотор-насоса *МН* на обмотке собственных нужд тягового трансформатора имеется дополнительный вывод *а2* (напряжение холостого хода 332 в). В этом случае с помощью переключателя 105 цепь двигателя насоса *МН* переключают с вывода *а1* на вывод *а2* обмотки собственных нужд трансформатора, что обеспечивает необходимое для работы минимальное напряжение на указанном двигателе. Одновременно переключатель 105 подключает к цепи реле максимального напряжения 122.

При повышении напряжения в контактной сети до 19 кв надо выполнить обратные переключения переключателей 105 и 110 (см. рис. 281) в положение «25 кв».

Величина напряжения в контактной сети контролируется вольтметром *V3*, включенным через предохранитель на выводы обмотки собственных нужд. Нужно иметь в виду, что переключение цепи на вывод *а2* приводит к завышению показаний прибора против действительного в 1,4 раза.

В случае выхода из строя на одной из секций электровоза преобразовательной установки возможно питание вспомогательных цепей постоянного тока 3000 в обеих секций от одной преобразовательной установки. При этом вспомогательные цепи постоянного тока 3000 в переключателем 46 отключаются от поврежденной преобразовательной установки и включаются на питание от второй секции.

Питание двигателя насоса системы охлаждения тягового трансформатора не резервируется, так как в этом нет необходимости, поскольку трансформатор на аварийной секции отключается от сети.

## ЗАЩИТА СИЛОВЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ

### § 87. Защита силовой цепи электровозов ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup>

В процессе работы электровоза могут возникнуть режимы, значительно отличающиеся от нормальных, на которые не рассчитано оборудование (перегрузки, перенапряжения и короткие замыкания, перебросы по коллектору в тяговых двигателях, пробой изоляции и др.). Это может повлечь за собой значительные повреждения электрооборудования. Поэтому на электровозах предусматривают устройства защиты, которые в ряде случаев предотвращают возникновение аварийных процессов, а если они возникли, не позволяют им развиться, локализируют их.

**Защита силовых цепей от токов коротких замыканий.** Короткое замыкание по термическим и динамическим воздействиям очень опасно для оборудования электровоза. В случае возникновения короткого замыкания в тяговой цепи электровоза необходимо быстро отключить трансформатор со стороны контактной сети. Это осуществляется главным выключателем, который является основным аппаратом защиты на электровозе.

Если возникает короткое замыкание в силовой цепи и ток в первичной обмотке тягового трансформатора при этом больше 400 а, главный выключатель отключится под воздействием реле *РМТ*.

Защита должна срабатывать при коротком замыкании не только в цепи вторичной обмотки трансформатора, но и в первичной. Поэтому контроль тока осуществляют на первичной стороне тягового трансформатора.

Трансформатор тока установлен между главным выключателем и тяговым трансформатором (см. рис. 256 и 257). К его вторичной обмотке подключено реле *РМТ*. Ток, протекающий по замкнутой цепи (вторичная обмотка трансформатора тока — реле), при нормальных режимах не превосходит тока уставки реле 10 а. Только в аварийном режиме он превышает ток уставки и реле срабатывает, разрывая цепь удерживающей катушки главного выключателя, который и отсоединяет тяговый трансформатор электровоза от контактной сети.

Защита срабатывает в течение 0,04—0,06 сек. Такое быстрое действие достаточно для того, чтобы предотвратить повреждение электрооборудования.

Трансформатор тока совмещен с проходным изолятором, через который подается высокое напряжение от главного выключателя в кузов электровоза. Первичной обмоткой трансформатора тока служит токопроводящий стержень проходного изолятора. Вторичная обмотка трансформатора тока секционирована и позволяет регулировать уставку защиты от 200 до 500 а.

Восстановление защиты происходит автоматически. После отключения ГВ прекращается ток в катушке реле РМТ, его якорь отпадает, замыкая контакты в цепи удерживающей катушки и подготавливая этим включение главного выключателя. Недостаток рассматриваемой защиты — наличие так называемой мертвой зоны: защита срабатывает не во всех случаях короткого замыкания.

При коротком замыкании на первичной стороне тягового трансформатора защита всегда надежно срабатывает, а при замыкании на вторичной стороне она срабатывает в зависимости от ступени регулирования, т. е. от количества витков вторичной обмотки, которые оказались накоротко замкнутыми.

Например, при замыкании накоротко всей вторичной обмотки на 33-й позиции ток в первичной обмотке трансформатора превысит ток уставки, и защита работает. Но если замыкание вторичной обмотки произойдет на первых позициях (1-, 5-, 9-й), когда ток в первичной обмотке невелик, то, несмотря на большой ток во вторичной обмотке, защита не сработает. Снизить же уставку защиты, чтобы она срабатывала при всех коротких замыканиях, нельзя, так как ток уставки должен превышать наибольший ток, потребляемый электровозом из контактной сети в тяговом режиме. На 33-й позиции при токе тягового двигателя 600 а электровоз ВЛ60<sup>к</sup> потребляет из контактной сети ток более 300 а. Следовательно, уставка защиты не может быть меньше 300 а. С запасом на возможные броски тока уставка на электровозе ВЛ60<sup>к</sup> выбрана равной 400 а. По тем же соображениям ток уставки главного выключателя на каждой секции электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup> выбран равным 250 а.

Попытки устранить мертвые зоны в защите от коротких замыканий приводят к значительным и неоправданным усложнениям схемы.

**Защита от замыканий на землю.** Силовая цепь электровоза со стороны вторичной обмотки трансформатора не имеет соединения с землей, изоляция ее от земли выполнена на полное рабочее напряжение.

Нарушение изоляции только в одной точке силовой цепи не приводит к аварийному режиму, однако нарушение изоляции в двух точках может привести к короткому замыканию через землю. Чтобы исключить возможность возникновения подобного аварийного режима, необходимо контролировать изоляцию цепей от земли и при замыкании на землю в одной точке отключать установку и принимать меры к восстановлению изоляции.

Для контроля изоляции применяют так называемую земляную защиту. Основной аппарат этой защиты — реле заземления 88 (рис. 283), которое при замыкании на корпус любой точки силовой цепи срабатывает и своими контактами, во-первых, разрывает цепь

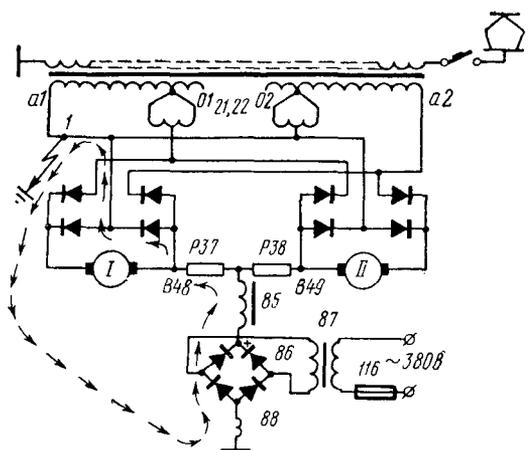


Рис. 283. Схема защиты силовой цепи от замыкания на землю

удерживающей катушки ГВ, что приводит к отключению последнего, а во-вторых, замыкает цепь красной сигнальной лампы *P3*.

Рабочая катушка реле заземления 88 с одной стороны через выпрямительный мост 86, сглаживающий дроссель 85 и резисторы *P37* и *P38* присоединена в двух точках *B48* и *B49* к силовой цепи электровоза, с другой стороны соединена непосредственно с землей. Выпрямительный мост 86, получающий питание от понижающего трансформатора 87, вместе с трансформатором служит источником дополнительного напряжения для контроля изоляции силовой цепи.

Сглаживающий дроссель 85 исключает ложные срабатывания земляной защиты при кратковременных бросках тока.

Одно реле заземления контролирует сохранность изоляции двух групп тяговых двигателей, поэтому оно подключено в точке *B48* к одной группе, а в точке *B49* — к другой. Чтобы защитным контуром не замкнуть накоротко эти две точки силовой цепи, установлены добавочные омические резисторы *P37* и *P38*. При замыкании на землю любой точки силовой цепи, например точки *I*, образуется цепь, показанная на рис. 283 стрелками.

Защита будет срабатывать при замыкании на землю любой точки вторичной обмотки трансформатора: самой обмотки, переключателя ступеней, выпрямителей, обмоток тяговых двигателей, сглаживающего реактора, индуктивных шунтов и т. д.

**Защита тяговых двигателей от перегрузки.** Для защиты от круговых огней, перебросов и недопустимо больших токов цепь каждого двигателя защищена реле перегрузки, которые срабатывают в случае возрастания тока двигателя выше определенной величины — тока уставки. Эти реле, воздействуя на промежуточное реле, приводят к отключению главного выключателя и, кроме того, подают сигнал на пульт управления.

Контакты всех реле перегрузки *РП1—РП6* (рис. 284) соединены последовательно и включены в цепь питания катушки промежуточного реле 264. При нормальном режиме работы двигателей контакты реле перегрузки замкнуты, катушка промежуточного реле 264 возбуждена. Контакты реле 264 включены в цепь удерживающей катушки главного выключателя. Если в одном из двигателей ток превысит уставку реле перегрузки, последнее сработает, его контакты разорвут цепь питания катушки реле 264, которое в свою

очередь лишит питания удерживающую катушку главного выключателя, и он выключится.

Аналогично выполнена защита двигателей от перегрузки на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup>. Реле перегрузки снабжены сигнализаторами, позволяющими определить, какое из них сработало.

**Защита от перенапряжений.** При работе электровоза на линии в его высоковольтные и силовые цепи могут проникать из контактной сети атмосферные перенапряжения, обусловленные грозовыми разрядами. С целью защиты силового оборудования от этих перенапряжений предусмотрен высоковольтный вилитовый разрядник 5 типа РВЭ-25 (см. рис. 256 и 257).

В процессе коммутации аппаратов благодаря наличию значительных индуктивностей в цепи, в которых накапливается электромагнитная энергия, могут возникать значительные коммутационные перенапряжения, в несколько раз превышающие нормальные. Поэтому принимают ряд мер по ограничению уровня этих перенапряжений. Одной из таких мер является шунтирование главных контактов ГВ резистором с нелинейным сопротивлением, который поглощает значительную часть электромагнитной энергии, выделяемой в момент разрыва цепи главными контактами выключателя, что существенно снижает уровень возникающих при этом коммутационных перенапряжений.

На вторичной стороне тягового трансформатора для защиты от коммутационных перенапряжений устанавливают вилитовые раз-

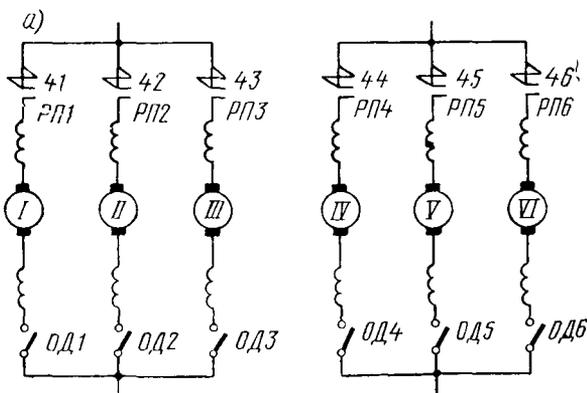
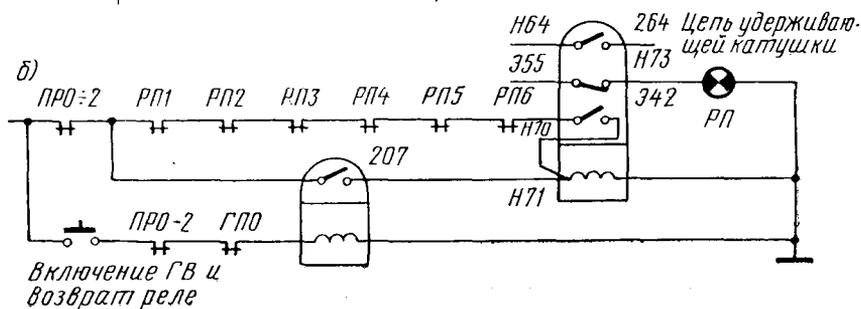


Рис. 284. Схема защиты от перегрузки двигателей электровоза ВЛ60<sup>к</sup>:

а — силовые цепи; б — цепи управления



рядники 7 и 8 (см. рис. 260, 267 и 270). Кроме того, параллельно вторичной обмотке тягового трансформатора включены цепочки  $RC$  (конденсаторы 49, 50, резисторы  $P39$ ,  $P40$  на электровозе ВЛ60<sup>к</sup>, конденсаторы  $E1$ ,  $E2$ , резисторы  $r7$ ,  $r8$  на электровозе ВЛ80<sup>к</sup>), конденсаторы  $E13—E16$ , резисторы  $r13—r16$  на электровозах ВЛ80<sup>г</sup>. Эти цепочки  $RC$  поглощают электромагнитную энергию, запасенную в обмотках трансформатора. Емкости цепочек вместе с индуктивностью силовой цепи образуют колебательный контур, в котором протекает затухающий переменный ток.

Часть энергии перенапряжений, которую приняли на себя конденсаторы, затем рассеивается в резисторах во время протекания затухающего тока.

Выпрямительные установки, скомплектованные из лавинных вентилях, способны также гасить возникающие коммутационные перенапряжения определенного уровня. При перенапряжениях выше напряжения лавинообразования плеча выпрямительного моста действие вентилях будет подобно действию разрядника. Однако целесообразно возлагать на выпрямительную установку функции защиты от перенапряжений.

Наиболее целесообразно скоординировать действия устройств защиты от коммутационных перенапряжений таким образом, чтобы напряжение лавинообразования плеча выпрямительной установки было ниже уровня напряжения, ограничиваемого цепочкой  $RC$ , а оно в свою очередь — ниже уставки коммутационных разрядников.

**Генераторная защита.** В случае переброса по коллектору одного из параллельно включенных тяговых двигателей в силовой цепи возникает генераторный режим. Параллельно включенные тяговые двигатели оказываются как бы закороченными цепью двигателя, на котором произошел переброс по коллектору, и переходят в генераторный режим; их возбуждение поддерживается благодаря наличию цепей, шунтирующих обмотки возбуждения.

Генераторный ток может достичь значительной величины и вызвать серьезные повреждения двигателей. Во избежание этого на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> предусмотрена генераторная защита в виде полупроводниковых кремниевых вентилях  $BK1—BK6$  (см. рис. 260) в цепи ослабления поля возбуждения тяговых двигателей. Полупроводниковые вентилях не пропускают генераторные токи через шунтирующие цепи, и эти токи проходят через обмотки возбуждения двигателей в направлении, обратном тяговому току, поэтому в самом начале генераторного режима происходит размагничивание двигателя и локализация процесса, до того как генераторный ток успеет достигнуть значительной величины.

При отсутствии генераторной защиты генераторный ток протекал бы по цепи, показанной стрелками на схеме (рис. 285, *a*). Как видим, в якорь двигателя, на котором произошел переброс по коллектору, генераторный ток суммируется с током короткого замыкания, совпадая с ним по направлению. В цепи двигателей, работающих в режиме генератора, генераторный ток проходит по резисторам ослабления поля, так как обмотка возбуждения обладает большим

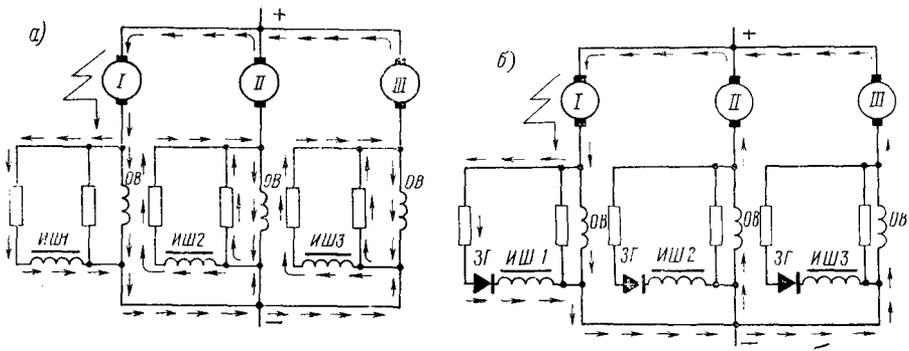


Рис. 285. Прохождение тока в цепи тяговых двигателей в генераторном режиме при отсутствии (а) и наличии (б) генераторной защиты

индуктивным сопротивлением, вследствие чего поддерживается генераторный режим в цепи.

При наличии генераторной защиты (рис. 285, б) кремниевые выпрямители не пропускают генераторный ток через резисторы ослабления поля и он в двигателях II и III будет проходить через обмотку возбуждения, шунтированную резистором.

Энергия, запасенная в обмотках возбуждения этих двигателей, будет разряжаться на резисторы постоянного ослабления поля. Поскольку их сопротивление значительно, генераторный ток пойдет главным образом через обмотки возбуждения двигателей II и III в направлении, обратном тому, какое было при тяговом режиме. В результате этого магнитный поток возбуждения будет быстро уменьшаться, а время протекания и генераторный ток значительно снизятся. Таким образом, защита локализует генераторный режим при перебросе по коллектору одного из тяговых двигателей.

**Защита от нестационарных режимов.** При резком повышении напряжения или восстановлении его после кратковременного снятия возрастающий скачком ток в цепи двигателей в случае применения ослабления поля будет стремиться пройти преимущественно через резисторы, шунтирующие обмотки возбуждения; значительная индуктивность обмоток возбуждения воспрепятствует резкому нарастанию тока в них. Это может вызвать дополнительное ослабление поля возбуждения двигателей, возрастание нагрузки якорей, а в отдельных случаях — и круговой огонь по коллектору. Во избежание этого для более равномерного распределения тока при неустановившихся процессах между обмоткой возбуждения и шунтирующими резисторами в цепь последних включены индуктивные шунты.

**Защита от боксования.** При неблагоприятных метеорологических условиях, а также в случае неудовлетворительного состояния рельсового пути может возникнуть боксование колесных пар, опасное для тяговых двигателей и нарушающее режим ведения поезда. Чтобы прекратить боксование, под колеса боксующих осей необходимо подать песок, а в некоторых случаях перейти с ослабленного

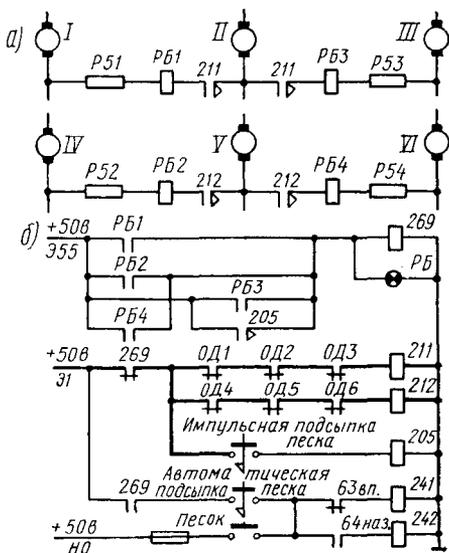


Рис. 286. Схема защиты от боксования электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

поля двигателей на нормальное или сбросить несколько позиций группового переключателя ступеней.

Важно быстро прекратить боксование — до того, как оно станет интенсивным. Поэтому на электровозах предусмотрена специальная защита от боксования.

В каждой группе трех тяговых двигателей между якорями и обмотками возбуждения включены реле боксования *РБ1—РБ4* (рис. 286). В цепь этих реле введены добавочные резисторы и контакты реле времени *211* и *212*.

Нормально, когда нет боксования колесных пар, катушки реле боксования обесточены, так как они подключены к однопотенциальным точкам схемы.

Если же возникает боксование, ток в цепи двигателя боксующей оси уменьшается и в точках подключения реле боксования появляется разность потенциалов, в результате чего эти реле срабатывают и контактами замкнут цепь питания промежуточного реле *269*. Последнее замкнет свои контакты в цепи возбуждения вентиля подачи песка и одновременно разорвет цепь катушек реле времени *211* и *212*.

Реле времени *211* и *212* через 1—1,5 сек сработают и прервут цепь катушек реле боксования, подача песка прекратится. Если к этому времени боксование не прекратилось, то реле снова сработают и подача песка возобновится.

Таким образом, во время боксования тяговых двигателей реле боксования *РБ1—РБ4* периодически срабатывают и обеспечивают автоматическую подачу песка под колесные пары. При срабатывании реле загорается белая сигнальная лампа *РБ* на пульте машиниста.

Промежуточное реле *269* и реле времени *211* и *212* составляют пульс-пару, которая обеспечивает импульсную периодическую подачу песка под колеса электровоза во время боксования. Эта подача может быть осуществлена и вручную соответствующей кнопкой. В этом случае возбуждается реле *205*, которое воздействует на промежуточное реле *269*.

Реле *205*, заменяющее реле боксования и реле времени, имеет выдержку времени на отключение 1,2—2 сек, после чего прекращается подача песка. Затем снова возбуждается реле *205*, и процесс подачи песка повторяется. В этой системе пульс-пару состав-

ляют реле 205 и 269. Аналогично выполнена защита от боксования на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>.

**Защита выпрямительных установок от коротких замыканий.** Если в результате накопления пробитых вентилях или по другим причинам произошел сквозной пробой плеча выпрямительного моста, то одна из полуобмоток трансформатора через исправное плечо в прямом направлении и через пробитое плечо в обратном направлении замыкается накоротко. В этом контуре протекает аварийный прерывистый ток большой величины (до 20 ка), который опасен как для вентилях исправного плеча, так и для электрооборудования этой цепи (обмоток трансформатора, переключателей и др.). Кроме того, сквозной пробой плеча влечет за собой появление генераторных токов в тяговых двигателях. В этом случае необходимо обеспечить быстрое отключение питающего напряжения. Защита от коротких замыканий (см. стр. 360), контролирующая ток в первичной обмотке, как отмечалось, имеет мертвую зону и срабатывает недостаточно быстро для предотвращения повреждения вентилях при сквозном пробое.

На электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> устанавливают дифференциальную защиту, реле которой смонтированы в виде блока БРД (см. стр. 286). Дифференциальная защита действует значительно быстрее, чем другие защиты, и срабатывает не только при сквозном пробое плеч, но и в других аварийных режимах.

Рассмотрим, как протекают аварийные токи через БРД в случае сквозных пробоев различных плеч (рис. 287). Известно, что на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> питание групп тяговых двигателей происходит попеременно — сначала от одной полуобмотки, а затем от другой. В один полупериод, условно назовем его *a*, когда напряжение направлено слева направо, тяговые двигатели *I* получают питание через плечи выпрямительной установки *I* и *3* от «своей» обмотки трансформатора *a1* — *01*, а тяговые двигатели *II* — через плечи *5* и *7* от обмотки *02* — *a2*.

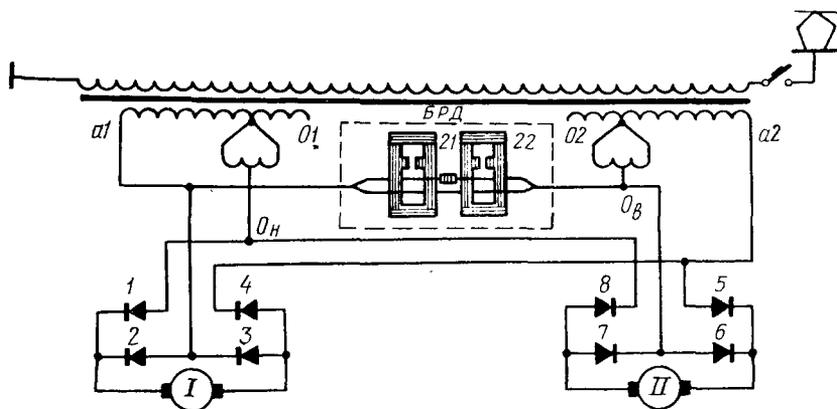


Рис. 287. Схема защиты выпрямительных установок от коротких замыканий с помощью БРД

В следующий полупериод, условно назовем его *б*, когда напряжение направлено справа налево, двигатели *I* получают питание через плечи выпрямительной установки 2 и 4 от другой обмотки трансформатора  $a2 - 02$ , а двигатели *II* — через плечи 6 и 8 от обмотки  $01 - a1$  (см. рис. 287). В третий полупериод создается цепь такая же, как в полупериод *а*, в четвертый — как в полупериод *б* и т. д.

Блок *БРД* включен между выводами вторичной обмотки  $a1$  и выводом переходного реактора  $0_{в}$ . В полупериод *а* через *БРД* ток не протекает. В полупериод *б* через *БРД* протекают два встречно направленных тока. Если ток двигателей *I* равен току двигателей *II*, то и в этот полупериод в *БРД* тока не будет. Если же токи двигателей *I* и *II* в этот полупериод не равны (например, на несимметричных четных позициях), то через *БРД* будет протекать небольшой уравнивающий ток.

Какова в действительности цепь тока в полупериод *б*? При одинаковых режимах в обеих половинах силовой цепи в полупериод *б* ток протекает от вывода  $a1$  по плечу 2, через тяговые двигатели *I*, плечо 4, обмотку  $a2 - 02$ , плечо 6, тяговые двигатели *II*, плечо 8, обмотку  $01 - a1$ . Если включить амперметр в цепь блока, то он покажет, что тока в этой цепи нет. Цепь *БРД* можно разорвать, и режим работы двигателей (при равных токах двигателей *I* и *II*) не изменится. Несмотря на то что ток в этом случае протекает через многие элементы, это не последовательное соединение двух групп, а независимое. При последовательном соединении ток всегда во всех элементах последовательной цепи одинаков независимо от режимов. В нашем же случае в полупериод *б* цепи двух обмоток работают независимо одна от другой. Изменение режима в одной цепи (например, если отключить один двигатель) не скажется на режиме работы другой. Можно совсем отключить двигатели *I*, а двигатели *II* будут продолжать работать. В этих случаях в цепи *БРД* появится соответствующий уравнивающий ток. Рассмотрим теперь, когда и как будет реагировать *БРД* на пробой плеч выпрямительных установок. Следует иметь в виду, что сквозной пробой плеча появляется и приводит к аварийному режиму только в нерабочий полупериод, когда к плечу приложено обратное напряжение, а ток через него не проходит. В другой рабочий полупериод через пробитое плечо ток в прямом направлении протекает точно так же, как если бы оно было исправным.

В случае сквозного пробоя плеча *1* в нерабочий для него полупериод *б* оказывается накоротко замкнутой обмотка  $01 - a1$  по цепи: вывод  $a1$ , плечо 2, пробитое плечо 1, участок  $0_{н} - a1$ . Блок *БРД* исключен из аварийной цепи. Поскольку обмотка  $01 - a1$  замкнута накоротко, тяговые двигатели *II* останутся без питания. Тяговые двигатели *I* от обмотки  $a2 - 02$  будут по-прежнему получать питание. Следовательно, через *БРД* со стороны обмотки  $a2 - 02$  будет протекать рабочий ток двигателей *I*, от которого дифференциальная защита срабатывать не должна.

В случае сквозного пробоя плеча 2 та же обмотка  $a1 - 01$  окажется накоротко замкнутой по той же цепи, но в обратном направ-

лении — теперь уже в нерабочий для плеча 2 полупериод  $a$ . Через БРД ток протекать не будет и защита не срабатывает. При сквозном пробое плеча 3 или 4 обмотка  $a2—02$  окажется замкнутой через блок дифференциальных реле по цепи: вывод  $0_v$ , БРД, плечо 3, плечо 4, вывод  $a2$ . Пробитое плечо 3 можно будет обнаружить в полупериод  $b$ , а плечо 4 — в полупериод  $a$ . Дифференциальная защита в этих случаях срабатывает. Если пробито плечо 5 или 6, закорачивается обмотка  $a2—02$ , минуя БРД. Дифференциальная защита не сработает. В случаях пробоя плеча 7 или 8 замкнется накоротко обмотка  $a1—01$  через БРД, что вызовет срабатывание защиты.

Дифференциальная защита реагирует не только на сквозные пробои плеча, но и на короткие замыкания в цепях вторичной обмотки трансформатора, в том числе и на перебросы в тяговых двигателях. Так, например, если в полупериод  $b$  произойдет перекрытие по коллектору у одного из двигателей, уравнильный ток, проходящий через блок, начнет быстро нарастать, а это приведет к срабатыванию защиты. Дифференциальная защита действует в несколько раз быстрее, чем рассмотренная выше защита от перегрузки.

**Защита группового переключателя.** Для надежной работы дугогасительных устройств необходима достаточно большая скорость расхождения контактов, при которой не может образоваться устойчивая дуга между контактами. Скорость расхождения контактов зависит от скорости вращения вала переключателя ступеней: вал переключателя ступеней должен пройти от нулевой до 33-й позиции не более чем за 28 сек (при напряжении 50 в).

Замедленное вращение кулачкового вала переключателя ступеней, а в некоторых случаях и остановка между позициями возможны по разным причинам. К наиболее вероятным следует отнести большое сопротивление загустевающего при морозе масла приводного механизма, уменьшение вращающегося момента приводного двигателя (при пониженном напряжении в цепях управления или сдвиг с нейтрали щеткодержателей), ненормальности в цепи управления переключателя ступеней и т. п. Для предотвращения загустевания масла в редукторе переключателя ступеней на электровозах последних выпусков предусмотрен подогреватель масла.

Контроль за скоростью вращения кулачкового вала и безостановочным движением его между фиксированными позициями осуществляют с помощью реле времени, контакты которого замыкаются с определенной выдержкой времени, если прекращается питание его катушки. Если кулачковый вал переключателя ступеней задержится более чем на 2—2,5 сек или совсем остановится между фиксированными позициями, то за это время при обесточенной катушке реле якорь отпадет, а контакты реле разорвут цепь удерживающей катушки главного выключателя, который и отключится.

Для уменьшения подгара и износа разрывных контактов контакторных элементов с дугогашением  $A$ ,  $B$ ,  $B$  и  $\Gamma$  и улучшения состояния дугогасительных камер ЭКГ переходный реактор зашунтирован конденсаторами 163 и 164 (см. рис. 260 и 267), на которые разряжается электромагнитная энергия, запасенная в обмотках пере-

ходного реактора, при размыкании контакторных элементов *A*, *B*, *B* и *Г*. Для защиты вторичной обмотки тягового трансформатора от короткого замыкания в случае повреждения конденсаторов установлены предохранители *161* и *162*. Конденсаторные батареи зашунтированы разрядными резисторами, чем исключается возможность поражения обслуживающего персонала емкостным зарядом в случае перегорания предохранителей *161* и *162*. На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> последних выпусков, а также на электровозах ВЛ80<sup>г</sup> полуобмотки переходных реакторов зашунтированы вместо конденсаторов разрядными резисторами *r7—r10* (см. рис. 270).

**Защита силовых цепей электровоза ВЛ80<sup>г</sup> в режиме реостатного торможения.** Помимо устройств, предусмотренных для защиты в режиме тяги, на электровозах ВЛ80<sup>г</sup> имеется дополнительная защита, связанная с применением реостатного торможения.

Тормозные резисторы *P7—P8* защищаются от перегрузок токовыми реле *РПТ1—РПТ4*, каждое из которых включено последовательно с тормозным резистором в цепь якоря двигателя в режиме реостатного торможения (см. рис. 270). Если ток в цепи превышает уставку этих реле, они срабатывают и своими контактами разрывают цепь катушек контакторов *46* и *47*. Контакторы *46* и *47* выключаются и прекращается питание цепи обмоток возбуждения двигателей, а следовательно, и реостатное торможение.

Защита от перегрузки цепи возбуждения в тормозном режиме осуществляется токовым реле *РТВ2*, которое устанавливается только в 1-й секции электровоза. Реле *РТВ2*, сработав, также вызывает отключение контакторов *46* и *47*, в результате чего рвется цепь возбуждения тяговых двигателей.

Повторное включение контакторов *46*, *47* возможно при включенном реле *270*, что обеспечивается только в положении *II* тормозной рукоятки КМЭ. Аналогично осуществляется и повторное включение контакторов *51—54*.

Защита от сквозного пробоя тиристоров плеча выпрямительной установки возбуждения *60* и короткого замыкания в цепи обмоток возбуждения в тормозном режиме осуществляется максимальным токовым реле *РТВ1*, установленным в 1-й секции электровоза. Контакты этого реле включены в цепь удерживающей катушки главного выключателя. При срабатывании этого реле отключается главный выключатель 1-й секции электровоза.

**Защита от юза и кругового огня.** Для защиты от юза и кругового огня по коллектору тяговых двигателей в тормозном режиме предусмотрена панель *15* (рис. 288), на которой установлены реле *РЗЮ1*, *РЗЮ2* и *РКО1*, *РКО2* (см. рис. 270).

В тормозном режиме при значительных токах якоря и, следовательно, больших тормозных усилиях может возникнуть проскальзывание колес по рельсам, т. е. юз. Принцип действия защиты для прекращения юза заключается в следующем. При переходе в тормозной режим происходит переключение контактов блокировочного выключателя *БП*. Теряют питание катушки и отключаются реле времени *211*, *212* (см. рис. 270). Контакты этих реле разрывают цепи



катушек реле юза. Если к этому времени не прекратился юз и имеется разность потенциалов между проводами *B63*, *B64* или *B73*, *B74*, то вновь срабатывает реле юза и процессы повторяются.

При одновременном проскальзывании колесных пар тяговых двигателей *I* и *II* (или *III* и *IV*) не возникает разность потенциалов между равнопотенциальными проводами и реле юза не срабатывает.

Возникновение кругового огня по коллектору тягового двигателя приводит к значительному увеличению разности потенциалов между равнопотенциальными проводами. Когда разность потенциалов достигнет 500 в, срабатывает реле кругового огня *PKO1*, *PKO2*. Контакты этих реле разрывают цепь тока возбуждения, что приводит к снижению до нуля напряжения и тока якоря тяговых двигателей, работающих в режиме генераторов постоянного тока. Следовательно, прекращается и круговой огонь по коллектору.

### § 88. Защита вспомогательных цепей электровозов ВЛ60<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup>

**Защита от перегрузки вспомогательных машин электровоза ВЛ60<sup>к</sup>.** Вспомогательная цепь в целом защищена от токов коротких замыканий общим плавким предохранителем *113* (см. рис. 276), который рассчитан на ток 850 а. Каждый асинхронный двигатель имеет свою защиту от перегрузки. Ток, протекающий через статорные обмотки асинхронных двигателей при неизменной мощности на валу, зависит от величины, формы и симметрии трехфазного напряжения, подводимого к двигателю. Как при снижении, так и при увеличении напряжения, а также в случае искажения его синусоидальной формы в статорной обмотке ток увеличивается. Продолжительная работа асинхронного двигателя с большим током может привести к значительным превышениям температуры и повреждению обмотки.

Опасным аварийным режимом для асинхронного двигателя является остановка при чрезмерном снижении напряжения: двигатель находится как бы в режиме короткого замыкания. При потере питания одной из трех фаз асинхронного двигателя токи в его обмотке увеличиваются примерно в два раза. Во всех этих случаях статорная обмотка сильно перегревается, и если своевременно не отключить асинхронные двигатели, то они выйдут из строя.

Защита от перегрузки вспомогательных машин выполнена на тепловых реле различного исполнения (в зависимости от их мощности).

Рассмотрим защиту асинхронного двигателя мотор-насоса *MH* (рис. 289), аналогично которой выполнена защита всех других вспомогательных машин электровоза. Электромагнитный контактор *136* включается и остается замкнутым при подаче на его катушку напряжения 50 в. Цепь питания катушки проходит через размыкающие контакты тепловых реле перегрузки (термореле) *158* и *160*.

Благодаря последовательному соединению контактов обоих термореле срабатывание любого из них приводит к разрыву цепи ка-

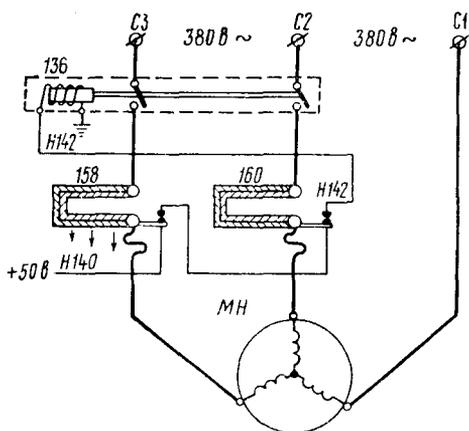


Рис. 289. Схема защиты от перегрузки двигателя масляного насоса

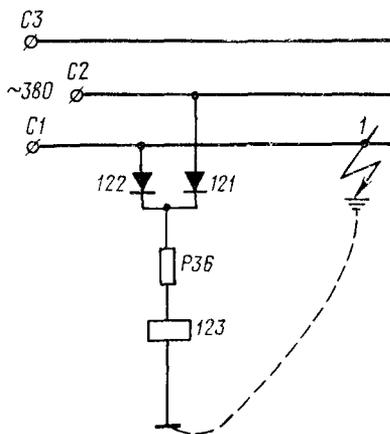


Рис. 290. Схема защиты от пробоя на землю вспомогательных цепей

тушки контактора, т. е. к его отключению. После устранения перегрузки реле возвращаются в исходное положение, для чего предусмотрен их самовозврат.

Цепи электрических печей кабины машиниста, обогревателей санузла, обогревателей спускных кранов, трансформаторы напряжения 87, 112, 114 (см. рис. 276), вольтметры 97, 98, а также вольтметровая обмотка счетчика электроэнергии 103 защищены от коротких замыканий плавкими предохранителями 117, 118, 89, 116, 115, 83, 84 и 157.

**Земляная защита вспомогательных цепей электровоза ВЛ60<sup>к</sup>.** Вспомогательные цепи не соединены с землей, поэтому нарушение изоляции и замыкание на корпус какой-либо одной точки цепи не вызывают аварийного режима. Однако если затем нарушится изоляция и во второй точке, то образуется цепь короткого замыкания и возникнут большие токи, опасные для электрооборудования. Поэтому на электровозе ВЛ60<sup>к</sup> применена земляная защита вспомогательных цепей (рис. 290), установлено реле контроля изоляции 123, которое при нарушении изоляции этих цепей замыкает своими контактами цепь сигнальной лампы PЗ (см. рис. 310).

Генераторная фаза C2 и фаза C1 (см. рис. 290) вспомогательной обмотки трансформатора через селеновые выпрямители 121, 122 и общий резистор P36 подключены к реле 123, второй конец катушки которого соединен с землей. При нарушении изоляции, например в точке 1, к катушке реле будет приложено выпрямленное напряжение и реле сработает. При этом оно замкнет свой контакт в цепи красной лампы PЗ, сигнализирующей о нарушении изоляции в системе вспомогательных цепей. Таким образом, земляная защита во вспомогательных цепях только сигнализирует о нарушении изоляции.

**Защита вспомогательных цепей электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup>.** Вспомогательные цепи защищены от токов коротких замыканий

токовым реле 113 (см. рис. 277 и 278). Реле 113 включено непосредственно в фазу X обмотки собственных нужд. При превышении тока уставки реле 113 срабатывает и своими контактами разрывает цепь удерживающей катушки ГВ.

Защита каждой вспомогательной машины от перегрузок осуществлена тепловыми реле, включенными в две фазы; реле воздействуют на соответствующие контакторы, вызывая их отключение.

Земляная защита выполнена аналогично тому, как это сделано на электровозах ВЛ60<sup>к</sup>: применено реле контроля земли 123. Цепи электрических печей кабины машиниста, обмотки 380 в трансформатора ТРПШ, трансформаторы напряжения 77 и 112, обогреватели санузла, вольтметровая обмотка счетчика электроэнергии 103, вольтметр 97 защищены от коротких замыканий плавкими предохранителями.

С целью снижения уровня возникающих перенапряжений обмотка собственных нужд шунтирована конденсатором 172.

## **§ 89. Защита силовых и вспомогательных цепей электровоза ЧС4**

Общая защита силовых цепей и силового оборудования электровоза осуществляется со стороны высокого напряжения главным воздушным выключателем 006 (см. рис. 258). Разъединитель главного выключателя в отключенном состоянии заземляет автотрансформаторную обмотку тягового трансформатора.

Главный выключатель отключается в результате: воздействия на него ряда защитных устройств, объединенных в блоке 850 (рис. 291);

перегрузки вентилях выпрямительных установок;

пробоя двух вентилях в плече выпрямительного моста;

замедленного вращения коленчатого вала пневмодвигателя переключателя ступеней (более 0,7 сек) или застревания его на положениях I, II, III, IV. При этом размыкаются контакты реле времени 356, что приводит к разрыву цепи реле 375 главного выключателя (см. рис. 298);

скопления газов или сильной утечки масла в баке тягового трансформатора, в результате чего срабатывает газовое реле Бухгольца и разрывает цепь реле 375;

короткого замыкания в автотрансформаторной обмотке тягового трансформатора;

пробоя переключателя ступеней или обмоток тягового трансформатора на корпус (земля);

перегрузки тяговых двигателей: срабатывает реле максимального тока 025—027 (см. рис. 272) в цепи двигателей;

остановки одного из мотор-вентиляторов, т. е. прекращения охлаждения выпрямительных установок, тяговых двигателей или сглаживающих реакторов, когда переключатель ступеней находится на позиции выше 1-й. При этом блок-контакты воздушоструйных реле

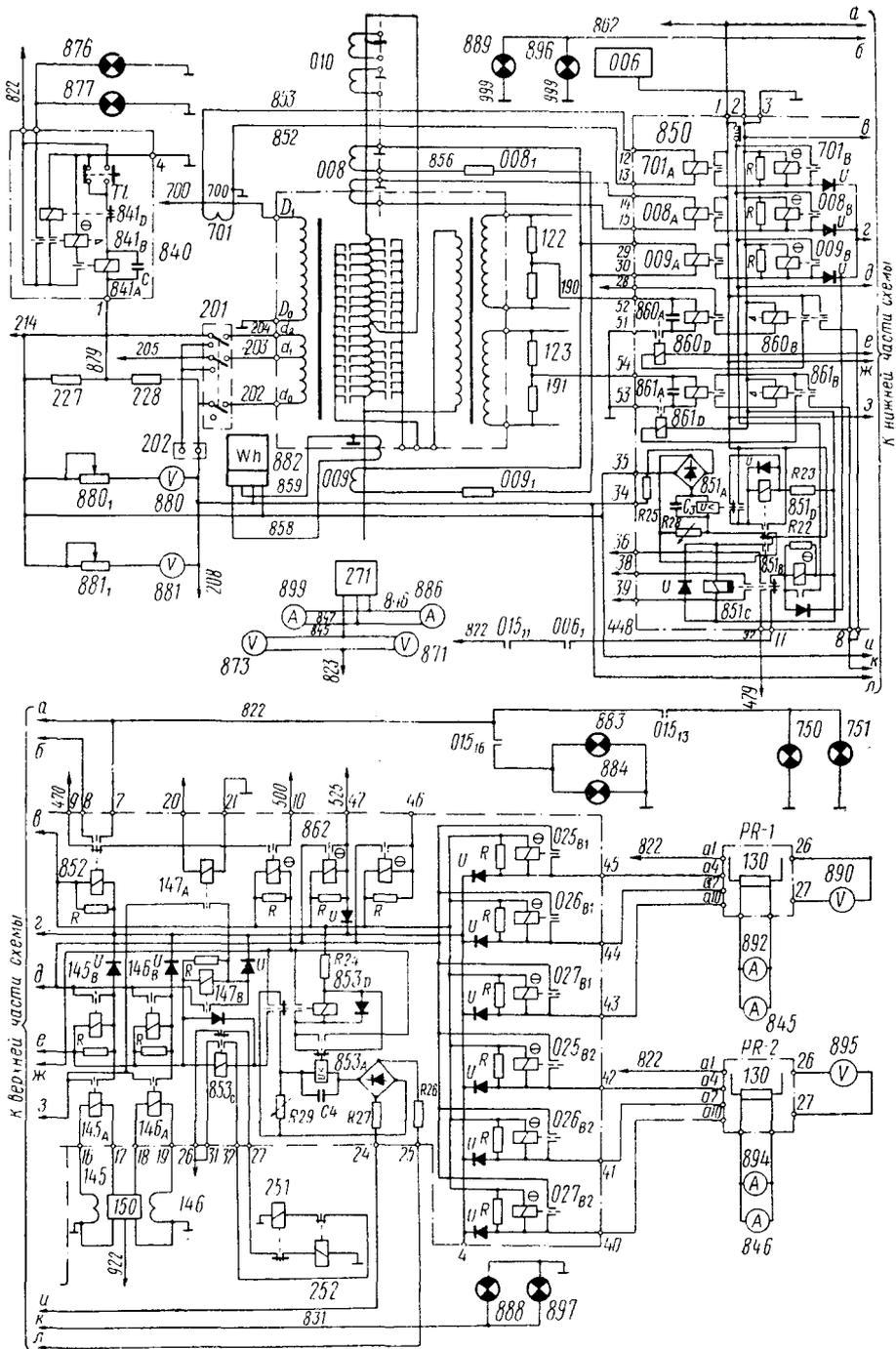


Рис. 291. Схема защиты силовых цепей электровоза ЧС4

(426—429 или 437—440) разрывают цепь реле 371, которое в свою очередь с выдержкой времени разрывает цепь катушки реле 375 отключения *ГВ* (см. рис. 298 и 304);

размыкания одной из блокировок безопасности. При этом выключается реле 380 и своими контактами разрывает цепь реле отключения *ГВ* (см. рис. 298);

сильного снижения напряжения в контактной сети, в результате чего напряжение на обмотке собственных нужд тягового трансформатора становится ниже 180 в;

снижения давления воздуха в резервуаре *ГВ* ниже 7,2 ат; перегрузки в цепях отопления.

Выключение главного выключателя происходит при прекращении питания удерживающей его катушки. Разрыв цепи ее осуществляется размыкающими контактами выходного (промежуточного) реле 852 (см. рис. 291) защитного блока, катушка которого получает питание через замыкающие контакты одного из защитных реле. Таким образом, когда срабатывает защитное реле, оно своими контактами подает питание на катушку выходного реле 852.

Одновременно с катушкой реле 852 получает питание и катушка соответствующего блинкерного реле, которое своими замыкающими контактами создает вторую цепь питания катушки реле 852, а также собственной катушки (так называемая цепь самоподхвата). Таким образом, продолжается питание катушки реле 852 и после выключения *ГВ*, когда обесточена катушка защитного реле. По выпавшему блинкеру сигнального реле можно определить, какая защита сработала и вызвала отключение *ГВ*. Восстановление нормального положения защиты производится нажатием кнопки блока. При этом прекращается питание катушки блинкерного реле, а значит и катушки выходного реле 852.

**Защита при пробое плеча или коротком замыкании выпрямительной установки.** При появлении в шине, идущей от вторичной обмотки тягового трансформатора к выпрямительному мосту, тока более 5800 а трансформаторы тока 145 или 146 приводят к срабатыванию реле 145<sub>А</sub> или 146<sub>А</sub> в защитном блоке 850. Контакты этих реле замкнутся и будет подано питание на катушку выходного реле 852 (через разделительные диоды). Якорь реле 852 в блоке защиты 850 притянется, и разомкнутся его контакты в цепи удерживающей катушки *ГВ* (см. рис. 298), что приведет к отключению *ГВ*. Одновременно замкнутся контакты реле 852 в цепи сигнальных ламп 889 и 896 (см. рис. 291).

**Защита при пробое двух и более вентилях в плече выпрямительной установки.** В этом случае срабатывает реле защиты, которое по проводу 525 подает питание через разъединительный вентиль на катушку выходного реле 852 и одновременно на катушку блинкерного реле 862, которое создает цепь самоподхвата. По выпавшему блинкеру машинист определяет, что *ГВ* отключился в результате срабатывания защиты от пробоя вентилях выпрямительной установки. После отключения *ГВ* реле защиты отключается, но катушки реле 852 и 862 остаются под напряжением до нажатия вос-

становливающей кнопки, которая прерывает цепь самоподхвата реле 862.

**Защита автотрансформатора от коротких замыканий или перегрузок.** Если ток в обмотке автотрансформатора превысит 440 а, трансформатор тока 008, включенный до автотрансформаторной обмотки, подаст импульс на срабатывание реле 008<sub>А</sub> в защитном блоке 850. Замкнувшись, контакты реле 008<sub>А</sub> создадут цепь питания катушки реле 852 через разделительный диод; одновременно будет подано питание на катушку блинкерного реле 008<sub>В</sub>, которое создаст цепь самоподхвата, как было описано ранее. В результате прервется цепь удерживающей катушки ГВ, главный выключатель отключится, будет подано напряжение на сигнальные лампы 889 и 896, а также выпадет блинкер сигнального реле 008<sub>В</sub>, указывая на причину отключения ГВ.

**Дифференциальная защита силового трансформатора.** Трансформаторы тока 008 и 009, включенные на входе и выходе автотрансформаторной обмотки, соединены встречно, а к ним параллельно подключена катушка реле 009<sub>А</sub> защитного блока 850. Если вследствие пробоя на корпус (земля) в автотрансформаторной обмотке или в первичной обмотке тягового трансформатора разность тока на входе и выходе достигнет 82 а, сработает реле 009<sub>А</sub>. При этом будет создана цепь питания катушки выходного реле 852, что приведет к отключению главного выключателя и срабатыванию блинкерного реле 009<sub>В</sub>. Работа защиты аналогична рассмотренной выше.

**Защита тяговых двигателей.** Если вследствие переброса по коллектору, короткого замыкания или перегрузки ток в цепи тягового двигателя достигнет 1800 а, сработает соответствующее реле максимального тока (025—027) и своими контактами создаст цепь питания катушки выходного реле 852, а также подаст питание на блинкерные реле 025<sub>В1</sub>—027<sub>В1</sub> для двигателей первой тележки или 025<sub>В2</sub>—027<sub>В2</sub> — для двигателей второй тележки. Это приведет к отключению главного выключателя, загоранию сигнальных ламп 889 и 896, а также к выпаданию блинкера соответствующего сигнального реле.

**Защита от понижения напряжения в контактной сети.** Если вследствие понижения напряжения в контактной сети на выводах d0—d2 обмотки собственных нужд тягового трансформатора напряжение снизится до 180 в, отключится реле 851<sub>А</sub> в защитном блоке 850. Катушка реле 851<sub>А</sub> подключена к выводам d0—d2 обмотки собственных нужд через выпрямительный мост. При отпадании якоря реле 851<sub>А</sub> его контакты размыкают цепь катушки реле 851<sub>В</sub>, контакты которого в свою очередь закорачивают катушку реле 851<sub>Д</sub>. Таким образом, отпадает якорь реле 851<sub>Д</sub> и своими замыкающими контактами отключает реле 851<sub>С</sub>. В свою очередь контакты реле 851<sub>С</sub> создают цепь питания катушки выходного реле 852 от провода 822 через блок-контакты 015<sub>1j</sub> переключателя ступеней, замкнутые на всех рабочих позициях, блок-контакты 006<sub>1</sub> главного выключателя, замкнутые при включенном главном выключателе, и разделительный диод. Одновременно от того же провода 822 получает питание

блинкерное реле 851<sub>В</sub>, которое создает цепь самоподхвата через восстанавливающую кнопку. Контакты реле 851<sub>С</sub> размыкают цепи катушек реле 375 и контактора 406 (см. рис. 304). Таким образом, при сильном понижении напряжения в контактной сети отключится главный выключатель и контактор управления вспомогательных машин 406.

**Переключение питания потребителей переменного тока при снижении напряжения в контактной сети.** С помощью трех реле 853 защитного блока производится автоматическое переключение питания потребителей переменного тока с вывода *d1* на вывод *d2* обмотки собственных нужд тягового трансформатора в случае снижения напряжения в контактной сети.

Реле 853<sub>А</sub> через выпрямительный мост подключено к выводам *d0—d2* обмотки собственных нужд. При напряжении на этих выводах 260 в реле 853<sub>А</sub> включается и своими контактами замыкает цепь питания реле 853<sub>В</sub>, которое в свою очередь включает реле 853<sub>С</sub>. При этом размыкаются контакты реле 853<sub>С</sub> в цепи катушки электромагнитного контактора 252 и замыкаются в цепи катушки электромагнитного контактора 251, который подключает потребители переменного тока к выводам *d0—d1* обмотки собственных нужд (218 в).

Если напряжение на выводах обмотки собственных нужд снизится до 229 в, выключается реле 853<sub>А</sub>, которое отключает реле 853<sub>В</sub>, а оно в свою очередь отключает реле 853<sub>С</sub>. Контакты реле 853<sub>С</sub> разрывают цепь питания катушки контактора 251 и замыкают цепь питания катушки контактора 252. Контакторм 252 потребители переменного тока подключаются к выводам *d0—d2* обмотки собственных нужд. Блокировки контакторов 251 и 252 в цепи противоположных катушек допускают включение второго контактора только после отключения первого, что исключает одновременное включение контакторов 251 и 252, так как при этом они замкнули бы накоротко часть обмотки собственных нужд между выводами *d1* и *d2*, что недопустимо.

**Защита цепей отопления поезда.** Реле 701<sub>А</sub> защитного блока 850 получает питание от трансформатора тока 701, встроенного в шину цепи отопления поезда. Если в шине вследствие перегрузки или короткого замыкания ток достигнет 320 а якорь реле 701<sub>А</sub> притянется, замкнутся его контакты и создадут цепь питания катушки выходного реле 852 (через разделительный диод), а также цепь питания катушки блинкерного реле 701<sub>В</sub>. Это приведет к отключению главного выключателя, загоранию сигнальных ламп 889 и 896 и выпаданию блинкера реле 701<sub>В</sub>.

**Защита от пробоя на землю.** В случае заземления силовой цепи (пробоя на корпус или переброса) сработает сигнализация, осуществляемая с помощью двух реле заземления — 860<sub>А</sub> и 861<sub>А</sub>.

Каждое из этих реле заземления одним проводом соединено с корпусом электровоза, а другим — со вторичной обмоткой тягового трансформатора. Если в силовой цепи появится «земля», катушка реле заземления получит питание, включится и своими контактами

создаст цепь питания блинкерного реле  $860_B$  ( $861_B$ ) от провода 822.

Блинкерное реле становится на защелку и своими контактами замыкает цепь питания сигнальной лампы 888 (897). Одновременно создается цепь питания катушки реле  $860_D$  ( $861_D$ ), которое своими размыкающими контактами рвет цепь питания катушки реле заземления. Теряет питание и катушка реле  $860_B$  ( $861_B$ ), но реле находится на защелке, поэтому катушка реле  $860_D$  продолжает получать питание, а сигнальная лампа гореть. Восстановление блинкерного реле производится отдельной кнопкой в защитном блоке 850.

**Защита от перенапряжений.** Защита силовых и вспомогательных цепей от атмосферных перенапряжений осуществляется с помощью высоковольтного вилитового разрядника 007 (см. рис. 258), включенного до главного выключателя.

На электровозах ЧС4 главные контакты воздушного выключателя не зашунтированы резисторами с нелинейным сопротивлением. Уровень возникающих коммутационных перенапряжений, воздействующих на цепи выпрямительных установок и тяговых двигателей, ограничивается цепочками  $RC$  (см. рис. 272), включенными параллельно вторичным обмоткам тягового трансформатора. Цепочки  $RC$  состоят из трех последовательно соединенных резисторов по 2,4 ом и конденсаторов общей емкостью 24 мкф. Цепочка  $RC$  защищает предохранителем. На вторичной стороне коммутационные разрядники не установлены. Такую защиту от коммутационных перенапряжений нельзя признать достаточно надежной.

Выпрямительные мосты вспомогательной цепи также защищены цепочками  $RC$  (см. рис. 280), в которых резистор сопротивлением 300 ом соединен параллельно с конденсаторами общей емкостью 96 мкф и подключен к выпрямительному мосту через диод.

**Защита тяговых двигателей от боксования.** Эта защита осуществляется дифференциальными реле боксования 111—112 (см. рис. 272). Датчиками дифференциальных реле боксования являются проходные магнитные усилители (трансдукторы), к каждому из них присоединено по два тяговых двигателя. Токи двух двигателей в магнитных усилителях создают разнонаправленные магнитные потоки, которые при нормальной работе двигателей взаимно уравновешиваются. При боксовании одной из колесных пар создается разность токов и соответственно разность магнитных потоков, в результате чего соответствующее дифференциальное реле срабатывает, приводит в действие сигнализацию боксования и обеспечивает подсыпку песка под колесные пары.

**Защита вспомогательных цепей от коротких замыканий и перегрузок.** Вспомогательные цепи защищены трехполюсным воздушным выключателем 207 (см. рис. 280). Кроме того, в цепи питающих проводов как со стороны переменного, так и со стороны постоянного тока, а также в цепи каждой машины предусмотрены плавкие предохранители.

## § 90. Защита силовых и вспомогательных цепей электровоза ВЛ82<sup>м</sup>

**Защита силовой цепи.** Силовая цепь постоянного тока защищена от коротких замыканий быстродействующим выключателем 81 (см. рис. 273), имеющим ток уставки  $2100 \pm 100$  а. От замыканий на землю цепи постоянного тока защищены дифференциальным реле 83, которое при срабатывании своим контактом разрывает цепь удерживающей катушки быстродействующего выключателя, и последний отключается. В режиме переменного тока вся силовая цепь, включая и тяговый трансформатор, защищена от коротких замыканий главным воздушным выключателем.

При работе электровоза на участках переменного тока защита от замыканий на землю осуществляется с помощью реле заземления 88, которое подключено к средней точке вторичной обмотки тягового трансформатора. Реле заземления 88 при срабатывании воздействует на отключение главного выключателя.

Защита тяговых двигателей от перегрузок, перебросов и круговых огней по коллектору осуществлена с помощью реле перегрузки РП1 и РП2, включенных последовательно с каждой группой тяговых двигателей. При срабатывании реле перегрузки в тяговом режиме отключаются главный и быстродействующий выключатели, а в режиме реостатного торможения — линейные контакторы ЛК1 — 6.

Для защиты двигателей от боксования колесных пар предусмотрены реле боксования 43 и 44 (см. рис. 273), катушки которых включены по мостовой схеме с цепью якорей тяговых двигателей. Когда возникает боксование колесной пары, напряжение на якоре двигателя боксующей оси возрастает, нарушается равновесие моста и в катушке реле боксования возникает ток небаланса, вызывающий срабатывание реле; при этом возбуждаются вентили клапанов подачи песка под колесные пары.

Выпрямительная установка защищена от возможных перегрузок и коротких замыканий со стороны переменного тока главным выключателем 4 (см. рис. 259), а со стороны постоянного тока — быстродействующим выключателем 81.

Защита силовых цепей постоянного тока от атмосферных и коммутационных перенапряжений осуществляется вентильным разрядником 8 (см. рис. 273) и конденсатором С3, а со стороны переменного тока — разрядником 6 (см. рис. 259). Коммутационные перенапряжения со стороны вторичной обмотки трансформатора снимаются вентильным разрядником 9 (см. рис. 273) и цепочками RC, включенными между крайними и средним выводами вторичной обмотки. Уровень коммутационных перенапряжений, возникающих в момент отключения главных контактов воздушного выключателя, снижается резистором с нелинейным сопротивлением, шунтирующим главные контакты выключателя. Трансформатор тока 10 (см. рис. 259) устройства контроля рода тока защищен от коротких замыканий высоковольтным предохранителем 11. В режиме реостатного торможения цепь тяговых двигателей для ограничения потенциала отно-

нительно земли заземлена через катушку реле заземления 89 (см. рис. 273). При этом в случае замыкания на землю в какой-либо точке цепи реле 89 срабатывает, разбирая линейными контакторами ЛК1—6 цепь тяговых двигателей.

Защита от повышенного напряжения в цепи тяговых двигателей в режиме электрического торможения осуществляется с помощью реле контроля напряжения 42, при срабатывании которого отключаются линейные контакторы ЛК1—6.

Для исключения опасных бросков тока при резком изменении напряжения на тяговых двигателях в цепь резисторов ослабления поля включены индуктивные шунты. Аналогично для исключения опасных бросков тока при потере напряжения в контактной сети и последующем его восстановлении предусмотрено реле нулевого напряжения, которое при исчезновении напряжения разбирает цепи ослабления поля тяговых двигателей, переводя их на полное поле.

В случае прекращения работы мотор-вентиляторов охлаждения тяговых двигателей и выпрямительных установок срабатывают токовые реле 119 или 120 (см. рис. 281), включенные в цепь двигателей вентиляторов, и отключают при этом линейные контакторы.

Защита силовой цепи от перегрузок и коротких замыканий в режиме реостатного торможения обеспечивается линейными контакторами ЛК1—6.

В режиме реостатного торможения предусмотрена следующая дополнительная защита оборудования электровоза:

защита пуско-тормозных реостатов от перегрузок токовыми реле РП2. В режиме торможения реостаты нагружаются удвоенным током тяговых двигателей. Поэтому при достижении двигателями тока, превышающего 400 а, срабатывают токовые реле, имеющие уставку  $800 \pm 40$  а. Эти реле отключают линейные контакторы ЛК1—4;

защита тяговых двигателей от напряжения на них выше 4000 в с помощью реле максимального напряжения, при срабатывании которого разбирается цепь питания включающих катушек линейных контакторов;

защита цепи тяговых двигателей от замыканий на «землю» с помощью реле заземления. При замыкании на землю в силовой цепи оно срабатывает и отключает линейные контакторы. Одновременно это реле служит для снижения потенциала в силовой цепи относительно «земли» до 2000 в.

Защита от юза осуществляется путем подачи песка под колеса электровоза; при этом загорается сигнальная лампа на пульте машиниста.

**Защита вспомогательных цепей.** Цепи двигателей МВ1, МВ2, МК1 (см. рис. 281) и печей защищены от коротких замыканий высоковольтным предохранителем 117.

В режиме постоянного тока от замыканий на землю эти цепи защищены контактором вспомогательных цепей 82, импульс на отключение которого дается дифференциальным реле 84, срабатывающим

при замыкании на землю в зоне действия реле. Последовательно с контактором 82 установлен общий демпферный резистор *P50*, который ограничивает ток короткого замыкания.

В целом цепь двигателя *MH* защищена токовым реле *113*, которое срабатывает при токе свыше 700 а и вызывает отключение главного выключателя 4. Для снижения потенциала вспомогательных цепей обмотка трансформатора заземлена через конденсаторы *C21*, *C22*. При замыкании на землю в цепях обмотки собственных нужд срабатывает реле *123*, включающее световую сигнализацию в кабине машиниста. Если в режиме работы вспомогательной цепи при напряжении в контактной сети 12 кв напряжение поднялось выше 19 кв, а переключатели *105* и *110* не переключены в положение «25 кв», то сработает реле максимального напряжения *122* (см. рис. 282), которое отключит главный выключатель, а также реле контроля напряжения, отключающее контактор вспомогательных цепей 82.

Двигатель масляного насоса *MH* защищен также тепловым реле *153*.

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ  
И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ ЦЕПЯМИ§ 91. Управление цепью высшего напряжения  
электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

**Цепи управления токоприемниками.** Напряжение 50 в подается от распределительного щита 210 (рис. 292) по проводу *H45* к кнопке *Пантографы* на кнопочном выключателе 223 или 224. Если кнопка включена, напряжение по проводу *Э15* через блокировки разъединителей 19, 20 подается на катушку защитного электропневматического вентиля 104. Возбужденный вентиль 104 пропускает сжатый воздух через пневматические блокировки закрытых штор к клапанам токоприемников. При включенной кнопке *Пантограф передний* (или *Пантограф задний*) от провода *Э15* получает питание клапан токоприемника 247 или 248, который подает воздух в пневматическую систему токоприемника. Токоприемник поднимается.

Если шторы высоковольтной камеры электровоза открыты, то пневматические блокировки перекрывают доступ воздуха к клапану токоприемника, и подъем его становится невозможным. Когда разъединители 19 и 20 находятся в положении, соответствующем питанию тяговых двигателей от сети депо, то их блокировки разрывают цепь питания низковольтной катушки защитного вентиля и он прерывает доступ воздуха к пневматическим блокировкам и клапанам токоприемников; подъем токоприемника невозможен.

Вентиль 104 имеет вторую обмотку (переменный ток), которая включена на переменное напряжение 380 в. Если будут выключены кнопки *Пантографы*, *Пантограф передний*, *Пантограф задний*, а токоприемник по какой-либо причине не опустится, то при включенном главном выключателе вход в высоковольтную камеру будет невозможен. В этом случае обмотка переменного тока вентиля 104 обтекается током, клапан вентиля не выпускает воздух из пневматических блокировок и шторы останутся закрытыми.

При движении электровоза по системе многих единиц на ведомом и ведущем электровозах должны быть предварительно включены кнопки *Пантограф* на кнопочном выключателе 227 (228).

Если на ведущем электровозе включается кнопка *Пантограф задний*, то на ведомом должен возбудиться вентиль токоприемника второго по ходу движения, т. е. заднего. Напряжение на этот вентиль подается от провода *H82* (если управление производится из кабины № 1) через замкнутую кнопку *Пантограф* на выключателе 228 по проводу *Э16*, который перекрещивается с проводом *Э17* на рейке пульта второй кабины. Затем провод *Э17* перекрещивается в меж-

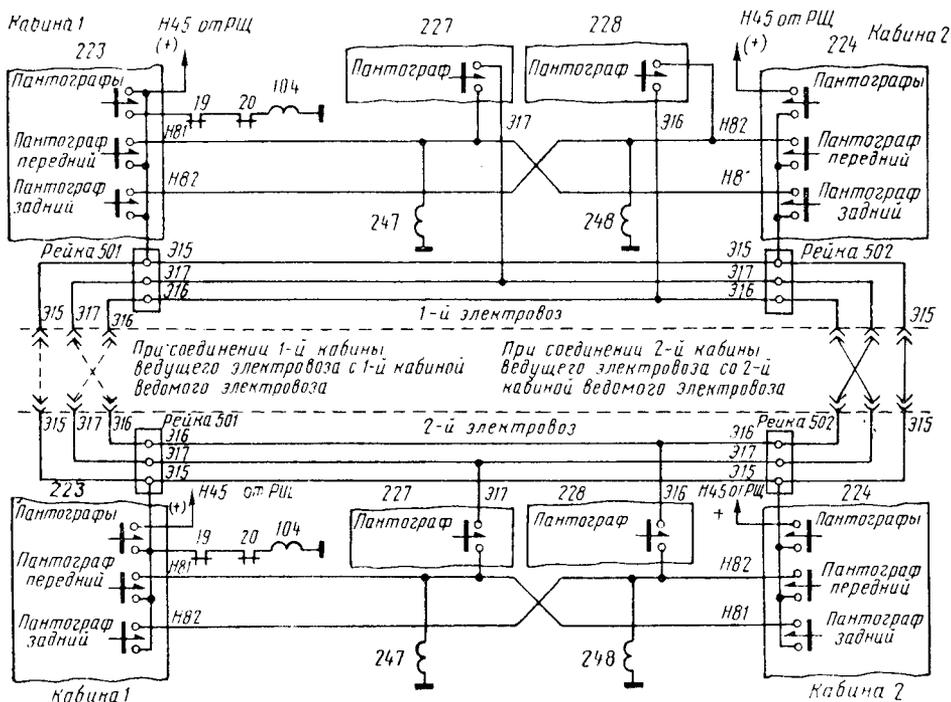


Рис. 292. Схема цепей управления токоприемниками электровоза ВЛ60<sup>К</sup>

электровозном соединении с проводом *Э16*. Провод *Э16* подходит на ведомом электровозе к включенной кнопке *Пантограф* на выключателе *227* и по проводу *Н81* получает питание вентиль *247* заднего по ходу токоприемника. Двойное перекрещивание провода *Э16* сделано для того, чтобы при включении определенной кнопки поднимались соответствующие ей токоприемники на обоих электровозах при соединении двух электровозов любыми концами.

При необходимости отключить задний по ходу движения токоприемник ведомого электровоза, не отключая токоприемника на ведущем электровозе, следует отключить на ведущем электровозе кнопку *Пантограф* на КУ *228* при управлении из первой кабины или на КУ *227* при управлении из второй кабины. Когда включены передние токоприемники, то, чтобы отключить токоприемник только ведомого электровоза, необходимо отключить кнопку *Пантограф* на КУ *227* при управлении из первой кабины или на КУ *228* при управлении из второй кабины. Токоприемник на ведущем электровозе можно отключить, перекрыв кран подачи воздуха.

**Цепи управления главным выключателем.** Главный выключатель включается кнопкой *Выключение ГВ* (рис. 293) и кнопкой с самовозвратом *Включение ГВ* и *возврат реле*, расположенной на выключателе *223* (*224*). Напряжение 50 в к кнопке *Выключение ГВ* подводится от распределительного щита по проводу *Н45* через контактный эле-

мент КМ (с проводами Н45, Н273), замкнутый на всех положениях рукоятки контроллера машиниста, кроме БВ.

После включения кнопки *Выключение ГВ* получают питание:

кнопка *Включение ГВ и возврат реле*;

реле времени 204 через контакты переключателя режимов ПРО—2 и размыкающий контакт переключателя ступеней ГПноз1 (замкнут только на фиксированных позициях);

катушка 4 уд. удерживающего электромагнита главного выключателя по цепи: провод Н72, блок-контакт ГПО—П1, контакты реле времени 204, реле заземления 88, контакты 251, 252 электрических блокировок штор ВВК, контакт реле РМТ. Удерживающая и включающая катушки ГВ соединены с землей через замыкающий контакт автомата минимального давления АМД, который включается при давлении воздуха в резервуаре ГВ не менее 5,6 ат и отключается при давлении ниже 4,6 ат. При включении кнопки *Выключение ГВ* подготавливаются также цепи питания реле 264 (через контакт переключателя режимов ПРО—2 и контакты реле перегрузки РП1—РП6) и удерживающих катушек реле 21, 22.

Для включения ГВ кратковременно включается кнопка *Включение ГВ и возврат реле*. Подается питание на включающую катушку 4 вкл. главного выключателя по цепи: провод Н76, контакт переключателя режимов ПРО—2, блок-контакт ГПО (контроль нулевой позиции ЭКГ), контакт реле 207, контакты реле 251, 252 блокировок

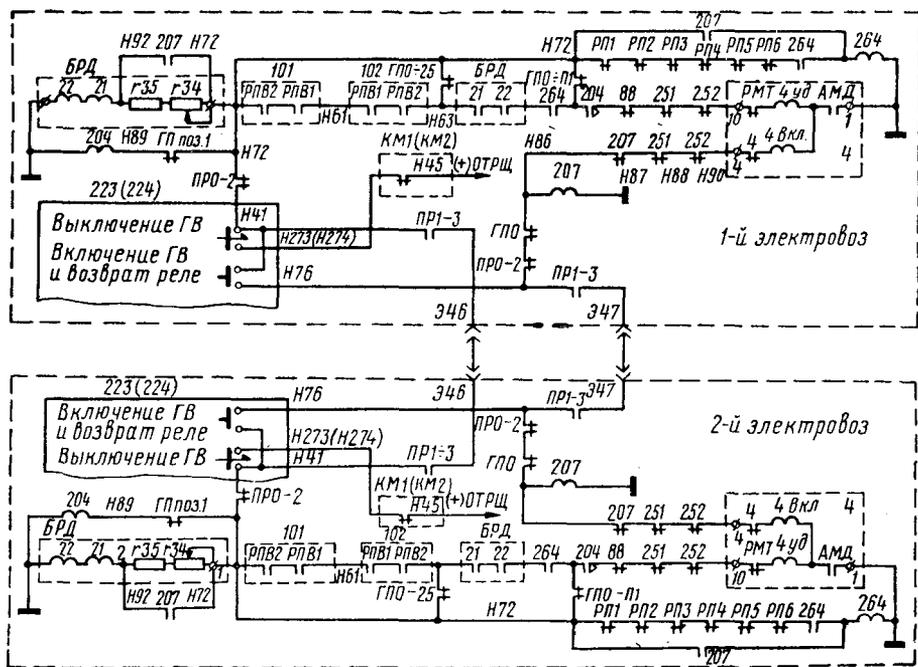


Рис. 293. Схема цепей управления главным выключателем электровоза ВЛ160<sup>К</sup>

штор ВВК, собственный размыкающий контакт 4. Контакты реле 264, 21 и 22 в цепи катушки 4 уд. шунтированы блок-контактом ГПО—П1. Этим достигается возможность включения ГВ на нулевой позиции ЭКГ при выключенных реле 264, 21 и 22.

Если катушка 4 уд. обтекается током, то ГВ включается и одновременно получает питание катушка реле 207. При включении ГВ его блокировка 4 разрывает цепь катушки включающего электромагнита 4 вкл. Контакт реле 207 в цепи катушки 4 вкл. размыкается, что предотвращает повторное включение ГВ при возможном коротком замыкании в силовой цепи. Выключатель ГВ отключается, когда цепь катушки 4 уд. теряет питание. Это происходит в следующих случаях: выключение кнопки *Выключение ГВ*; срабатывание одного из реле защиты электровоза от аварийных режимов (264, 204, 88, РМТ, 21, 22); установка переключателя режимов в положение *Отключен 1-й электровоз* (размыкается контакт переключателя ПРО—2); постановка главной рукоятки КМ в положение *БВ* (размыкается контакторный элемент КМ с проводами Н45, Н273 (Н274)); открыты шторы высоковольтной камеры (ВВК) (размыкаются контакты 251, 252); срабатывание защиты выпрямительных установок от пробоя вентилей на позициях ЭКГ выше 25-й (размыкаются контакты РПВ1, РПВ2 блоков защиты 101, 102).

При движении по системе многих единиц катушка 4 уд. ГВ ведомого электровоза получает питание по цепи: кнопка *Выключение ГВ*, провод Н41, контакт переключателя режимов ведущего электровоза ПР1—3, межэлектровозный провод Э46, блок-контакт переключателя режимов ПР1—3 ведомого электровоза, провод Н41 и далее, как обычно. При этом возбуждается удерживающая катушка ГВ. К включающей катушке ГВ подводится напряжение по следующей цепи: на ведущем электровозе — кнопка *Включение ГВ и возврат реле*, провод Н76, блок-контакт переключателя режимов ПР1—3, межэлектровозный провод Э47, блок-контакт ПР1—3 переключателя режимов ведомого электровоза, провод Н76 и далее, как было указано выше. Если необходимо отключить ведущий электровоз, переключатель режимов на нем устанавливают в положение *Отключен 1-й электровоз*. При этом размыкаются блок-контакты ПРО—2 и цепи главного выключателя питания не получают. В случае необходимости отключения ведомого электровоза переключатель режимов на ведущем устанавливают в положение *Самостоятельная езда*. При этом цепи питания ГВ ведомого электровоза разрываются блок-контактами ПР1—3 переключателя ведущего электровоза.

## § 92. Управление цепью высшего напряжения электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup>

Электровозы ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> — двухсекционные, обе секции этих электровозов работают по системе многих единиц. Этим обусловлены некоторые отличия цепей управления этих электровозов от цепей односекционного электровоза ВЛ60<sup>к</sup>.

**Цепи управления токоприемниками.** Проводом *H46* (рис. 294) напряжение 50 в подводится от распределительного щита 210 к кнопке *Пантографы* на кнопочном выключателе 223, и в случае, если она включена, напряжение по проводу *Э15* через блок-контакты переключателей 19 и 20 подается на катушку защитного электропневматического вентиля 104. Возбужденный вентиль 104 пропускает сжатый воздух через пневматические блокировки при закрытых дверях к клапанам токоприемника.

При включенной кнопке *Пантограф передний* (или *Пантограф задний*) на кнопочном выключателе 223 от провода *Э16* (для другой секции от провода *Э17*) получает питание клапан токоприемника 245, который пропускает воздух в пневматическую систему токоприемника, что вызывает его подъем. Напряжение на катушку клапана токоприемника 245 подается по следующей цепи: провод *Э15*, контакты реле давления 232 (1-й секции), замкнутые блок-контакты переключателя 126, провод *Э35*, межсекционное соединение, провод *Э35* (2-й секции), замкнутые блок-контакты переключателя 126, контакты реле давления 232 (2-й секции), провод *Э37*, межсекционное соединение, провод *Э37* (1-й секции), общая шинка на кнопочном выключателе 223, провод *Э16* (при включенной кнопке *Пантограф передний*), катушка клапана 245.

Как следует из этой цепи, катушка клапана токоприемника может получить питание лишь в том случае, если замкнуты контакты реле давления 232 в обеих секциях, что обеспечивает контроль блокирования дверей высоковольтных камер. Пневматические блокировки дверей 1 высоковольтных камер в пневматической цепи расположены до реле давления 232.

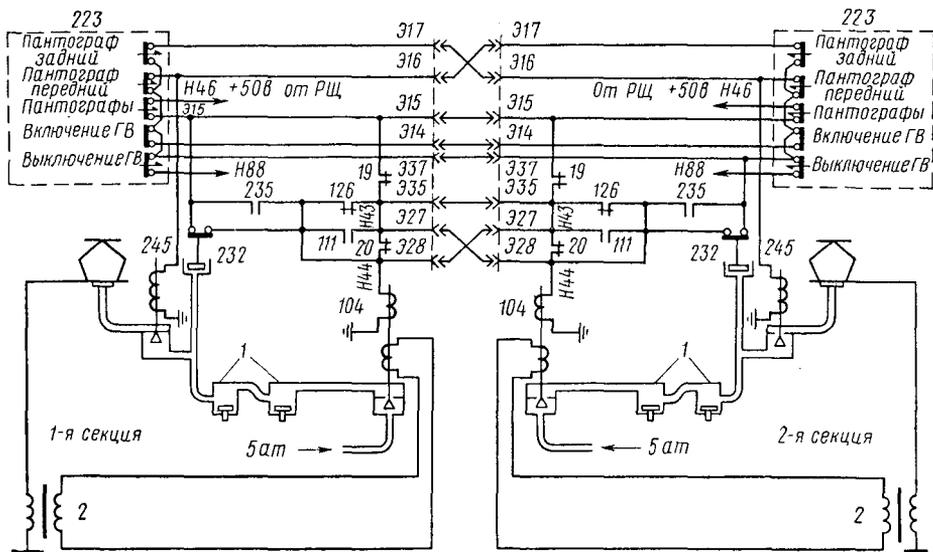


Рис. 294. Схема цепей управления токоприемниками электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup>

Поэтому, если двери высоковольтной камеры не заблокированы пневматическими блокировками, доступ воздуху к реле давления закрывается и оно своими контактами прерывает цепь питания клапана токоприемника 1-й секции. В этом случае подъем токоприемника невозможен.

Если переключатель 19 или 20 находится в положении, соответствующем питанию тяговых двигателей от сети депо, блокировка переключателя разрывает цепь питания защитного вентиля, который перекрывает доступ воздуху к пневматическим блокировкам и клапанам токоприемника.

Вентиль 104 имеет обмотку переменного тока, которая включена на переменное напряжение 380 в. Если даже будут выключены кнопки *Пантографы*, *Пантограф передний*, *Пантограф задний*, а сам токоприемник по какой-либо причине не опустится, то при включенном ГВ вход в высоковольтную камеру будет невозможен. В этом случае обмотки переменного тока вентиля 104 обтекаются током, клапан вентиля не выпускает воздух из пневматических блокировок и шторы заперты.

При необходимости поднять токоприемник 1-й секции, не накачивая воздух в пневматическую систему 2-й секции (реле 232 отключено), контроль за блокированием высоковольтной камеры 2-й секции осуществляется блокировочным устройством 235. Включение контактов этого устройства возможно только в том случае, если закрыты замки штор ВВК, ключи из них вынуты, вставлены в замки блокировочного устройства и повернуты на угол 90°. Включение контактов выполняют поворотом ручки в положение *Реле давления зашунтировано*. Включение контактов устройства 235 возможно ключами замков штор ВВК только своей секции.

**Цепи управления главным выключателем.** Схема цепи управления главным выключателем на электровозах ВЛ80<sup>г</sup> (рис. 295, б) отличается от аналогичной схемы электровозов ВЛ80<sup>к</sup> (рис. 295, а) последних выпусков лишь тем, что в цепь удерживающей катушки дополнительно включены размыкающие контакты реле перегрузки цепи независимого возбуждения тяговых двигателей РТВ1, а в цепь включающей катушки ГВ — контакты блокировочного переключателя БП, замкнутые в режиме тяги. В остальной схеме цепей управления главными выключателями на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> совершенно одинаковы.

Следует отметить, что на электровозах ВЛ80<sup>г</sup>, где выпрямительные установки выполнены с лавинными полупроводниковыми вентилями, в отличие от электровозов ВЛ80<sup>к</sup> первых выпусков с обычными вентилями в цепи удерживающих катушек ГВ отсутствуют контакты реле пробоя вентиляей РПВ.

Главные выключатели обеих секций включаются кнопкой с самовозвратом *Включение ГВ и возврат реле* (кнопка *Выключение ГВ* должна быть включена предварительно). Напряжение 50 в к кнопке *Выключение ГВ* подводится от распределительного щита по проводу Н46, через кнопку *Пантографы*, провод Э15, контакты реле давления 232, блок-контакты переключателя 126 (1-й секции), провод

Э35, межсекционное соединение, контакты переключателя 126, реле давления 232 (2-й секции), провод Э37, межсекционное соединение, кнопка *Выключение ГВ* на кнопочном выключателе 1-й секции. Если эта кнопка включена, то от провода *Н88* через контакторный элемент контроллера машиниста КМЭ, замкнутый на всех положениях главной рукоятки контроллера, кроме положения *БВ*, получит напряжение провод Э13 на обеих секциях электровоза.

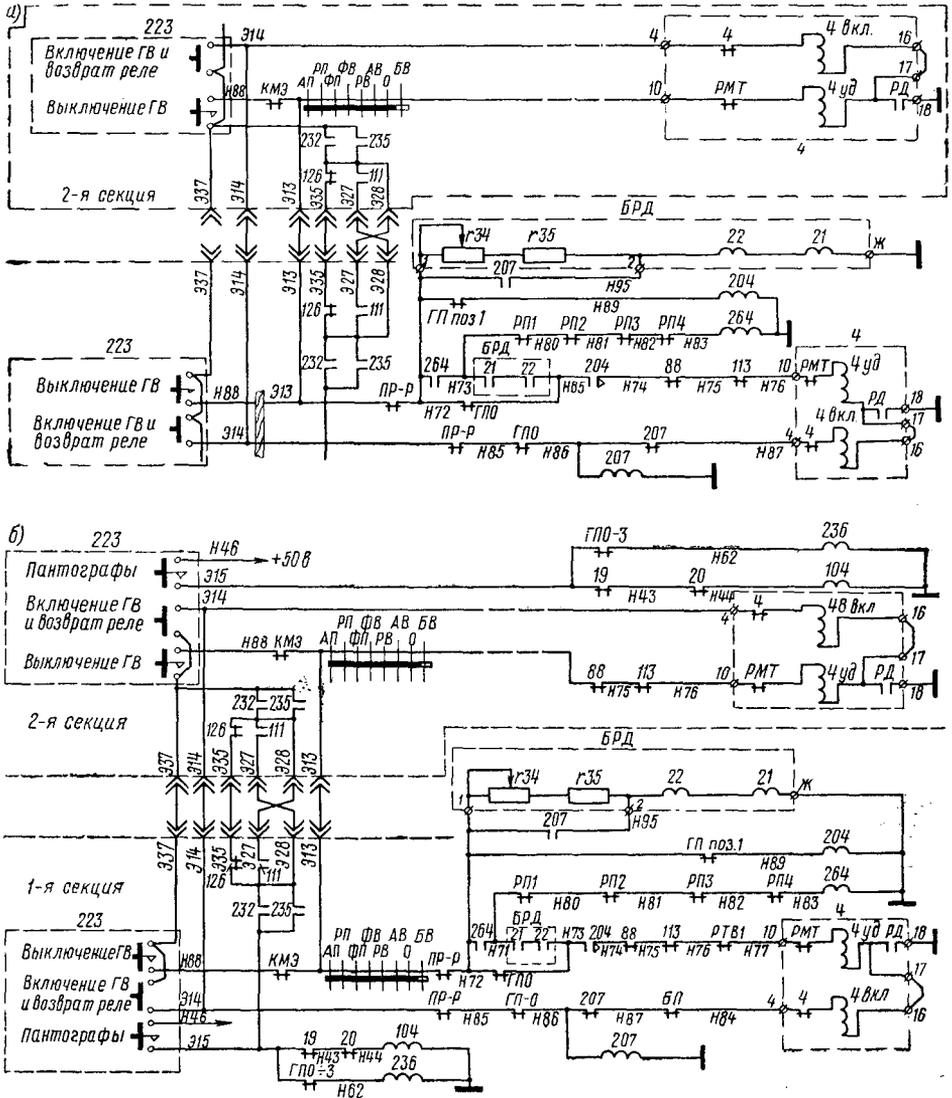


Рис. 295. Схема цепей управления главными выключателями электровоза ВЛ80<sup>К</sup> (а) и ВЛ80<sup>Т</sup> (б)

От этого провода питаются цепи удерживающих катушек ГВ через контакты следующих защитных аппаратов: промежуточного реле 264 (контролирует работу реле перегрузок РП1—РП4), быстродействующего дифференциального реле (21, 22), реле времени 204, реле заземления 88, реле перегрузки вспомогательной цепи 113, реле перегрузки цепи возбуждения РТВ1 (только на электровозах ВЛ80<sup>т</sup>), реле максимального типа РМТ. Контакты ГПО, в цепи проводов Н72—Н73, шунтирующие контакты реле 264, 21 и 22, обеспечивают подачу напряжения на удерживающую катушку ГВ и, следовательно, включение главного выключателя только в том случае, если групповой переключатель ступеней ЭКГ находится на нулевой позиции.

На последующих позициях группового переключателя питание удерживающей катушки ГВ осуществляется через блок-контакты реле 264, 21 и 22. Одновременно с этим от провода Н72 напряжение получают катушки реле 21 и 22 (БРД), 204 (реле времени) и 264 (промежуточное реле).

При нажатии кнопки *Включение ГВ и возврат реле* получает импульс напряжения включающая катушка ГВ (4 *вкл.*) по цепи: провод Э14, контакты переключателя режимов ПР-Р, контакты ГП1—0 (контроль нулевой позиции ЭКГ), контакты реле 207, контакты блокировочного переключателя БП (на электровозах ВЛ80<sup>т</sup>), собственные блок-контакты 4.

ГВ включается и собственными блок-контактами 4 разрывает цепь катушки включающего электромагнита. Одновременно возбуждается катушка реле 207, при этом размыкаются его контакты в цепи включающей катушки ГВ, что предотвращает его повторное включение и «звонковую» работу при возможном коротком замыкании в силовой цепи.

Отключается ГВ, когда цепь удерживающей катушки 4 *уд.* теряет питание. Это происходит в следующих случаях: перевод главной рукоятки КМЭ в положение БВ (размыкается контакторный элемент КМЭ в проводах Н88—Э13); выключение кнопки *Выключение ГВ*: установка переключателя режимов в положение *Отключение секции* (размыкается контакт переключателя ПР-Р); открытие штор ВВК (срабатывает реле 232); срабатывание одного из реле защиты от аварийных режимов (264, 21, 22, 204, 88, 113, РТВ1, РМТ, РД).

Наличие контактов блокировочного переключателя БП в цепи включающей катушки 4 *вкл.* на электровозах ВЛ80<sup>т</sup> исключает возможность включения ГВ в режиме реостатного торможения, так как в этом режиме групповой переключатель находится в нулевом положении и блок-контакты ГПО не контролируют цепи.

Поэтому если произошло отключение ГВ в режиме реостатного торможения, то для того, чтобы его снова включить, нужно тормозную рукоятку контроллера перевести в нулевое положение, а главную рукоятку поставить в одно из рабочих положений с тем, чтобы блокировочный переключатель вернуть в положение *Тяга*.

В цепях управления главным выключателем и токоприемниками имеется общий предохранитель на щите 210. Это сделано для того, чтобы токоприемник не опускался под нагрузкой при аварийном перегорании предохранителя в цепи катушки клапана токоприемника 245. Перегорание общего предохранителя приводит сначала к отключению нагрузки главным выключателем, а затем к опусканию токоприемника.

### § 93. Управление цепью высшего напряжения электровоза ЧС4

В отличие от электровозов ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup> на электровозах ЧС4 в цепях высшего напряжения имеется высоковольтный переключатель ступеней тягового трансформатора. Его работа неразрывно связана с работой силовой цепи и поэтому будет рассмотрена в разделе управления тяговым режимом электровоза.

**Источники питания цепей управления и схема подзаряда аккумуляторной батареи электровоза ЧС4.** На электровозах ЧС4 в качестве источников питания применен статический преобразователь 271 переменного тока напряжением 210 в в постоянный ток напряжением 50 в и аккумуляторная батарея НКТ 160 (рис. 296, а).

Статический преобразователь имеет понижающий трансформатор *ТР103* (рис. 296, б), первичная обмотка которого включена через рабочие обмотки магнитного усилителя *ТД* на вывод *d1* (см. рис. 280) напряжения 213 в обмотки собственных нужд.

Диоды *D105* и *D106* в цепи магнитного усилителя обеспечивают максимальное усиление, т. е. используется положительная обратная связь. Конденсаторы *C111—C112* защищают диоды *D105* и *D106* от перенапряжений (см. рис. 296).

Ко вторичной обмотке трансформатора *ТР103* с напряжением 60 в подключен силовой выпрямительный мост с диодами *D101—D104*. Со стороны постоянного тока этот мост подключен к клеммам 18 и 19 аккумуляторной батареи через автоматический защитный выключатель *S101*. Клеммы 18 и 19 соединены с цепями управления, освещения и сигнализации.

Выходное напряжение силового выпрямительного моста стабилизатора составляет 50 в, номинальное напряжение заряженной аккумуляторной батареи 48 в.

Стабилизатор и аккумуляторная батарея соединены так, что при напряжении стабилизатора ниже напряжения аккумуляторной батареи она автоматически переключается на питание цепей управления. Вместе с тем разряжаться на выпрямительный мост стабилизатора аккумуляторная батарея не может, так как плюсовой провод ее подключен к катодной части выпрямительного моста *D101—D104*.

Стабилизацию выходного напряжения зарядного агрегата осуществляют обмотки управления (15—18 и 11—14) магнитного усилителя. Обмотка 15—18 постоянно подключена к выпрямительному мосту через дроссель *ТЛ102* и регулировочный резистор *R103—*

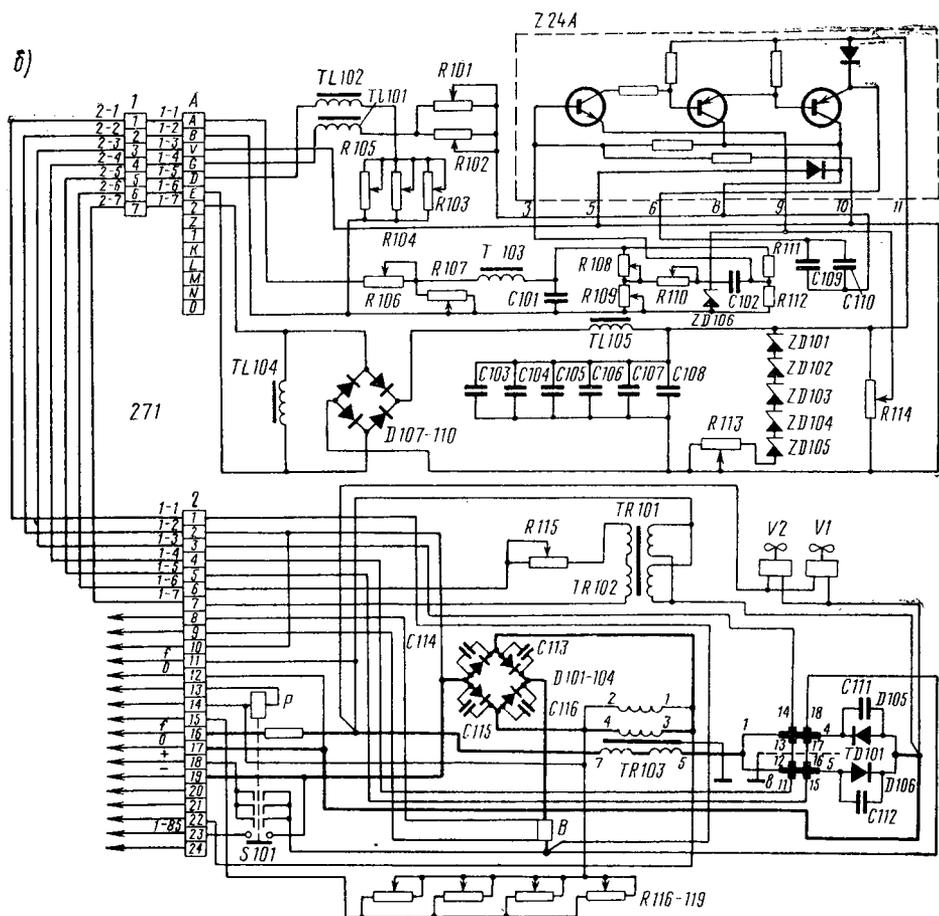
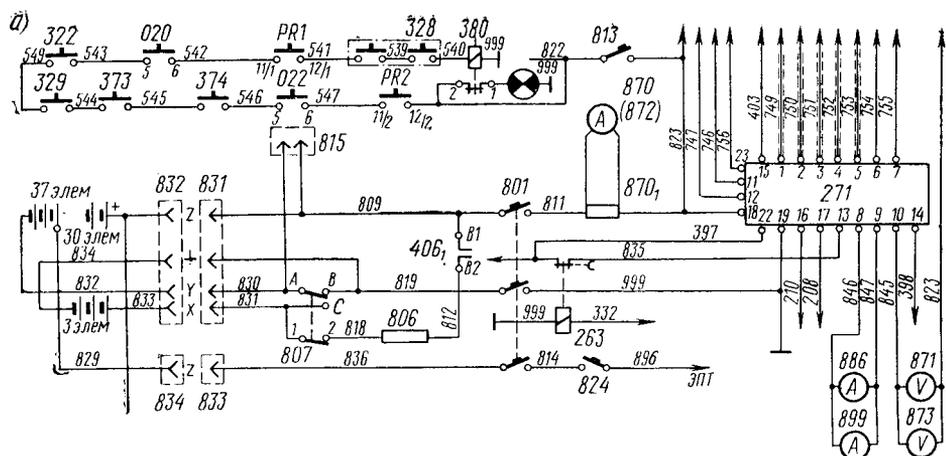


Рис. 296. Схема источников питания цепей управления и подзаряда аккумуляторной батареи электровоза ЧС4

*R105*. Ее магнитный поток направлен встречно магнитному потоку рабочих обмоток усилителя 1—4 и 8—5. Обмотка 15—18 работает при уменьшении выходного напряжения выпрямительного моста. Она обеспечивает увеличение результирующего магнитного потока, что приводит к насыщению сердечника, а следовательно, к значительному уменьшению индуктивного сопротивления рабочих обмоток магнитного усилителя. Поэтому напряжение на первичной обмотке трансформатора *TR103* увеличивается (из-за уменьшения индуктивного сопротивления в его цепи), повышается напряжение на вторичной обмотке этого трансформатора и увеличивается выходное напряжение выпрямительного моста.

Обмотка 11—14 магнитного усилителя включается на напряжение выпрямительного моста через транзисторный усилитель *X101* и через измерительный мост, который реагирует на повышение выходного напряжения выпрямительного моста диодов *D107—D110*, а также на понижение напряжения обмотки собственных нужд.

Магнитный поток обмоток 11—14 направлен встречно потоку рабочих обмоток магнитного усилителя. Следовательно, при повышении напряжения измерительный мост подключает транзисторный усилитель *X101*, благодаря чему по обмотке управления 11—14 потечет постоянный ток. В результате этого общий магнитный поток в сердечнике магнитного усилителя уменьшится, что приведет к возрастанию индуктивного сопротивления рабочих обмоток магнитного усилителя и, следовательно, к уменьшению напряжения первичной обмотки трансформатора *TR103*. Соответственно уменьшится выходное напряжение выпрямительного моста диодов *D101—D104*.

**Цепь питания реле безопасности.** Если все блокировочные защитные кнопки (дверей, лестниц, выпрямительной установки, аппаратуры) замкнуты, то при включении аккумуляторной батареи получает питание катушка вспомогательного реле безопасности 380 (см. рис. 296) по следующей цепи: плюс батареи, провод 809, защитный выключатель 801, провод 811, шунт амперметра 870<sub>1</sub>, провод 823, автоматический защитный выключатель (АЗВ) 813, провод 822, защитные блок-кнопки *PR2* (шкаф второго реверсора), 022 (шкаф ВУ), 374<sub>1</sub> и 373<sub>1</sub> (двери ВВК), 329 (щит разъединителя); 322 (сетка трансформаторного помещения), 020 (шкаф ВУ), *PR1* (шкаф первого реверсора), 328 (щит помещения контакторов вспомогательных приводов) катушка реле 380, провод 999, земля (корпус электровоза), провод 999, второй контакт выключателя 801, провод 819, контакт А—В ручного переключателя 807, провод 830, минус батареи. При срабатывании реле безопасности 380 должна мигнуть лампа 381 (382) *Блокировка безопасности*.

При включении батареи создается цепь питания катушки реле времени 371 (контроль работы вентиляторов) (см. рис. 304): провод 823, защитный выключатель 405, провод 552, защитный выключатель 411, провод 567, блокировка переключателя ступеней О—Р (замкнется на нулевой и 1-й позициях), провод 568, катушка реле

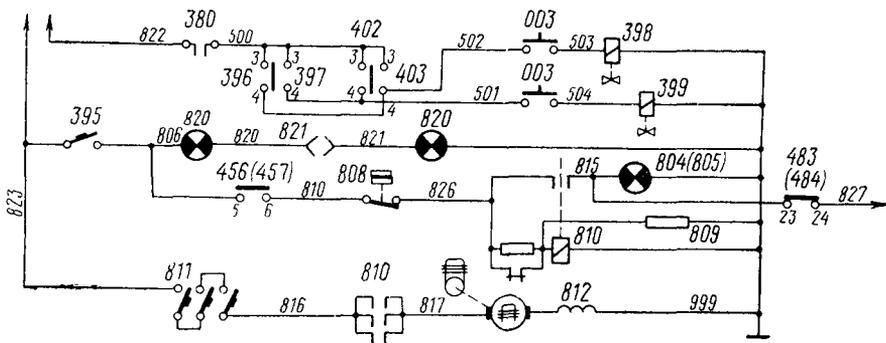


Рис. 297. Схема цепей управления токоприемниками электровоза ЧС4

времени 371, контакты которого находятся в цепи катушки реле 375 (см. рис. 298).

**Цепи управления токоприемниками.** Для подъема токоприемника, расположенного над первой кабиной, необходимо подать напряжение на катушку вентиля 398, а для подъема токоприемника второй кабины — на катушку вентиля 399 (рис. 297). Перед подъемом токоприемников необходимо заблокировать все помещения, где расположены высоковольтные аппараты и оборудование (двери высоковольтной камеры, шкафы аппаратов и выпрямительных установок, а также лестницы и сетку), включить автоматические защитные выключатели 801, 813 (см. рис. 296), а также выключатели 395 и 811 (см. рис. 297). В этом случае питающие провода 822 и 823 окажутся под напряжением.

Для создания запаса воздуха, необходимого для подъема токоприемника, на электровозе предусмотрен вспомогательный компрессор, приводом которого является двигатель 812, получающий питание от аккумуляторной батареи (провод 823).

При включении кулачкового выключателя 456 (457) в положение *Вспомогательный компрессор* создается цепь питания катушки контактора 810 от провода 823 через выключатель 395, провод 806, контакт выключателя, провод 810, контакт реле давления 808, провод 826 и размыкающие блок-контакты 810.

При включении контактора 810 через защитный выключатель 811 подключается двигатель вспомогательного компрессора к батарее (к проводу 823). Одновременно размыкаются блок-контакты контактора 810, а питание катушки его происходит через добавочный резистор. При включении контактора 810 замыкаются его блок-контакты и загорается лампа 804 (805) *Вспомогательный компрессор*.

Когда давление воздуха достигает 8 ат, блок-контакты реле давления 808 размыкаются, катушка контактора 810 теряет питание, и он отключает двигатель вспомогательного компрессора (812) от батареи; одновременно гаснет лампа 804 (805).

Для подъема токоприемника первой кабины 001 (см. рис. 258) необходимо включить кулачковый выключатель 396 (*Пантограф*

передний) в первой кабине или выключатель 403 (Пантограф задний) во второй кабине. При этом создается цепь питания катушки вентилей 398; провод 822, контакты реле безопасности 380, провод 500, контакты 3—4 выключателя 396 или 403, провод 502, конечная блокировка 003<sub>1</sub> разъединителя первого токоприемника, катушка 398, провод 999, земля (корпус).

Через вентиль 398 воздух поступает в цилиндр привода токоприемника, что вызывает его подъем.

Для подъема второго токоприемника необходимо включить кулачковый выключатель 397 в первой кабине или выключатель 402 во второй кабине. При этом создается аналогичная цепь питания катушки вентилей 399 от провода 822 через провод 501 и контакт 003<sub>2</sub> разъединителя второго токоприемника.

**Цепи управления главным выключателем.** Для включения главного выключателя необходимо перевести кулачковый выключатель 368 (369) в нефиксированное положение (вправо до упора). При этом создается следующая цепь питания удерживающей катушки ГВ, а также катушки реле 375 (рис. 298): провод 822, контакты реле 380, размыкающие контакты реле 852 (в защитном блоке 850), провод 470, кнопки 366 (367) быстрого выключения ГВ, провод 472 (474), контакты 11—12 выключателя 368 (369), провод 475, размыкающие блок-контакты ГВ, контакты автомата минимального давления ГВ, далее цепь разветвляется на удерживающую катушку ГВ и на катушку реле 375 по проводу 478, через блокировку пневмодвигателя О—Р, блокировку переключателя ступеней М—N (замкнутую только на

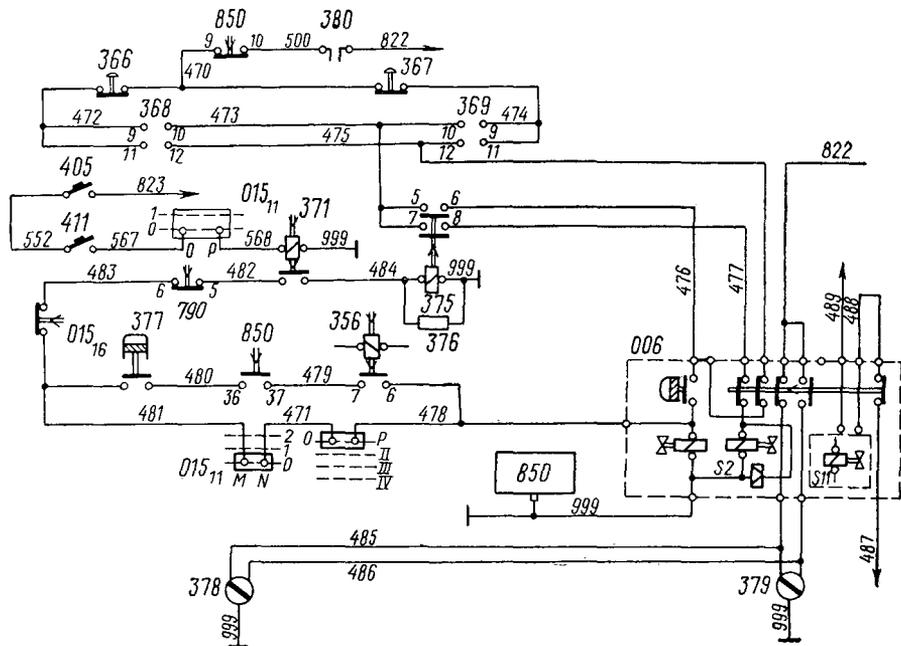


Рис. 298. Схема цепей управления главным выключателем электровоза ЧС4

нулевой позиции), провод 481, нижний контакт газового реле Бухгольца 015<sub>16</sub>, провод 483, размыкающие контакты реле 790, провод 482, замыкающие контакты реле времени 371, провод 484, катушку реле 375.

При включении реле 375 замыкаются его контакты. Одна пара их (5—6 между проводами 473 и 476) создает цепь питания удерживающей катушки ГВ (и реле 375) через контакты 9—10 выключателя 368 (369). Эта цепь не зависит от размыкающих блок-контактов ГВ и от контактов 11—12 выключателя 368 (369), замкнутого только в нефиксированном положении ГВ. Вторая пара замыкающих блок-контактов реле 375 (7—8 между проводами 473 и 477) создает цепь питания включающей катушки ГВ через размыкающие блок-контакты ГВ.

Возбуждение удерживающей катушки ГВ и подача импульса питания на включающую катушку ГВ приводят к включению главного выключателя. При этом размыкаются блок-контакты в цепи включающей катушки и она теряет питание.

Указатель положения ГВ 378 (379) занимает вертикальное положение: *ГВ включен*. После включения ГВ выключатель 368 (369) переводится в фиксированное положение *Управление*, при этом размыкаются его контакты 11—12.

В дальнейшем питание на катушку реле ГВ 375 будет поступать, минуя блок-контакты переключателя ступеней *М—N*, через замыкающие контакты реле времени 356, контакты 36—37 реле минимального напряжения 851<sub>с</sub> (защитного блока 850) и контакты реле давления тормозной магистрали 377.

#### § 94. Управление цепью высшего напряжения электровоза ВЛ82<sup>м</sup>

Управление высоковольтной цепью в основном сводится к управлению подъемом и опусканием токоприемников 1 (см. рис. 259), переключению переключателей рода тока 7, а также управлению главным воздушным и быстродействующим выключателями.

Питание цепей управления производится от трехфазного генератора переменного тока Г (рис. 299) через шестифазный выпрямительный мост. Указанный генератор сидит на валу мотор-вентилятора *МВ1*.

При неработающем генераторе питание цепей управления осуществляется от аккумуляторной батареи 200. Переключения с генератора на батарею обеспечиваются контактами контактора *К*. Для этого в цепь катушки контактора *К* включены контакты реле минимального напряжения *РМН*, которое отключает контактор *К*, когда питающее напряжение становится ниже 45 в. Это обеспечивает также непрерывность питания цепей управления и устройств АЛСН напряжением, необходимым для нормальной работы этих устройств.

Стабилизация напряжения, питающего цепи управления в пределах  $50 \pm 2,5$  в, обеспечивается бесконтактным регулятором напря-



низковольтной катушке вентиля защиты 104, выключенном заземлителе 5 и нейтральном положении переключателя рода тока 7 (см. рис. 300).

Напряжение 50 в на кнопочный выключатель 223 подается от распределительного щита по проводу НО10. Питание низковольтная катушка защитного вентиля 104 получает при включенной кнопке Токоприемники от провода Э77 через выпрямитель ДЗ и провод Э98. Сжатый воздух через возбужденный вентиль 104, пневматические блокировки дверей и штор ВВК и заземлитель 5 поступает к клапанам токоприемников 245.

Заземлитель силовых цепей типа ЗВ-2 имеет пружинно-пневматический привод и установлен в ВВК таким образом, что его ножи видны из коридора. При отсутствии сжатого воздуха в цилиндре пневматического привода заземлитель под действием пружин находится в положении *Заземлено*. Подача сжатого воздуха в цилиндр привода заземлителя может быть произведена только после включения всех пневматических блокировок при закрытых шторах и дверях ВВК и возбужденном вентиле защиты 104.

При подаче воздуха в цилиндр привода заземлитель 5 выключается и отсоединяет цепь токоприемника от земли, после чего замыкаются

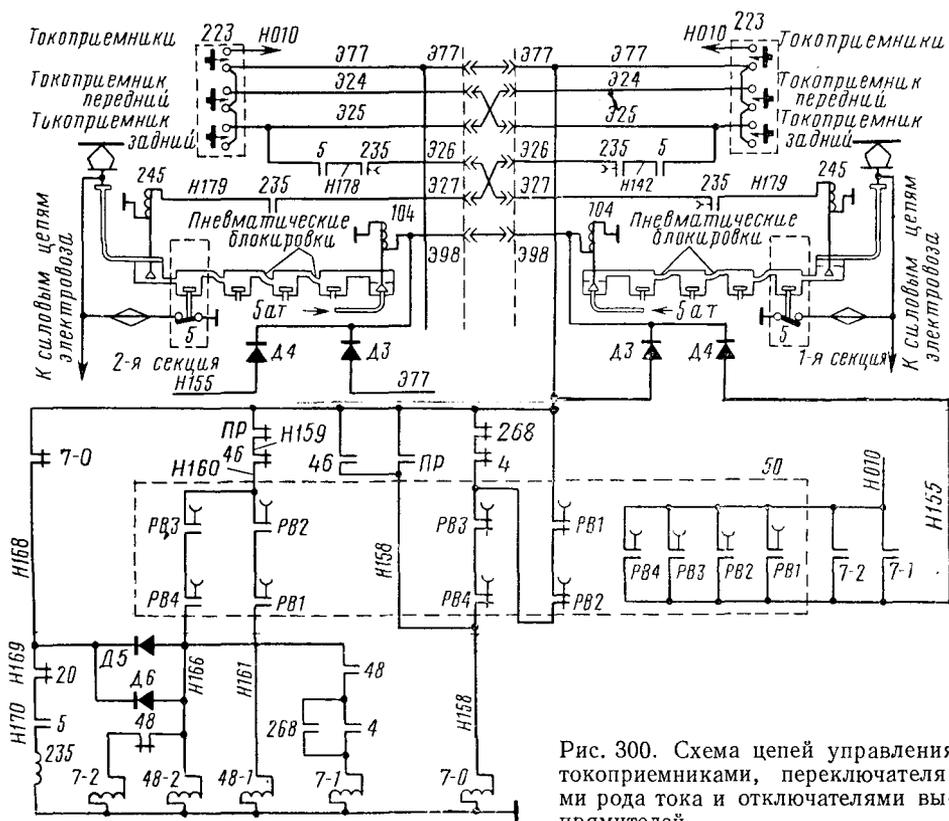


Рис. 300. Схема цепей управления токоприемниками, переключателями рода тока и отключателями выпрямителей

его блок-контакты 5 (Э25—Н178 и Н169—Н170) в цепях питания и катушек клапанов токоприемников 245 и реле времени 235.

Одновременно от провода Э77 через контакты реле РВ1 и РВ2, РВ3 и РВ4 устройства контроля рода тока по проводу Н158 получает питание катушка 7-0 электропневматического привода переключателя рода тока; переключатель устанавливается в нейтральное положение. Замыкаются блок-контакты переключателя 7-0 (в проводах Э77—Н168), собирая цепь питания реле 235.

После включения реле 235 и кнопки *Токоприемники передний* собирается цепь питания катушки клапана 245, в результате чего обеспечивается подача воздуха для подъема токоприемника. Таким образом, подъем токоприемника при нейтральном положении переключателя 7 исключает ошибочное подключение к контактной сети цепей электровоза, не подготовленных для питания от тока того или иного рода. Блок-контакты заземлителя 5 и контакты реле 235 в цепи проводов Э25—Э26 второй секции обеспечивают контроль закрытых и заблокированных штор и дверей ВВК и отключения заземлителя этой секции. Включение реле 235 возможно лишь при отключенном заземлителе 5, а отключение заземлителя — лишь при закрытых и заблокированных шторах и дверях высоковольтной камеры.

При включении кнопки *Токоприемники задний* на кнопочном выключателе 223 питание по проводу Э25 через блок-контакты заземлителя 5 и контакты реле 235 первой секции по проводу Э26, межсекционному соединению, проводу Э27 второй секции через контакты реле 235 подается на катушку клапана токоприемника 245 второй секции. В этом случае контроль положения штор и дверей ВВК перед подъемом токоприемника осуществляется на первой секции с помощью реле 235, а на второй — реле 235 и отключенного заземлителя 5. Это исключает подъем токоприемника при включенном заземлителе 5 на любой из секций. Блок-контакты 5 включены в цепи катушек реле 235 и клапанов токоприемника с целью предотвращения подачи питания на катушку клапана токоприемника 245 в случае самопроизвольного замыкания одной пары блок-контактов 5.

При поднятом токоприемнике в зависимости от напряжения в контактной сети (переменного или постоянного тока) возбуждаются реле переменного (РВ1, РВ2) или постоянного (РВ3, РВ4) тока устройства рода тока 50 и высоковольтная катушка вентиля защиты 104 (см. рис. 259). Получают питание катушки электропневматического привода переключателя 7-1 или 7-2 (см. рис. 300) и переключателя выпрямительных установок 48-1 или 48-2. Переключатель рода тока 7 устанавливается в положение, соответствующее напряжению в контактной сети.

После замыкания контактов реле РВ1, РВ2 (Н010—Н155) или РВ3, РВ4 (Н010—Н155) через выпрямитель Д4 создается вторая цепь питания низковольтной катушки защитного вентиля 104. Одновременно собираются цепи питания реле 235 от провода Н160: контакты реле РВ2, РВ1 (Н160—Н161) или реле РВ3, РВ4 (Н160—Н166) и выпрямитель Д5 или Д6. Эти цепи шунтируются блок-контактами 7-0 при включенном положении переключателя 7. После перевода

переключателя 7 в положение, соответствующее переменному или постоянному току, питание катушки 104 производится и через блок-контакты переключателя 7-1 или 7-2.

Опускание токоприемника производят выключением кнопки *Токоприемник передний* или *Токоприемник задний* в зависимости от того, какой токоприемник поднят. В этом случае снимается напряжение с катушки клапана токоприемника 245. Токоприемник опускается. Высоковольтная катушка вентиля 104 обесточивается. Переключатель рода тока устанавливается в нейтральное положение, разрывается цепь катушки 104, проходящая через выпрямитель ДЗ. Загорается красная лампа. При выключении кнопки *Токоприемники* прерывается цепь питания катушки 104 через выпрямитель Д4 и сжатый воздух из заземлителя и пневматических блокировок выходит через защитный вентиль 104. Заземлитель пружинным устройством переводится в положение *Заземлено*. Это, а также деблокирование дверей и штор ВВК возможно только после опускания токоприемника и перехода переключателя рода тока в нейтральное положение, т. е. после размыкания блок-контактов 7-1 или 7-2.

Параллельное включение контактов реле устройства рода тока 50 (*PB1, PB2 и PB3, PB4*) и блок-контактов переключателя 7 исключает возможность снятия напряжения с катушки вентиля 104 в случае самопроизвольного размыкания контактов какого-либо из аппаратов.

При отключении разъединителя аварийной работы 46 его блок-контакты в цепи *H159—H160* разрывают цепь питания катушек 48-1, 7-1, 48-2, 7-2, а блок-контакты реле времени в цепи *Э77—H158* подают питание на катушку 7-0. Этим обеспечивается в случае аварийного режима перевод переключателя 7 в нейтральное положение. Аналогичные переключения выполняются и при постановке переключателя режимов в положение *Отключение секции* (контакты *ПР* в цепи *Э77—H159* и *ПР* в цепи *Э77—158*).

Если при проезде электровозом нейтральной вставки по какой-либо причине переключатель рода тока 7 не займет нейтрального положения (после отключения реле *PB1, PB2* или *PB3, PB4*), то реле 235 после выдержки времени более 1 сек разорвет цепь клапанов токоприемников. Токоприемники будут опущены, что исключит въезд электровоза после прохода нейтральной вставки на участок с несоответствующим напряжением.

**Цепи управления быстродействующим и главным выключателями.** Главные выключатели обеих секций включают кнопками *Включение аппаратов защиты* и *Возврат аппаратов защиты* на кнопочном выключателе 223 (рис. 301). Напряжение 50 в к кнопке *Включение аппаратов защиты* подводится от распределительного щита по проводу *H010* через контакты контроллера машиниста *КМЭ (H010—H92)*, замкнутые на всех положениях главной рукоятки *КМЭ*, кроме положения БВ (см. рис. 318).

После включения кнопки *Включение аппаратов защиты* получают питание от провода *Э75* (см. рис. 301) следующие цепи:

кнопка *Возврат аппаратов защиты*;

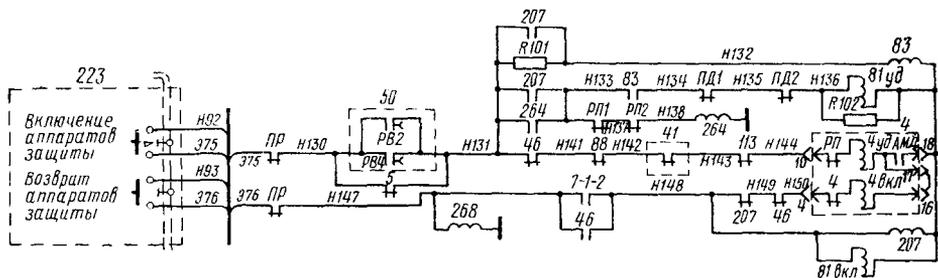


Рис. 301. Схема цепей управления быстродействующим и главным выключателями электроваза ВЛ82<sup>М</sup>

удерживающая катушка воздушного выключателя *4 уд* через контакты переключателя режимов *ПР-Р*, реле *PВ2* или *PВ4*, блок-контакты переключателя *46*, контакты реле заземления *88*, реле максимального напряжения *41*, реле *113* и контакты реле максимального тока *РМТ*. В цепь, соединяющую удерживающую и включающую катушки выключателя *4* с землей, введены контакты реле минимального давления *РД*, которые замыкаются при давлении воздуха в резервуаре выключателя выше *6 ат* и размыкаются при давлении ниже *4,6 ат*;

удерживающая катушка дифференциального реле *83*, включенная последовательно с резистором *R101*. При этом ток в цепи катушки достаточен для удержания реле во включенном положении, однако недостаточен для их включения;

катушка промежуточного реле *264* через контакты реле *207*, контакты реле перегрузок *РП1* и *РП2*.

Для включения дифференциального реле *83*, главного выключателя *4* и быстродействующего выключателя *81* кратковременно нажимают кнопку *Возврат аппаратов защиты*. При этом получает питание катушка *4 вкл* по цепи: провод *H2* (см. рис. 318), контакт *КМЭ*, замкнутый только на нулевой позиции главной рукоятки контроллера, провод *H93* (см. рис. 301), кнопка *Возврат аппаратов защиты*, провод *Э76*, контакты переключателя режимов *ПР-Р*, блок-контакты переключателя *7-1-2*, контакты реле *207*, блок-контакты переключателя *46*, собственные блок-контакты *4*. Если катушка *4 уд* обтекается током, то выключатель *4* включается, разрывая после этого цепь катушки *4 вкл* собственными размыкающими блок-контактами.

Одновременно с выключателем *4* включается реле *207*, которое своими контактами размыкает цепь катушки *4 вкл*, чем предотвращается повторное включение выключателя *4* при возможном коротком замыкании в силовой цепи. Кроме того, контакты *207* шунтируют резистор *R101* в цепи удерживающей катушки реле *83*, и реле включается. Контакты реле *83* замыкают цепь питания удерживающей катушки выключателя *81 уд*: провод *Э75*, контакты переключателя режимов *ПР*, контакты реле *PВ2* или *PВ4*, контакты реле *264* и *83*, блок-контакты переключателей двигателя *ПД1* и *ПД2*, катушка *81 уд*.

Включающая катушка *81 вкл* получает питание одновременно с реле *207*. Таким образом, после нажатия кнопки *Возврат аппаратов защиты* включатся на обеих секциях электровоза быстродействующие выключатели *81*. После того как включилось промежуточное реле *264*, его катушка, а также катушка *81 уд* получают питание через контакты реле *264* (провода *Н131—Н133*).

Цепь катушки *81 уд* теряет питание и быстродействующий выключатель *81* отключается в следующих случаях: при отключении кнопки *Включение аппаратов защиты*; срабатывании реле перегрузки *РП1*, *РП2* и отключении промежуточного реле *264*; замыкании на землю в силовой цепи и отключении дифференциального реле *83*; отключении переключателей двигателя *ПД1* и *ПД2* в случае сбора аварийной схемы тяговых двигателей. Цепи удерживающих катушек выключателей *81* и *4* теряют питание, когда главную рукоятку контроллера машиниста устанавливают в положение *БВ*.

## § 95. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ60к

Цепи управления расцепителями фаз. Напряжение *50 в* к кнопке *Фазорасцепители* на кнопочном выключателе *225* или *226* подводится от распределительного щита по проводу *Н46* (рис. 302). После включения этой кнопки по проводу *Э18* получают питание кнопки всех вспомогательных машин на кнопочном выключателе *225* или *226* и кнопка *Фазорасцепитель* кнопочного выключателя *227*.

При включенной кнопке *Фазорасцепитель* подается напряжение на катушку контактора *125* через контакты тепловых реле *137*, *139* и на катушку контактора *119* через контакты реле оборотов *249*. Контакторы *119* и *125* включаются, и начинается запуск расцепителя фаз *ФР1*. При достижении расцепителем фаз скорости, близкой к синхронной, срабатывает реле оборотов *249*, контакт которого разрывает цепь питания катушки контактора *119*, отключающего пусковой резистор. Замыкающий контакт *249* в цепи проводов *Э18—Н59* составляет цепь питания кнопки *Фазорасцепитель* на кнопочном выключателе *228*. Когда эта кнопка включается, получает питание катушка контактора *126* через контакты тепловых реле *138* и *140* и катушка контактора *120* через контакт реле оборотов *250* второго расцепителя фаз.

Контакторы *126* и *120* включаются, и начинается запуск расцепителя фаз *ФР2*. При достижении им скорости, близкой к синхронной, срабатывает реле оборотов *250*, контакт которого разрывает цепь питания катушки контактора *120*, отключающего пусковой резистор.

При замыкании контакта *250* в цепи проводов *Н60—Н59* подается питание через блок-контакты контакторов *125*, *126* на катушки реле *233*, *234*. Реле *233*, *234* включаются, замыкая свои контакты в цепи контакторов всех вспомогательных машин. Эти реле исключают возможность включения вспомогательных машин до окончания запуска расцепителей фаз.



После запуска расщепителя фаз и включения реле 233, 234 пуск любой из вспомогательных машин производится включением кнопки этой машины на кнопочных выключателях 225, 226, 227, 228.

**Цепи управления двигателями компрессоров.** При включении кнопки *Компрессоры* на кнопочном выключателе 225 или 226 через контакты регулятора давления 270, кнопку *Компрессор* на кнопочных выключателях 227 и 228, контакты реле 233, 234 и тепловых реле 141—144 подается напряжение на катушки контакторов 127, 128 и происходит запуск мотор-компрессоров.

**Цепи управления двигателями вентиляторов и насоса трансформатора.** Включение вентиляторов производится соответствующими кнопками на кнопочных выключателях 225 или 226 в кабине машиниста. К этому времени должны быть включены соответствующие кнопки на кнопочных выключателях 227, 228 в кузове электровоза.

При включении кнопок *Вентилятор 1* и *Вентилятор 2* получают питание катушки контакторов 129, 131. При этом начинает работать двигатель вентиляторов, охлаждающих тяговые двигатели I и II, выпрямительную установку 61, блок генераторной защиты тяговых двигателей I—III. В результате включения кнопок *Вентилятор 3* и *Вентилятор 4* контакторы 133 и 130 замыкают цепь питания двигателей вентиляторов охлаждения тяговых двигателей III и IV, сглаживающих реакторов, индуктивных шунтов и радиаторов тягового трансформатора. При включении кнопок *Вентилятор 5* и *Вентилятор 6* контакторы 132 и 134 включают двигатели вентиляторов охлаждения тяговых двигателей V и VI и выпрямительной установки 62.

Одновременно с включением кнопки *Вентилятор 4* на кнопочном выключателе 225 (226) подается питание через кнопку *Мотор-насос трансформатора* на катушку контактора 136, включающего электронасос тягового трансформатора. Кнопки *Мотор-насос трансформатора* и *Низкая температура масла* имеют механическую блокировку, не допускающую одновременного их включения.

Защита от перегрузки двигателей вспомогательных машин осуществлена тепловыми реле, контакты которых отключают цепь катушки контактора соответствующего двигателя.

## § 96. Управление вспомогательными цепями электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>т</sup>

**Цепи управления расщепителями фаз.** Напряжение 50 в к кнопке *Фазорасщепители* (рис. 303) на кнопочном выключателе 224 подводится от распределительного щита по проводу Н47. После включения этой кнопки (например, на первой секции электровоза) от провода Э18 через параллельно включенные блок-контакты переключателя 111 и разъединителя 126 получают питание катушки контакторов 119 и 125.

Катушка контактора 125 получает питание через блок-контакты контактора 119, т. е. лишь после того, как включится контактор 119.

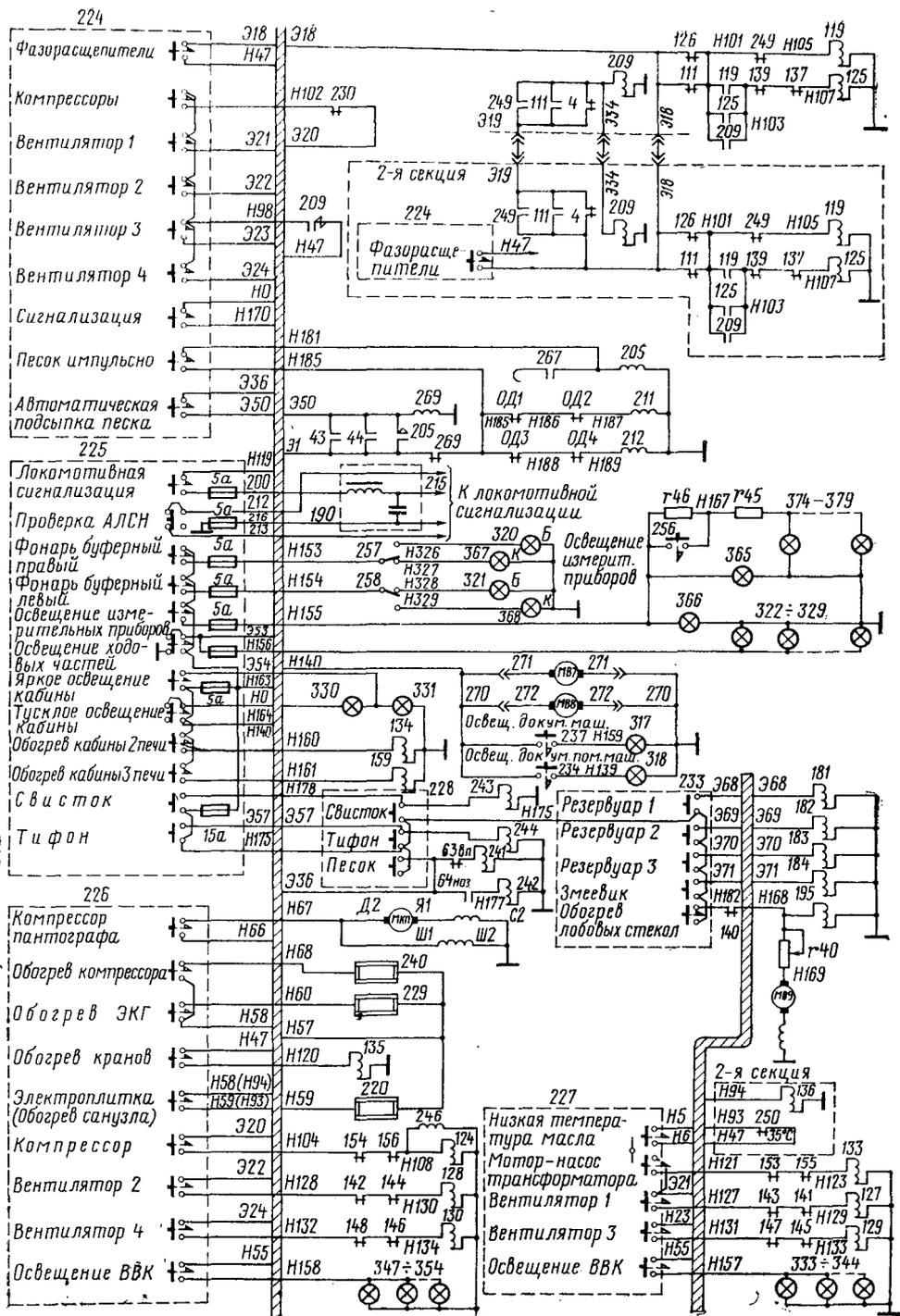


Рис. 303. Схема управления вспомогательными цепями электровоза ВЛ180<sup>к</sup> и ВЛ180<sup>т</sup>

Это исключает возможность включения расщепителя фаз на напряжение вспомогательной обмотки без пускового резистора генераторной фазы. Катушка контактора 119 получает питание через контакты реле оборотов 249.

Контакты 119 и 125 включаются, и начинается запуск расщепителя фаз. При достижении скорости, близкой к синхронной, срабатывает реле оборотов 249 и выполняет следующие переключения: контакт 249 разрывает цепь питания катушки контактора 119, который, отключаясь, разрывает цепь пускового резистора; контакт 249, замыкая провода Э18, Э19, на второй секции подготавливает цепь для питания катушек контакторов вспомогательных машин. Запуск расщепителя фаз второй секции аналогичен и происходит одновременно.

При нормальном запуске расщепителей фаз обеих секций создается цепь: провод Э18 первой секции, межсекционное соединение, провод Э18 второй секции, контакты реле оборотов 249 второй секции, провод Э19, межсекционное соединение, провод Э19, контакты реле оборотов 249 первой секции, провод Э34, катушки контакторов 209 в обеих секциях.

Включаются контакты контактора 209, подается напряжение 50 в на кнопки *Компрессоры*, *Вентилятор 1*, *Вентилятор 2*, *Вентилятор 3*, *Вентилятор 4*. Однако включить эти кнопки можно только на первой секции, так как на второй они заблокированы. Включение цепи управления вспомогательными машинами контактором 209 необходимо, так как нагрузка этих цепей приблизительно равна 15 а, а контакты реле оборотов 249 не рассчитаны на такую нагрузку.

Запуска вспомогательных машин не происходит, если один из расщепителей фаз не запустился или не окончен его пуск, так как контакт 249 любого из реле оборотов разрывает цепь питания катушек контакторов 209. Если во время работы электровоза на линии по какой-либо причине отключится главный выключатель, то его блок-контакт 4 шунтирует контакты реле оборотов 249. Вследствие этого все вспомогательные машины на секции, где выключился ГВ, остаются, а на другой секции будут продолжать работать без вмешательства машиниста.

**Цепи управления электродвигателя компрессора.** При включении кнопки компрессоры на кнопочном выключателе 224 через контакты регулятора давления 230 получает питание кнопка *Компрессор* на кнопочном выключателе 226, от которой через контакты тепловых реле 154, 156 подается напряжение на катушку контактора 124. Для облегчения запуска компрессора применен разгрузочный клапан 246, выпускающий воздух в атмосферу из участка напорной магистрали при выключенном компрессоре. Катушка 246 получает питание от провода Н104 одновременно с катушкой контактора 124. Одновременно собираются аналогичные цепи запуска компрессора второй секции.

**Цепи управления двигателями вентиляторов и насосом трансформатора.** Вентиляторы и мотор-насос трансформатора включают соответствующими кнопками на кнопочном выключателе 224 в кабине машиниста. К этому времени должны быть включены соответствующие

щие кнопки на кнопочных выключателях 226, 227 в кузове электроваза (см. рис. 303).

Кнопки *Вентилятор 1* и *Вентилятор 2* включают контакторы 127 и 128, которые замыкают цепь двигателей вентиляторов охлаждения тяговых двигателей. Одновременно с включением кнопки *Вентилятор 1* на кнопочном выключателе 224 от кнопки *Мотор-насос трансформатора* на кнопочном выключателе 227 включается контактор 133 электронасоса трансформатора.

Кнопки *Мотор-насос трансформатора* и *Низкая температура масла* имеют механическую блокировку, не допускающую одновременного их включения. При включении кнопок *Вентилятор 3*, *Вентилятор 4* включаются контакторы 129—130, которые замыкают цепь двигателей вентиляторов охлаждения кремниевых выпрямительных установок, сглаживающих реакторов и радиаторов тягового трансформатора.

**Резервирование расщепителя фаз.** На электровазах ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup> предусмотрено резервирование расщепителя фаз, т. е. возможность питания вспомогательных машин обеих секций от одного здорового расщепителя фаз.

При выходе из строя расщепителя фаз в одной из секций, например в первой, необходимо включить разъединители 126 в обеих секциях, предварительно сняв с них пломбы, отключить переключатель вспомогательных цепей 111 секции, в которой вышел из строя расщепитель фаз. Переключатели режимов остаются в положении *Рабочий режим электроваза*. При этом происходят следующие переключения в цепях управления. При включении разъединителей 126 обеих секций замыкаются блок-контакты их в проводах Э35—Э28 (см. рис. 295) и Н101—Э18 (см. рис. 303) в обеих секциях.

При выключении переключателя 111 на одной из секций замыкаются блок-контакты его в проводах Э27—Э28 (см. рис. 295), Э19—Э34 (Э18) и замыкаются блок-контакты в проводах Н101—Э18 (см. рис. 303).

Если при этом к моменту включения разъединителей 126 не будет выключен на одной из секций переключатель 111, то не получит питания провод Э37 (см. рис. 295) и, следовательно, будет невозможна работа электроваза, т. е. исключается возможность параллельного соединения обмоток собственных нужд тягового трансформатора обеих секций в результате ошибочных операций при переключении переключателя 111 и разъединителей 126. Кроме того, блок-контакты 111 обеспечивают невозможность включения контакторов 119 и 125 в цепи расщепителя фаз и, следовательно, включения его на неисправной секции, а также создают цепь питания катушки контактора 209 на той секции, где отключен расщепитель фаз. Питание катушки контактора 209 (см. рис. 303) будет происходить по цепи: провод Н47, кнопка *Фазорасщепители* кнопочного выключателя 224, провод Э18 первой и второй секций, контакты реле оборотов 249, провод Э19 второй и первой секций, блок-контакт разъединителя 111. При включении контактора 209 его силовые контакты замыкают цепь питания провода Н98 от провода Н47, что позволит осуществлять

питание катушек контакторов вспомогательных машин на той секции, где выключен расцепитель фаз.

**Прочие цепи.** Включение радиосвязи, прожектора, сигнализации, проверка автоматической локомотивной сигнализации АЛСН, буферных фонарей, освещения измерительных приборов, освещения ходовых частей, локомотивной сигнализации, освещения кабины производится соответствующими кнопками на кнопочных выключателях 223, 224, 225 в кабине машиниста (см. рис. 303).

Электрические печи кабины включают кнопками *Обогрев кабины, 2 печи* и *Обогрев кабины, 3 печи* кнопочного выключателя 225. Если необходим незначительный обогрев кабины, включают только кнопку *Обогрев кабины, 2 печи*; при этом контактор 134 включает две печи в кабине, расположенные одна около кресла машиниста, другая — около помощника. Если включена кнопка *Обогрев кабины, 3 печи*, контактор 159 включает две печи у машиниста и одну у помощника. При обеих замкнутых кнопках включаются все пять печей.

Освещение документов машиниста включают кнопкой 237 (на пульте машиниста), а помощника машиниста — кнопкой 234 (на пульте помощника). Клапаны дистанционной продувки резервуаров обеих секций 181—184 включают кнопками с самовозвратом кнопочного выключателя 233, установленного на пульте машиниста.

Освещение ВВК, компрессор токоприемника, обогрев компрессора, ЭКГ, санузла, краны и электроплитки включают соответствующими кнопками на кнопочных выключателях 226 и 227 в кузове. Обогреватель ЭКГ и электроплитка могут быть включены только при работе зарядного агрегата.

Мотор-вентиляторы обдува лобовых окон кабины *МВ7, МВ8* получают питание через розетки 270 от провода *Н140*. В случае короткого замыкания в цепи ламп сигнальных фонарей перегорает предохранитель освещения ВВК на распределительном щите 210. Все остальные цепи постоянного тока имеют самостоятельные предохранители, установленные в кнопочном выключателе помощника машиниста 225 или на распределительном щите 210.

Светильники освещения кузова включаются и выключаются пакетными выключателями. Включать и выключать светильники можно любым из них независимо от положения другого.

Мотор-вентилятор *МВ9* обогрева лобовых стекол включается кнопкой *Обогрев лобовых стекол* кнопочного выключателя 233.

Нагреватель 196 контактором 195 включается одновременно с мотор-вентилятором *МВ9*. Если последний вышел из строя, то нагреватель необходимо немедленно отключить кнопкой кнопочного выключателя 233, так как из-за отсутствия обдува нагреватель быстро выходит из строя.

Схема управления вспомогательными цепями электровоза ВЛ80<sup>т</sup> такая же, как на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>; отличается она лишь тем, что из цепи провода *Э18—Н101* исключены блок-контакты разъединителя 126 и изменена схема питания клапанов песочниц, в цепь которых включены контакты реле юза (*РЗЮ-1, РЗЮ-2*).

## § 97. Управление вспомогательными цепями электровоза ЧС4

Цепи управления электродвигателями вентиляторов. Катушки контакторов 221 и 224 (рис. 304), включающих двигатели 239 и 244 вентиляторов охлаждения тяговых двигателей, соединены параллельно и получают питание на второй позиции переключателя ступеней (ПС) автоматически от провода 823 через контакты выключателя 405 (защитный выключатель всех цепей управления вспомогательными машинами и отоплением поезда), контакты 406 контактора управления вспомогательными машинами, выключатель 408 (общий для цепей управления вентиляторами), контакты 015<sub>11</sub> переключателя ступеней (замкнуты со 2-й позиции ПС) и провод 559. Катушка контактора 406 получает питание через замыкающие контакты 38—39 реле 851<sub>с</sub> защитного блока 850 при подаче напряжения на тяговый трансформатор. Аналогично, но с 1-й позиции переключателя ступеней через контакты ПС А—В, замкнутые, начиная с 1-й позиции, автоматически получают питание катушки контакторов 222, 225, включающих остальные шесть двигателей вентиляторов электровоза.

Выключателем 414 (415) можно включить двигатели вентиляторов и на нулевой позиции переключателя ступеней. При постановке выключателя 414 (415) в положение *Вентиляторы тяговых двигателей* через контакты 1—2 подается питание на катушки контакторов 221 и 224. После их включения цепь питания катушек дополнительно создается через блок-контакты этих контакторов и контакты 5—6 выключателя 414 (415). Это позволяет перевести выключатель в поло-

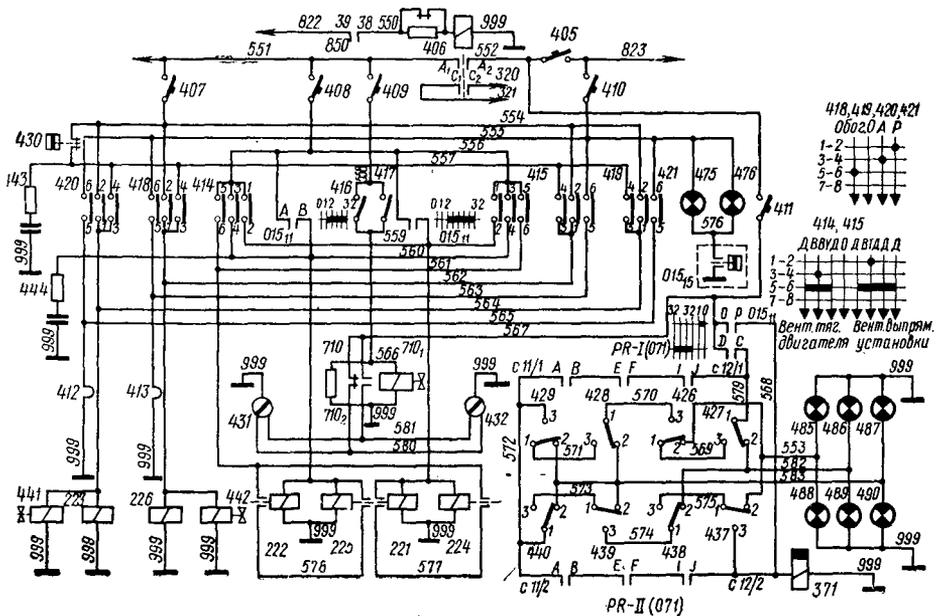


Рис. 304. Схема управления вспомогательными цепями электровоза ЧС4

жение *Д* (длительный режим), при котором контакты 1—2 разомкнуты.

Включение двигателей вентиляторов охлаждения выпрямительной установки и сглаживающих реакторов производится аналогично. При постановке выключателей 414 (415) в положение *Вентиляторы ВУ* контакты 3—4 замыкают цепь питания катушек контакторов 222 и 225, а когда контакторы включаются, создается вторая цепь питания их катушек через блок-контакты 222<sub>1</sub>, 225<sub>1</sub> и контакты 5—6 выключателя. Для запуска всех вентиляторов необходимо выключатель 414 (415) сначала поставить в положение *Вентиляторы ВУ* и затем в положение *Вентиляторы двигателей*, но не передвигая их через нуль. После этого можно поставить выключатель в положение *Длительный режим*.

Контроль за работой вентиляторов осуществляется с помощью воздушоструйных реле 426—429 и 437—440 (по одному на каждый вентилятор). В случае прекращения работы одного из вентиляторов контакты 1—3 его воздушоструйного реле размыкаются, разрывая цепь катушки реле времени 371, контакты 1—2 замыкают цепь сигнальной лампы *Дефект вентилятора 485—487 (488—490)*.

Реле времени 371 через 5—9 сек выключит главный выключатель электровоза, воздействуя на реле ГВ 375 (см. рис. 298).

Если вследствие неисправности вентиляции отключается группа тяговых двигателей, то контакты воздушоструйных реле в цепи катушки реле времени 371 шунтируются контактами разъединителя двигателей 071—I или 071—II. Это обеспечивает возможность включения ГВ и работы электровоза с тяговыми двигателями, вентиляция которых в исправности.

**Цепи управления двигателями компрессоров.** Катушки контакторов 223 и 226 (см. рис. 304), которые включают двигатели основных компрессоров, получают питание от провода 551 через защитный выключатель 407 и контакты 1—2 выключателей 420 (421) и 418 (419) при постановке каждого из них в положение *Р* (ручное управление). При этом работа компрессоров не зависит от регулятора давления 430. При переводе выключателей в положение *А* (автоматическое управление) замыкаются контакты 3—4 (размыкаются 1—2), и питание катушки контакторов 223 и 225 получают по цепи: выключатель 407, провод 554, контакты регулятора давления 430, провод 557, контакты 3—4 выключателей.

Параллельно катушкам контакторов 223 и 226 включены катушки вентилей 441 и 442, которые обеспечивают выпуск воздуха в атмосферу из участка напорной магистрали, чем облегчается запуск компрессора.

Нагреватели масла 412 и 413 (в картерах компрессоров) в холодное время года включают до запуска компрессоров, устанавливая выключатели 418 (419) и 420 (421) в положение *Обогрев*. При этом необходимо включить также защитный выключатель 410.

**Цепь управления двигателями масляных насосов.** Однофазные асинхронные двигатели 260 и 261 (рис. 305) масляных насосов трансформатора запускаются автоматически после подачи напряжения на

тяговый трансформатор (при включенных защитных выключателях 266, 267, 268). При включении аккумуляторной батареи катушка реле времени 263 получает питание по цепи: провод 823, защитные выключатели 405 и 411, провод 567, замкнутая блокировка контактора 262, катушка реле 263, земля. Включившись реле подает напряжение от провода 567 на катушку трехполюсного контактора 257. Контактор 257 соединяет параллельно с постоянно включенными конденсаторами 260<sub>1</sub> (261)<sub>1</sub> пусковые конденсаторы 260<sub>2</sub> (261)<sub>2</sub>.

Когда подается напряжение на тяговый трансформатор, включается реле 851<sub>с</sub> в блоке защиты 850 (см. рис. 291 и 305), при этом включится контактор 406, катушка его получит питание по цепи: провод 822, контакты 38—39 реле 851<sub>с</sub> (в блоке 850), провод 550, катушка контактора 406, земля.

При включении контактора 406 замкнутся его контакты в цепи питания пускового контактора двигателя насоса 262.

Катушка этого контактора получает питание по цепи: провод 823, защитный выключатель 268, провод 320, контакты 406, провод 321, катушка контактора 262, земля. Контактор 262, включаясь, подключает двигатели насосов 260 и 261 через провод 213 и защитный выключатель 207 к выводу вспомогательной обмотки d2 тягового трансформатора (см. рис. 280). Таким образом двигатели насосов запускаются в работу.

Включение контактора 262 вызывает размыкание его контактов в цепи питания реле времени 263 (см. рис. 305), следовательно, его катушка теряет при этом напряжение. Однако якорь реле 263 остается притянутым и отпадает лишь спустя 5 сек, что обеспечивает запуск двигателей насосов. Когда же якорь реле времени 263 отпадет, разорвется цепь питания трехполюсного контактора 257, что вызывает отключение пусковых конденсаторов 260<sub>2</sub> и 261<sub>2</sub>.

Во время запуска двигателей насосов сигнальные лампы *Дефект насосов* 424 (425) горят, получая напряжение от проводов 567 через контакты маслоструйных реле 253 и 254.

Когда в системе охлаждения тягового трансформатора масло начнет циркулировать, разомкнутся контакты маслоструйных реле и сигнальные лампы 424 и 425 погаснут.

**Цепи управления включением калориферов.** Кабины машиниста отапливаются калориферами 290 и 314 (см. рис. 280). В каждый кало-

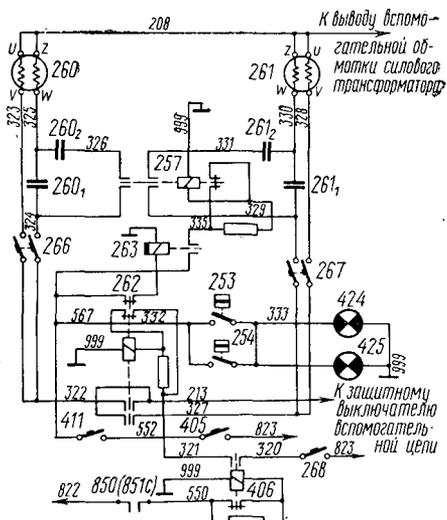


Рис. 305. Схема управления двигателями масляных насосов электровоза ЧС4

риферы встроены вентиляторы и радиаторы. Электрическая цепь защищена автоматическим защитным выключателем 278 (280). Отопление кабины машиниста имеет три ступени и включается выключателями 286 (316). При их включении сначала создается цепь питания катушки контактора 281 (307), контактор включается и своими контактами замыкает цепь питания двигателя вентилятора калориферов. А затем можно последовательно включить три ступени отопления. Для автоматического поддержания постоянной температуры служит термореле 259 (258).

Чтобы предупредить недопустимое повышение температуры в корпусе калорифера, применен термостат 292 (315); при включении его цепи питания катушек контакторов 281 (307) замыкаются на землю через заземляющие резисторы 284 (306). В результате выключатель 276 (300) отключается, разрывая цепь контакторов 281 и 307. Аналогично (без автоматического регулирования температуры с помощью термостатов) происходит управление калориферами стеклообогревателей.

## **§ 98. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ8<sup>м</sup>**

Управление вспомогательными цепями производится с помощью кнопочных выключателей КУ. На каждой секции электровоза установлено семь кнопочных выключателей (223—229). Защита цепей управления, имеющих нагрузку не более 25 а, осуществляется автоматическими выключателями, сгруппированными в два блока 215 и 216, которые получают напряжение от распределительного щита по проводам *Н01, Н02, Н03, Н04, Н109* (рис. 306).

От блока автоматов питание подается на кнопочные выключатели по соответствующим проводам. Включение и выключение некоторых цепей, как например, двигателя компрессора, токоприемника, обогрева стекол, кранов и других, производится непосредственно автоматическими выключателями. С помощью кнопок аварийного питания тяговых двигателей, расположенных на кнопочном выключателе 229, осуществляется сбор аварийных цепей тяговых двигателей (6 или 8 двигателей последовательно).

**Цепи управления включением контакторов вспомогательных цепей.** Напряжение 50 в к кнопкам выключателя 224 подается от блока автоматов по проводу *Н012* (см. рис. 306). При включении кнопки *КВЦ* получает питание провод *Э82*, а от него цепи питания катушек дифференциального реле 84 и контактора вспомогательных цепей 82, через дополнительные резисторы *Р104* и *Р105*. В цепь катушки контактора 82 включены контакты дифференциального реле 84.

При последовательно включенных дополнительных резисторах в цепи катушек реле 84 и контактора 82 устанавливается ток, достаточный для удержания их во включенном положении, но недостаточный для включения. Поэтому для того, чтобы включить реле 84 и контактор 82, необходимо кратковременно нажать кнопку *Возврат*



*КВЦ*; при этом по проводу *Э83* получит питание катушка промежуточного реле *208*, оно включится и своими контактами закоротит дополнительные резисторы *R104* в цепи реле *84* и *R105* в цепи катушки контактора *82*. Если прекратить нажатие на кнопку *Возврат КВЦ*, отключится реле *208*, однако реле *84* и контактор *82* останутся включенными.

**Цепи управления включением контакторов двигателей вспомогательных машин и электропечей.** При включении кнопки *Компрессоры* на кнопочном выключателе *224* по проводу *H193* через контакты регулятора давления *230* и по проводу *Э84* получает питание кнопка *Компрессор* на кнопочном выключателе *227* (см. рис. 306), от которой по проводу *H267* подается напряжение на катушку контактора *128*, включающего двигатель компрессора. Получая питания по межсекционному проводу *Э84* и аналогичным цепям, запускается компрессор и во второй секции.

Запуск вентиляторов *МВ1* и *МВ2* осуществляется включением кнопок *Вентилятор 1* и *Вентилятор 2* на выключателе *224*. Предварительно должны быть включены аналогичные кнопки на выключателе *227*.

Напряжение от провода *H012* через кнопки на выключателе *224* по проводам *Э85* и *Э86* подается на соответствующие кнопки выключателя *227* и по проводам *H261* и *H262* получают питание катушки контакторов *125* и *126*, включающие двигатели вентиляторов *МВ1* и *МВ2*.

Для пуска насоса включают кнопку *Мотор-насос трансформатора*. Напряжение получают катушки контакторов *133* и *134*. С помощью контактора *133* подается питание на обмотки двигателя насоса *МН*, а с помощью контактора *134* собирается цепь пуска. Контакты реле *132* включают или выключают контактор *134* в зависимости от величины питающего напряжения. Контакты теплового реле *153* отключают контактор *133* при перегрузке мотор-насоса. Кнопка *Низкая температура* масла на кнопочном выключателе *227* служит для шунтирования блок-контактов *133* в цепи линейных контакторов *ЛК1-2*, *ЛК3-4*, *ЛК5-6* (см. рис. 318) при минусовых температурах окружающего воздуха.

Включение насоса производится после нагрева масла трансформатора примерно до  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Кнопка *Обогрев кабины, 2 печи* на кнопочном выключателе *225* получает питание от провода *Э82* при включении кнопки *КВЦ* на КУ *224* и подает питание на катушку контактора *130*, установленного только на первой секции, по межсекционному проводу *Э97*; в каждой кабине включается по две электропечи.

При необходимости можно включить еще четыре электропечи в кабине кнопкой *Обогрев кабины, 4 печи* на КУ *225*. При этом включится контактор *129*.

**Цепи управления пескоподачей и защиты от боксования.** Подача песка под колеса осуществляется включением кнопки *Песок* на кнопочном выключателе *228*. По межсекционному проводу *Э90* через блок-контакты реверсора *б3вп* или *б3наз* получают питание соответ-

ственно катушки вентилей клапанов песочниц 241 или 242 на обеих секциях. При необходимости можно обеспечить автоматическую импульсную подачу песка включением кнопок *Песок импульсно* на кнопочном выключателе 224 (см. рис. 306).

От провода *Н021* через включенную кнопку *Песок импульсно* и контакты реле 206 (*Э89—Н196*) получает питание катушка реле времени 205. Реле включается и своими контактами замыкает цепь питания реле 206 и белой сигнальной лампы. *ДБ* (см. рис. 319). Через вентиль *Д9* получает питание провод *Э90*, возбуждающий вентили клапанов песочниц 241 или 242. Одновременно контакты реле 206 разрывают цепь питания катушки реле 205. Но реле 205 отключается не сразу, а только через 2 сек (идет подсыпка песка), после чего контакты его разомкнутся и с провода *Э90* будет снято напряжение. Одновременно отключится реле 206. Подача песка прекратится. Однако контакты реле 206 снова замкнутся и подготовят цепь питания катушки реле 205.

При необходимости повторной подачи песка включение аппаратуры происходит в прежнем порядке.

УПРАВЛЕНИЕ СИЛОВЫМИ ЦЕПЯМИ  
И ЦЕПИ СИГНАЛИЗАЦИИ§ 99. Управление силовой цепью  
и цепи сигнализации электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

Управление силовой цепью электровоза ВЛ60<sup>к</sup> в основном сводится к управлению серводвигателем привода группового переключателя ступеней ЭКГ-8 с помощью контроллера машиниста.

Электровоз может работать по системе многих единиц. При этом синхронная работа переключателей ступеней электровозов, а также отключение при необходимости цепей управления ведущего или ведомого электровоза без разъема межэлектровозных соединений обеспечиваются с помощью переключателя режимов *ПР*. Рукоятка переключателя режимов имеет следующие положения: *Самостоятельная езда Система 1, Система 2, Отключен 1-й электровоз*.

При одиночной работе электровоза переключатель режимов устанавливают в положение *Самостоятельная езда*.

**Нулевое положение главной рукоятки контроллера машиниста.** Нормально на неработающем электровозе реверсивная и главная рукоятки контроллера машиниста должны находиться в нулевом положении, а переключатель режимов — в положении *Самостоятельная езда*. При включении выключателя управления *ВУ1* (или *ВУ2*) от распределительного щита *210* получают питание цепи серводвигателя *СМ* и подготавливается питание цепей управления. Включением кнопки *Цепь управления* на кнопочном выключателе *223* или *224* (см. рис. 302) при замкнутой блокировке тормозов *213, 214* напряжение подается на провод *Э1* (рис. 307) и блок-контакты *ГП—ПР2* и *ГП—ПР1* переключателя ступеней ЭКГ-8. Блок-контакты *ГП—ПР1* и *ГП—ПР2* замкнуты в промежутке между позициями и создают цепь питания катушки контактора *208* соответственно при наборе и сбросе позиций.

Если вал ЭКГ находился на промежуточной позиции, то создается цепь питания катушки *208* и вал ЭКГ дойдет до фиксированной позиции. Затем необходимо реверсивную рукоятку установить в положение *ПП*. При этом замкнутся два контакторных элемента. Один из них по проводу *Н1* (*Н2*) подает питание на контакторные элементы главного вала контроллера машиниста. Если групповой переключатель ступеней находился не на нулевой позиции, то произойдет сброс его на нулевую позицию. Катушка контактора *208* получит питание по следующей цепи: провод *Н1* (*Н2*), контакторные элементы контроллера *КМ1* в проводах *Э11* и *Н311*, контакторный элемент контроллера *КМ2* в проводе *Н311*, провод *Н34*, блок-контакты *ГПП1—33*,

которые контролируют сброс до нулевой позиции ЭКГ, контакты реле 263, блок-контакты контактора 206, контролирующего вращение серводвигателя в сторону сброса позиций, контакты переключателя режимов ПР0,2 и ПР0. В промежутке между позициями П1 и 0 катушка контактора 208 получает питание от провода Э1 через блок-контакты ГП-ПР2. Таким образом, переключатель ЭКГ дойдет до нулевой позиции.

**Цепи питания катушек линейных контакторов 41—46.** Если установить главную рукоятку КМ в одно из фиксированных положений (кроме нулевого и БВ), то от провода Э7 при включенной локомотивной сигнализации (замкнуты контакты ключа ЭПК кабины, из которой ведется управление, и реле 239 не возбуждено) получают питание катушки вентилей реверсора 63 вп (64вп) или 63 наз (64 наз). Реверсоры переходят в положение *Вперед* или *Назад* (в зависимости от положения реверсивной рукоятки). Замыкаются их блок-контакты и по проводу Н5 через блок-контакты контактора 136 мотор-насоса системы охлаждения трансформатора получают питание электропневматические вентили контакторов 41—46 по двум параллельным цепям: блок-контакты ГПО (контролируют включение контакторов только на нулевой позиции ЭКГ), блок-контакты контакторов 129, 131

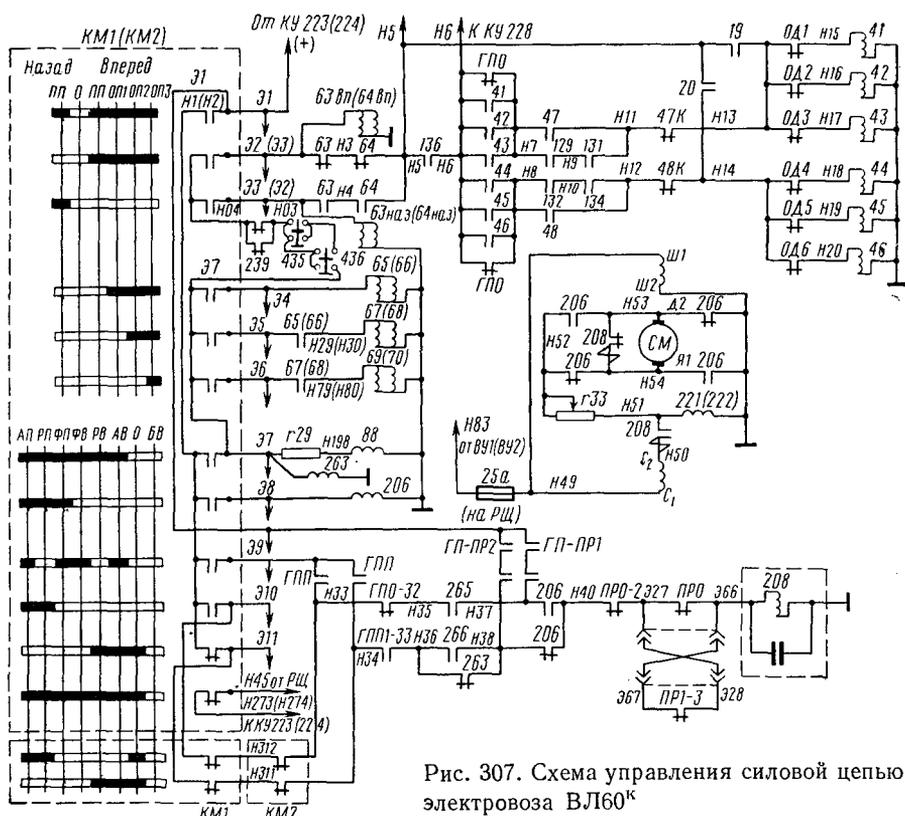


Рис. 307. Схема управления силовой цепью электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

и 132, 134, включающих мотор-вентиляторы, блок-контакты конечного положения переключателей вентиляей 47к, 48к (контролируют поворот вала переключателя вентиляей в конечное положение как в нормальном режиме, так и аварийном), блок-контакты отключателей двигателей (замкнуты при включенных отключателях двигателей).

Контакты 41—46 включаются и остаются включенными на позициях ЭКГ выше нулевой, так как катушки их получают питание через собственные блок-контакты 41—46 по вышеописанным цепям. Контакты реле 239 при срабатывании автостопа ЭПК разрывают цепь питания катушек линейных контакторов и тем самым обеспечивают прекращение тяги.

Таким образом, линейные контакторы могут быть включены только на нулевой позиции ЭКГ и в дальнейшем остаются включенными при условии работы мотор-насоса охлаждения трансформатора, мотор-вентиляторов, охлаждающих выпрямительные установки, включенных переключателях вентиляей и отключателях двигателей. Блок-контакты контактора 136 могут быть шунтированы кнопкой *Низкая температура масла* кнопочного выключателя 228 (см. рис. 302).

**Положения ФВ, ФП.** В положениях ФВ и ФП получают питание реле 265, 266 по следующей цепи: провод Н1 (Н2), контакторный элемент КМ, провод Э9 и далее по цепи синхронизации, описанной ниже. Реле 265 и 266 осуществляют синхронизацию работы групповых переключателей в процессе набора или сброса позиций при работе электровозов по системе многих единиц, а также подготавливают цепь набора (сброса) одной позиции.

При переводе рукоятки КМ в положение ФП или ФВ происходит фиксация позиций группового переключателя, так как теряет питание катушка контактора 208 и серводвигатель находится в режиме динамического торможения. В положение ФП включен контактор 206, который своими блок-контактами собирает цепь серводвигателя, обеспечивающую вращение его в сторону набора позиций. В положении ФВ контактор 206 выключен и вращение серводвигателя возможно только в сторону сброса позиций.

**Ручной набор позиций.** Для набора одной позиции следует рукоятку КМ вначале установить в положение ФП, а затем в положение РП. Реле 265 и 266 при включении получают питание по проводу Э9 и остаются включенными, получая питание от провода Э1 через блок-контакты ГП поз. 2 и собственные замыкающие контакты. Контактор 206 при этом включен.

Катушка контактора 208 получает питание по цепи: контакторные элементы КМ1 с проводами Н1 (Н2), Э10, Н312, контакторный элемент КМ2 с проводами Н312, провод Н33, блок-контакт ГПО—32, контакты 265, 206, ПР0,2, ПР0. Серводвигатель начинает вращаться в сторону набора позиций. Размыкаются контакты ГП поз. 2 (замкнуты только на фиксированных позициях), и катушки промежуточных реле 265, 266 теряют питание. Отключаясь, реле 265 своим контактом отключает питание катушки контактора 208 от провода Н33, но она продолжает получать питание от провода Э1 через

блок-контакты *ГП-ПР1*. Затем блок-контакты *ГП-ПР1* размыкаются и вал ЭКГ останавливается на позиции.

При отключении контактора *208* его размыкающие контакты выключают якорь серводвигателя, а замыкающие контакты закорачивают якорь, чем обеспечивается электродинамическое торможение серводвигателя.

Проход промежуточных позиций *П1—П5* без остановки серводвигателя обеспечивается тем, что блок-контакты *ГПП* замкнуты на этих позициях. Для набора еще одной позиции необходимо рукоятку контроллера поставить в положение *ФП* и вернуть в положение *РП*.

При замыкании контактов *208* от провода *Н49* получает питание катушка электропневматических вентилей *221* (*222*) воздушного дутья контакторов ЭКГ с дугогашением. Пуск электровоза заканчивается на *33*-й позиции ЭКГ, на которой блокировка *ГПО—32* (разомкнута на *33*-й позиции) разрывает цепь питания катушки контактора *208*.

**Автоматический набор позиций.** Для автоматического набора позиций необходимо рукоятку контроллера поставить в положение *АП*. При этом катушки реле *265*, *266* будут получать постоянно питание от провода *Э9*, а катушка *208* — от провода *Н33*, в течение всего времени пуска. Происходит безостановочное вращение серводвигателя в сторону набора до *33*-й позиции.

**Ручной сброс позиций.** Для сброса одной позиции необходимо рукоятку контроллера перевести вначале в положение *ФВ*, а затем в положение *РВ*. При этом теряет питание провод *Э8*, контактор *206* отключается, в результате чего происходит реверсирование серводвигателя в сторону сброса позиций.

Катушка контактора *208* получает питание по цепи: провод *Э11*, контакторные элементы в цепи проводов *Н311* (*КМ1*), *Н34* (*КМ2*), блок-контакты *ГПП1—33*, контакты реле *266*, контакты *206*, *ПРО,2*, *ПРО*.

Все операции по переключениям реле *266* и контактора *208* аналогичны операциям при ручном наборе позиций, переключатель ступеней переходит на одну позицию в сторону сброса (уменьшения) позиций. Для сброса еще одной позиции главную рукоятку контроллера машиниста устанавливают в положение *ФВ* (включается от провода *Э9* реле *266*) и возвращают в положение *РВ*. Таким образом, сброс позиций осуществляют поочередно, переставляя главную рукоятку контроллера в положения *РВ* и *ФВ*.

При движении группового переключателя ЭКГ с *1*-й на нулевую позицию блокировка *ГПП1—33* (разомкнута на нулевой позиции) разрывает цепь питания катушки контактора *208* от провода *Н34*. Когда вал переключателя ступеней достигнет нулевой позиции, прекращается питание катушки контактора *208* от провода *Э1* через блокировки *ГП-ПР2*, и вал ЭКГ фиксируется на нулевой позиции.

**Автоматический сброс позиций.** Для автоматического сброса позиций необходимо рукоятку контроллера поставить в положение *АВ*. В этом случае катушки реле *265*, *266* получают постоянное питание от провода *Э9*, а катушка контактора *208* — от провода *Н34*

в течение всего времени сброса. Происходит безостановочное вращение серводвигателя в сторону сброса до нулевой позиции.

**Ослабление поля тяговых двигателей.** Переход на характеристики ослабленного поля тяговых двигателей осуществляют передвижением реверсивной рукоятки последовательно в положения *ОП1*, *ОП2*, *ОП3*. В каждом положении реверсивной рукоятки контроллера происходит включение определенной группы контактов ослабления поля 65—82, подсоединяющих резисторы параллельно обмоткам возбуждения тяговых двигателей.

**Цепи синхронизации.** Синхронная работа групповых переключателей ступеней при движении электровозов по системе многих единиц осуществляется с помощью переключателя режимов и блокировок синхронизации ЭКГ (рис. 308).

Переключатель режимов на первом (ведущем) электровозе устанавливают в положение *Система 1*, на втором (ведомом) — в положение *Система 2*. При этом на первом электровозе замыкаются блокировки *ПР1* в цепях синхронизации (провода *Э9—Н26* и *Э9—Н25* на рис. 308) и *ПР0,2*, *ПР1,3* в цепи катушки контактора *208* (см. рис. 307), а на втором *ПР2* — в цепях синхронизации (провода *Э29—Н25*, *Э30—Н26* на рис. 308) и *ПР0,2*, *ПР1,3* в цепи катушки контактора *208* (см. рис. 307).

Блок-контакты синхронизации *ГП0, 2, 5 . . .*, *ГПП1, 3, 6 . . .*, *ГП1, 4, 7 . . .* группового переключателя ступеней находятся на валу, который делает один оборот при повороте вала силовых контакторов на три позиции. Так, например, блок-контакт *ГП0, 2, 5 . . .* замкнут на нулевой, 2-, 5-й позициях и т. д.; *ГПП1, 3, 6 . . .* — на позициях *П1, 3-*, 6-й и т. д.; *ГП1, 4, 7 . . .* — на позициях 1-, 4-, 7-й и т. д.

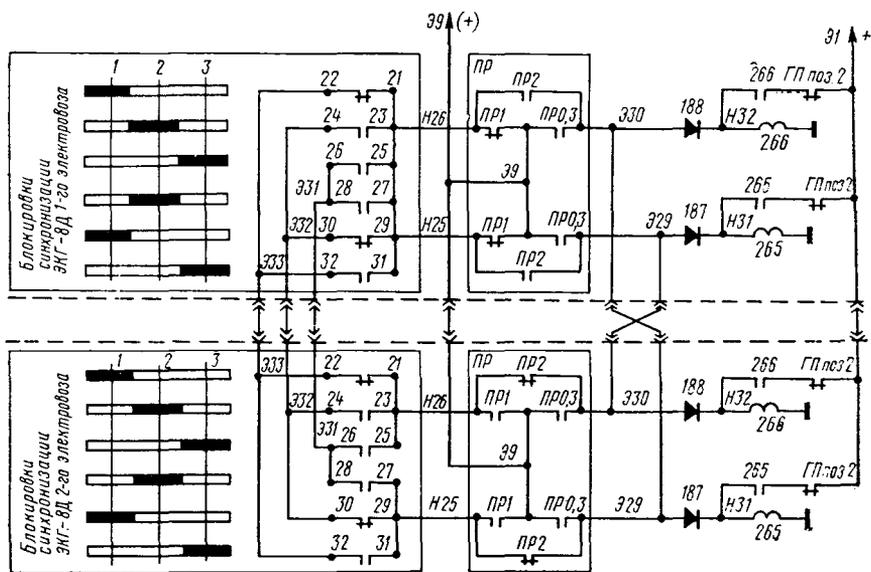


Рис. 308. Схема цепи синхронизации ЭКГ электровоза ВЛ160<sup>К</sup>

Промежуточные реле 265 (см. рис. 308) обоих электровозов контролируют синхронный набор позиций, а реле 266 — синхронный сброс позиций. Набор позиций осуществляют контроллером машиниста ведущего электровоза. При постановке рукоятки контроллера машиниста в положение *ФП* (или *ФВ*), когда оба ЭКГ находятся на одной и той же позиции, например нулевой, одновременно включаются реле 265 и 266 обоих электровозов, получая питание по следующим цепям.

Первая цепь: провод *Э9*, блок-контакт *ПР1*, провод *Н26*, блок-контакт *ГП0, 2, 5. . . (21—22)*, провод *Э33* второго электровоза, блок-контакт *ГП0, 2, 5. . . (22—21)*, ЭКГ второго электровоза, провод *Н26*, блок-контакт *ПР2*, провод *Э30*, выпрямитель *188*, катушка реле 266. Провод *Э30* перекрещивается с проводом *Э29* в межэлектровозном соединении и через выпрямитель *187* подводится напряжение к катушке реле 265 первого электровоза. После включения реле катушки их получают питание от провода *Э1* через блок-контакты *ГП поз. 2* и собственные контакты.

Вторая цепь: провод *Э9*, блок-контакт *ПР1*, провод *Н25*, блок-контакт *ГП0, 2, 5. . . (29—30)*, провод *Э32* второго электровоза, блок-контакт *ГП0, 2, 5. . . (30—29)*, ЭКГ второго электровоза, провод *Н25*, блок-контакт *ПР2*, провод *Э29*, выпрямитель *187*, катушка реле 265 второго электровоза. Провод *Э29* перекрещивается в межэлектровозном соединении с проводом *Э30*, и через выпрямитель *188* получает питание катушка реле 266 первого электровоза. После включения реле катушки их получают питание от провода *Э1* через блок-контакты *ГП поз. 2* и собственные контакты.

Следовательно, при нахождении обоих валов ЭКГ на одной и той же позиции контакты реле 265, 266 в цепи контактора 208 разрешают набор и сброс позиций на обоих электровозах. Однако иногда возможно рассогласование переключателей на одну позицию. В этом случае на электровозе, где вал ЭКГ опережает, включается только реле 266, разрешающее сброс позиций, а на электровозе, где вал ЭКГ отстает, — только реле 265, разрешающее набор позиций. При дальнейшем наборе или сбросе позиций валы ЭКГ сходятся к одной и той же позиции и продолжается их синхронная работа. Рассогласование валов ЭКГ на одну позицию при исправных цепях возможно в случае быстрого перевода главной рукоятки КМ. Поэтому рекомендуется переводить главную рукоятку, задерживая ее в положениях *РП, РВ*.

Если необходимо отключить ведущий электровоз, рукоятку его переключателя режимов устанавливают в положение *Отключен 1-й электровоз*. Переключатель режимов ведомого электровоза стоит по-прежнему в положении *Система 2*. При этом на ведущем электровозе размыкается блокировка *ПР0, 2* в цепи катушки 208 (см. рис. 307). Блокировки *ПР0, 3* и *ПР1, 3* остаются замкнутыми.

При установке рукоятки контроллера ведущего электровоза в положение *ФП* по проводу *Э9* и через блокировки *ПР0, 3* получают питание межэлектровозные провода *Э29, Э30* (см. рис. 308). На ведомом электровозе включаются реле 265, 266 и замыкаются их контакты

в цепи катушки 208. Дальнейший набор позиций производится так, как описано выше.

Для исключения возможности случайной подпитки катушки контактора 208 одного из электровозов ВЛ60<sup>к</sup> при работе по системе многих единиц в цепи управления набором и сбросом позиций ЭКГ включены разделительные диоды (до электровоза ВЛ60<sup>к</sup>-2244).

На последующих электровозах вместо разделительных диодов введено по два дополнительных контакторных элемента контроллера машиниста *КМ1* (в провода *Н312—Э10*, *Н311—Э11*) и *КМ2* (в провода *Н312—Н33*, *Н311—Н34*). Например, если на ведущем электровозе при наборе позиций ЭКГ находится на промежуточной позиции, а на ведомом — на фиксированной (вследствие неодинаковой скорости вращения серводвигателей), то при быстром переводе главной рукоятки контроллера ведущего электровоза из положения *РП* в положение *ФП* подпитка от провода *Э1* через блокировки *ГПпр. 1* на ведомый электровоз исключается, так как цепь будет разорвана контакторным элементом *КМ1* (в проводах *Н312—Э10*) ведущего электровоза (разомкнут в положении *ФП*).

**Цепи управления переключателями выпрямительных установок.** Переключатели вентилей 47, 48 имеют два положения: нормальное и аварийное. Переключатель 47 включает в нормальном положении и отключает в аварийном положении выпрямительную установку 61, а переключатель 48 — выпрямительную установку 62 (см. рис. 260).

При включении кнопки *Отключение ВУ1* (рис. 309) на кнопочном выключателе 227 и *Отключение ВУ2* на кнопочном выключателе 228 получают питание вентили нормального положения переключателей по цепи: провод *Н91* (получает питание на позициях *ПРО, 1, 3*), выпрямитель 237 или 238, замкнутые контакты кнопок, контакты реле 267, 268 (реле включено только на нулевой позиции ЭКГ) катушки 47<sub>норм</sub> и 48<sub>норм</sub>. Следовательно, возбуждение катушек переключателя возможно только на нулевой позиции ЭКГ.

При переходе ЭКГ с нулевой позиции катушки 47<sub>норм</sub> и 48<sub>норм</sub> получают питание от провода *Э1* через контакты реле 267, 268 и собственные блок-контакты. Если необходимо отключить выпрямительную установку, например 61, надо прежде всего установить ЭКГ в нулевое положение, затем отключить кнопку *Отключение ВУ1*. При этом получает питание катушка 47 *авар* и переключатель вентилей устанавливается в аварийное положение.

Выпрямители 237, 238 установлены для исключения цепей подпитки при работе электровоза по системе многих единиц. Блок-контакты переключателей режимов *ПРО, 1, 3* при движении по системе многих единиц исключают питание катушек переключателя ведомого электровоза от провода *Н47*.

**Цепи сигнализации.** Сигнальные лампы расположены на сигнальной панели пульта машиниста. Лампы световой сигнализации получают питание от кнопки *Пантографы* на кнопочном выключателе 223 через предохранитель, установленный на панели выключателя 229,

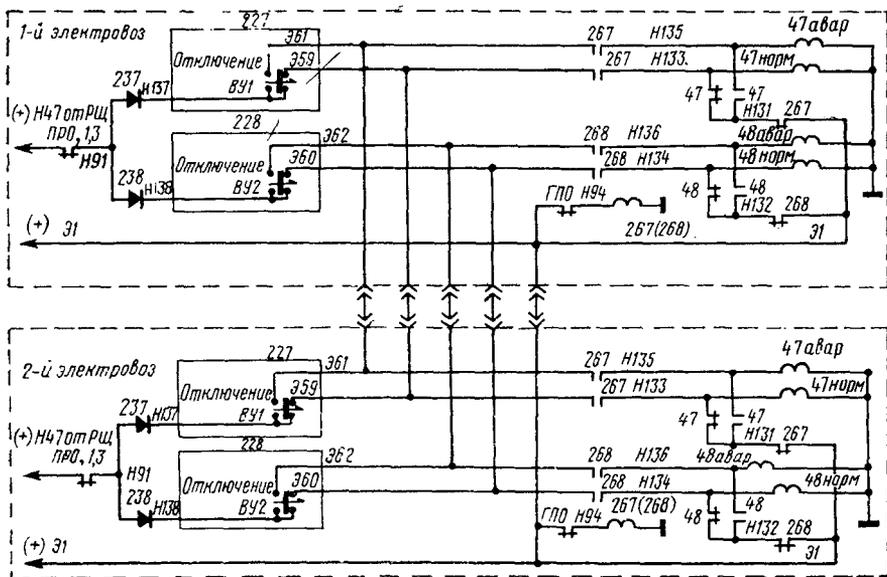


Рис. 309. Схема цепей управления переключателями вентиляей

по проводу Э55 (рис. 310). Сигнальные лампы ВУ1, ВУ2, ТР, ТД 0, ХП по две установлены на сигнальной панели пульта. Лампы расположены в два ряда. Лампы верхнего ряда сигнализируют о положении оборудования ведущего электровоза, нижнего — о положении аналогичного оборудования ведомого электровоза при работе электровозов по системе многих единиц.

Загорание красной сигнальной лампы ВУ1 или ВУ2 (см. рис. 310) свидетельствует о срабатывании защиты от пробоя вентиля выпрямительной установки, о срабатывании защиты от короткого замыкания в цепи тяговых двигателей, об отключении выпрямительной установки переключателем вентиляей, об отключении контакторов вентиляторов выпрямительных установок и тяговых двигателей I, II, V, VI.

Красная сигнальная лампа ТР, загораясь, сигнализирует об отключении контакторов вентиляторов системы охлаждения тяговых двигателей III и IV, сглаживающих реакторов, индуктивных шунтов и тягового трансформатора, а также об отключении контактора мотор-насоса охлаждения трансформатора.

Загорание красной лампы ТД сигнализирует об отключении линейного контактора одного из тяговых двигателей, а зеленой сигнальной лампы 0, ХП — о нахождении главного переключателя на нулевой или на ходовой позиции.

Кроме указанных ламп, на сигнальной панели пульта машиниста размещены красные лампы ФР, РП, РЗ, ГВ, РОТ и белая РБ.

Сигнальная лампа ФР, загораясь, сигнализирует об отключении расцепителей фаз, лампа РП — о срабатывании реле перегрузки в це-

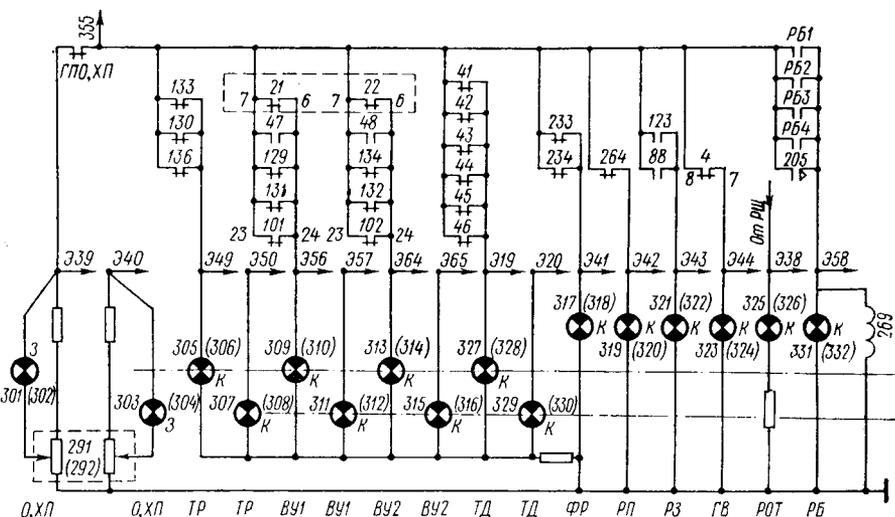


Рис. 310. Цепи сигнализации электровоза ВЛ60<sup>к</sup>

пях тяговых двигателей, лампа *РЗ* — о срабатывании реле заземления в силовых цепях 88 или во вспомогательных цепях 123. Загорание лампы *ГВ* сигнализирует об отключении главного выключателя, красной лампы *РОТ* — об отключении реле обратного тока, а белой сигнальной лампы *РБ* — о боксовании колесных пар электровоза и срабатывании при этом реле боксования или о наличии импульсной подсыпки песка (включена кнопка *Импульсная подсыпка песка*).

Для того чтобы иметь на ведущем электровозе сигнализацию о работе оборудования ведомого электровоза, провода Э38 и Э39, Э41 и Э42, Э44 и Э45, Э46 и Э47, Э48 и Э49 в межэлектровозном соединении перекрещивают.

## § 100. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

Управление силовой цепью электровоза ВЛ80<sup>к</sup>, так же как и на электровозе ВЛ60<sup>к</sup>, сводится в основном к управлению серводвигателем группового переключателя ступеней. Цепи управления двух секций электровоза постоянно работают по системе многих единиц. Секции электровоза имеют одинаковые схемы цепей управления, поэтому ниже будут рассмотрены цепи управления одной секции.

Цепь питания катушек вентилях реверсивных переключателей и линейных контакторов несколько отличается от аналогичной цепи электровоза ВЛ60<sup>к</sup>. Так, параллельно катушкам вентилях реверсивных переключателей через блок-контакты реверсивного переключателя 63 (рис. 311) включены катушки 262 и 263 вентилях клапанов, подающих сжатый воздух в цилиндры догружающих устройств.

Благодаря этому при движении электровоза догружаются передние колесные пары первой по ходу движения тележки каждой секции. Кроме того, в цепи питания катушек вентилях линейных контакторов 51, 52 и 53, 54 последовательно включены размыкающие блок-контакты разъединителей 81, 83 и 82, 84, отключающих соответственно выпрямительную установку 61 или 62. Отключение любой выпрямительной установки приводит автоматически к отключению линейных контакторов и соответственно тяговых двигателей, питающихся от этой выпрямительной установки.

В цепи питания катушки вентиля каждого линейного контактора введены блок-контакты отключателя двигателей ОД. Для отключения поврежденного двигателя достаточно отключить соответствующий нож отключателя ОД, что приведет к выключению соответствующего линейного контактора. Управление силовой цепью производится с помощью контроллера машиниста КМЭ, который так же, как и на электровозе ВЛ60к, имеет две рукоятки — реверсивную и главную.

**Нулевое положение главной рукоятки КМЭ.** Нормально групповые переключатели на неработающем электровозе должны находиться

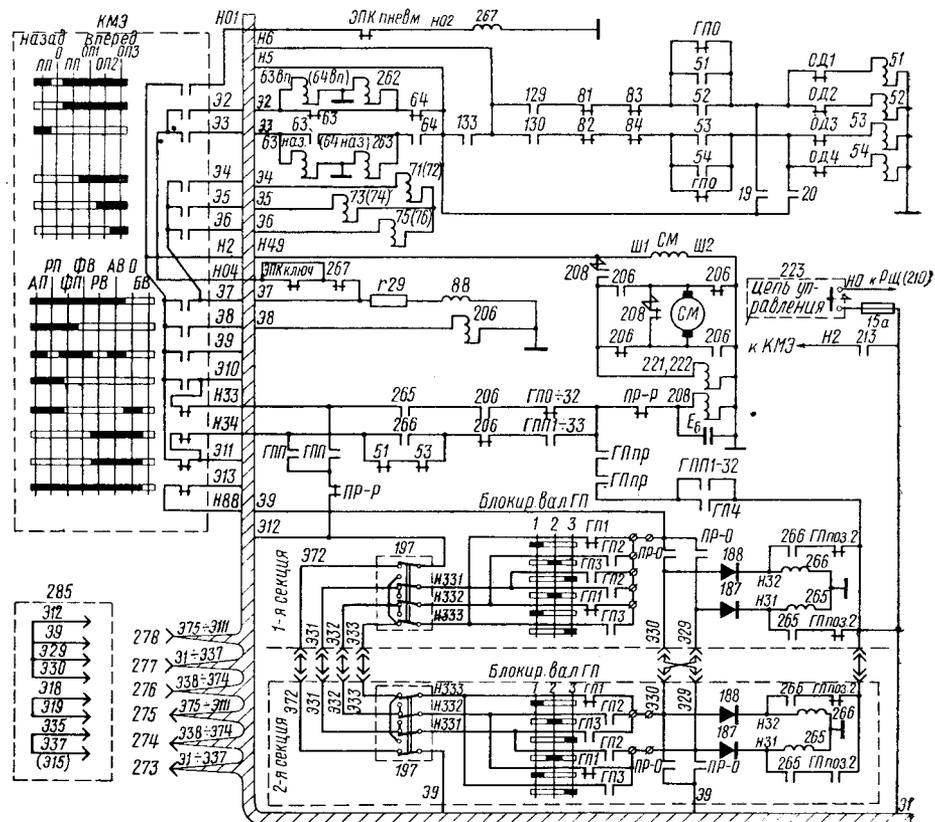


Рис. 311. Схема управления силовой цепью электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

в нулевом положении. Реверсивная и главная рукоятки контроллера машиниста КМЭ также должны быть установлены в нулевое положение.

При включении кнопки *Цепь управления* на кнопочном выключателе 223 в той кабине, из которой ведут управление, подготавливаются к работе цепи управления: от распределительного щита 210 по проводу Н0 через кнопку *Цепь управления* и предохранитель получает питание провод Э1.

Если вал ЭКГ находится в промежутке между позициями до 32-й включительно, то через блок-контакты ГПП1—32 и ГПпр и контакты переключателя режимов ПР-Р получает питание катушка контактора 208. При включении этого контактора ЭКГ доводится до ближайшей позиции. Два последовательно включенных блок-контакта ГПпр в цепи провода Э1 повышают надежность разрыва питания катушки контактора 208 при переходе переключателя ступеней на фиксированную позицию. Затем реверсивную рукоятку КМЭ необходимо перевести в рабочее положение.

В том случае, когда групповой переключатель какой-либо секции находится не на нулевой позиции, начинается его сброс на нулевую позицию на каждой секции самостоятельно. Катушка контактора 208 серводвигателя получает питание от провода Э1 по цепи: провод Н2, контакт КМЭ в проводе Н2—Э11 (также получает питание цепь, идущая во вторую секцию), контакт КМЭ в проводе Э11—Н34, блок-контакты контакторов 51, 53, контактора 206 (контролируют вращение серводвигателя в сторону сброса позиций), блок-контакты ГПП1—33 (контролируют сброс до нулевой позиции группового переключателя), замкнутый контакт переключателя режимов ПР-Р.

Благодаря наличию контактов ГПпр в цепи питания катушки 208 от провода Э1 групповой переключатель доводится точно до нулевой позиции. Блок-контакты переключателя ГПпр выполнены таким образом, что катушка контактора 208 успевает возбудиться раньше, чем начнут размыкаться контакты контакторов А, Б, В, Г. Блокировка ГПпоз1 в цепи катушки реле 204 (см. рис. 295, а) должна отключать эту катушку одновременно с включением блокировок ГПпр, производящих подпитку контактора 208 от провода Э1 (см. рис. 311).

Невыполнение этого условия может привести к нечеткой остановке валов ЭКГ на позициях и к выходу из строя силовых контактов ЭКГ.

Питание цепей серводвигателя осуществляется от распределительного щита 210 по проводу Н49 для каждой секции самостоятельно. Включение цепей управления серводвигателями обеих секций осуществляется из одной кабины. Кроме того, при включении кнопки *Цепь управления* питание получает катушка промежуточного реле 267 через размыкающий контакт пневматической системы ЭПК.

В той секции, откуда предполагается управлять электровозом, когда включается реле 267, оно своими контактами размыкает цепь катушек электропневматических вентилях линейных контакторов 51—54 и замыкает цепь клапанов песочниц.

**Цепи питания катушек линейных контакторов 51—54.** При постановке главной рукоятки КМЭ в одно из фиксированных положений (кроме нулевого) происходит следующее: получают питание катушки вентилей реверсоров *63вп*, *64вп* (или *63 наз*, *64 наз*) от провода *Э7* через контакт ключа ЭПК и реле 267. Эти контакты будут замкнуты в том случае, если выполнена зарядка клапана ЭПК-150 и ключ повернут в исходное положение. Реверсоры переходят в положение *Вперед* (или *Назад* в зависимости от положения реверсивной рукоятки), замыкаются блок-контакты реверсоров и возбуждается катушка вентиля нагрузочного устройства 262 (или 263); через резистор 29 получает питание удерживающая катушка реле заземления 88.

Катушки электропневматических контакторов 51—54 получают питание от провода *Н5* через замыкающий блок-контакт *133* контактора мотор-насоса охлаждения по двум параллельным цепям: блок-контакты контактора *129* (или *130*), разъединителей вентилей *81* и *83* (или *82*, *84*), блок-контакты *ГПО* (контролирует включение линейных контакторов только на нулевой позиции) и отключателей двигателей *ОД1—ОД4*. Контактory 51—54 включаются и остаются включенными на позициях группового переключателя выше нулевой, так как катушки их после включения получают питание через собственные блок-контакты *51* и *52* (или *53* и *54*) по вышеописанным цепям.

Таким образом, контакторы 51—54 включаются на нулевой позиции группового переключателя и в дальнейшем остаются включенными, если включены мотор-насос охлаждения трансформатора, мотор-вентиляторы, охлаждающие выпрямительные установки, разъединители вентилей *81—84*, отключатели двигателей *ОД1—ОД4*.

Чтобы исключить паразитные цепи, для каждой группы катушек контакторов *51*, *52* и *53*, *54* устанавливают отдельный блок-контакт *ГПО*. Шунтирование блок-контактов контактора *133* кнопкой *Низкая температура масла* происходит в следующем случае. В зимний период при длительной стоянке электровоза на открытом воздухе вязкость масла в тяговом трансформаторе резко увеличивается. Насосы в системе охлаждения трансформатора не обеспечивают достаточной циркуляции масла и в отдельных случаях при пуске могут выйти из строя. Поэтому на период пуска электровоза, пока температура масла не достигнет примерно 15°С, блок-контакты контактора *133* в цепи линейных контакторов шунтируют кнопкой *Низкая температура масла*, а насосы *МН* не включают (см. рис. 303).

**Позиции ФВ, ФП.** На позициях фиксации выключения (*ФВ*) и пуска (*ФП*) получают питание реле 265, 266 по следующей цепи: от провода *Н2* через контакт КМЭ, провод *Э9* и далее по цепи синхронизации, описанной ниже. Реле 265 (266) осуществляет синхронизацию работы групповых переключателей при наборе (сбросе) одной позиции.

При переводе рукоятки КМЭ в положение *ФП* или *ФВ* не происходит поворот вала группового переключателя, а только осуществляется подготовка цепи для набора (сброса) позиции. В положении *ФП* выключен контактор *206*, что обеспечивает вращение серводвигателя в сторону, соответствующую набору позиций. В положении *ФВ*

контактор 206 выключен и направление вращения серводвигателя соответствует сбросу позиций.

**Ручной набор позиций.** Для набора одной позиции следует рукоятку КМЭ перевести в положение *РП*. Реле 265 и 266, получив питание от провода *Э9*, остаются включенными и продолжают получать питание от провода *Э1* через блок-контакты *ГПноз. 2* и собственные контакты. Контактор 206 включен. Контактор серводвигателя 208 включается по следующей цепи: провод *Н33*, контакты 265 и 206, блок-контакты *ГПО—32*, контакты переключателя режимов *ПР-Р*.

Серводвигатель начинает вращаться в сторону, соответствующую набору позиций. На промежуточной позиции замыкаются блок-контакты *ГПпр* (замкнуты только в промежутке между позициями), подающие напряжение на катушку контактора 208 от провода *Э1*. После этого размыкаются блок-контакты *ГПноз. 2* (замкнуты только на фиксированных позициях), и промежуточные реле 265, 266 теряют питание. Отключаясь, реле 265 своими контактами разрывает цепь питания катушки контактора 208 от провода *Н33*, но она продолжает получать питание от провода *Э1* через блок-контакты *ГПпр*. Размыкание блок-контактов *ГПпр* обеспечивает остановку группового переключателя точно на позиции.

При выключении контактора 208 его замыкающие контакты разрывают цепь якоря серводвигателя. Одновременно размыкающие контакты 208 закорачивают цепь якоря, чем обеспечивается электродинамическое торможение. Проход через промежуточные позиции *П1—П5* без остановки серводвигателя осуществляется благодаря блок-контактам *ГПП* (замкнутым на промежуточных позициях *П1—П5*). Для набора еще одной позиции необходимо рукоятку контроллера поставить в положение *ФП* и вернуть в положение *РП*. Таким образом, набор позиций осуществляется поочередной перестановкой главной рукоятки контроллера в положения *РП* и *ФП*.

При включении контактора 208 от провода *Н49* получают питание катушки электропневматических вентилях 221, 222 воздушного дутья контакторов с дугогашением ЭКГ.

Пуск электровоза заканчивается на 33-й позиции группового переключателя ступеней, на которой блокировкой *ГПО—32* (разомкнута на 33-й позиции переключателя ступеней) разрывается цепь питания катушки контактора серводвигателя 208. Параллельно катушке контактора 208 включен конденсатор *Е6*, необходимый для уменьшения перенапряжений, а следовательно, и подгара блок-контактов *ГПпр* при их частых переключениях.

**Автоматический набор позиций.** Для автоматического набора позиций необходимо рукоятку контроллера поставить в положение *АП*. В этом случае катушки реле 265, 266 получают постоянное питание от провода *Э9*, а катушка контактора 208 — от провода *Н33* в течение всего пуска. Происходит безостановочное вращение серводвигателя в сторону, соответствующую набору позиций (до 33-й позиции).

**Ручной сброс позиций.** Для сброса одной позиции следует рукоятку контроллера перевести в положение *РВ*. При этом теряет пита-

ние провод Э8 (см. рис. 311), контактор 206 отключается и реверсирует серводвигатель, который начинает вращаться в направлении, соответствующем сбросу позиций. Катушка контактора 208 получает питание по цепи сброса: провод Н34, контакты реле 266, блок-контакты контактора 206, контакты ГПП1—33 и ПР-Р. Все операции по переключениям реле 266 и контактора 208 аналогичны операциям в режиме ручного набора позиций.

Для сброса еще одной позиции главную рукоятку контроллера необходимо установить на позицию ФВ (вновь получает питание от провода Э9 реле 266) и возвратить на позицию РВ. Таким образом, сброс позиций выполняется, поочередно переставляя главную рукоятку контроллера в положения РВ и ФВ.

При движении переключателя с 1-й на нулевую позицию блокировка ГПП1—33 (разомкнута на нулевой позиции) разрывает цепь питания катушки контактора 208 от провода Н34. При достижении переключателем ступеней нулевой позиции прерывается питание контактора 208 от провода Э1 через блокировки ГПпр и переключатель ступеней оказывается зафиксированным на этой позиции.

**Автоматический сброс позиций.** Для автоматического сброса позиций необходимо рукоятку контроллера поставить в положение АВ. В этом случае катушки реле 265, 266 получают постоянное питание от провода Э9, а катушка контактора 208 — от провода Н34 в течение времени сброса. Происходит безостановочное вращение серводвигателя в сторону сброса до нулевой позиции.

**Цепи синхронизации.** Для синхронной работы главных переключателей двух секций на рейке блока тягового трансформатора установлены следующие перемычки: на первой секции — между проводами Э9 и Н25, Э9 и Н26; на второй — между проводами Н25 и Э29, Н26 и Э30 (рис. 312).

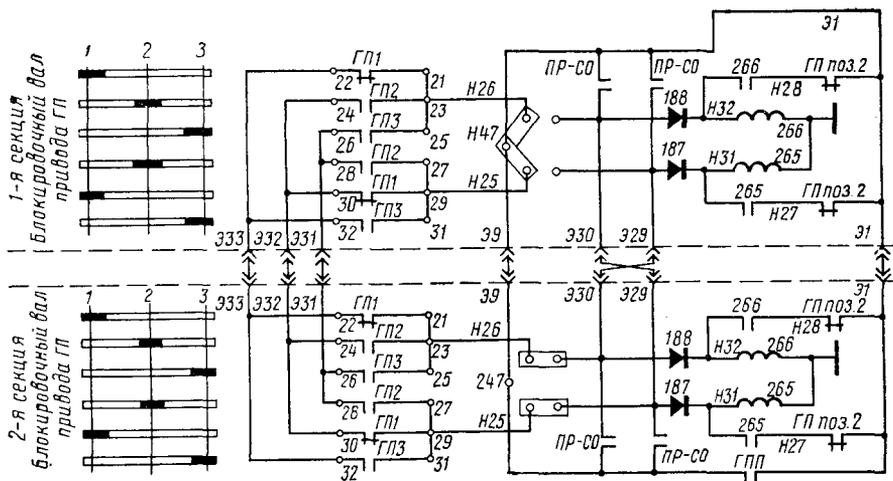


Рис. 312. Схема цепей синхронизации ЭКГ электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

Блок-контакты группового переключателя *ГП1, ГП2, ГП3* находятся на валу, который делает один оборот при повороте вала силовых контакторов на три позиции. Так, блок-контакт *ГП2* замкнут на позициях нулевой, 2-,5-й и т. д.; *ГП3* — на позициях *П1, 3-,6-й* и т. д. *ГП1* — на позициях 1-, 4-, 7-й и т. д. Промежуточные реле 265 обеих секций электровоза контролируют синхронный набор позиций, а реле 266 — их синхронный сброс.

При постановке рукоятки контроллера машиниста в положение *ФП* (или *ФВ*), когда оба переключателя находятся на одной и той же позиции, например нулевой, одновременно получают питание реле 265 и 266 обеих секций по следующим цепям:

первая цепь — провод *Э9*, перемычка на рейке с проводом *Н26*, блок-контакт *ГП1*, провод *Э33* первой секции, провод *Э33* второй секции, блок-контакт *ГП1*, провод *Н26*, перемычка на рейке с проводом *Э30*, выпрямитель 188, провод *Н32*, катушка реле 266 второй секции. Провод *Э30* перекрещивается с проводом *Э29* в межсекционном соединении и через выпрямитель 187 по проводу *Н31* получает питание реле 265 первой секции;

вторая цепь — провод *Э9*, перемычка на рейке с проводом *Н25*, блок-контакт *ГП1*, провод *Э32* первой секции, провод *Э32* второй секции, блок-контакт *ГП1*, провод *Н25*, перемычка на рейке с проводом *Э29*, вентиль 187, провод *Н31*, катушка реле 265 второй секции.

Провод *Э29* перекрещивается с проводом *Э30* в межсекционном соединении и через выпрямитель 188, провод *Н32* получает питание катушка реле 266 на первой секции. После включения реле катушки их получают питание от провода *Э1* через блок-контакт *ГПпоз. 2* и собственные контакты.

Для улучшения токораспределения между тяговыми двигателями двух секций в случае отключения в одной из них двух двигателей или одной выпрямительной установки на электровозах ВЛ80<sup>к</sup> с № 352 по № 631 в схеме синхронизации был предусмотрен переключатель 197 (см. рис. 311). На аварийной секции переключатель 197 устанавливается в положение *Аварийно*, при этом цепи синхронизации обеспечивают работу с постоянным отставанием ЭКГ аварийной секции на одну позицию. Таким образом, обеспечивается выравнивание нагрузок тяговых двигателей двух секций.

На электровозах ВЛ80<sup>к</sup> выпуска 1970 г., на которых установлен новый тяговый трансформатор ОДЦЭ-5000/25 с повышенным реактансом вторичной обмотки, необходимость выравнивания нагрузок в аварийном режиме отпала и переключатели 197 изъяты.

Контакты контроллера машиниста с проводами *Э10, Н33* или *Э11, Н34* разрывают межсекционную цепь тока подпитки катушек контакторов 208 в положении главной рукоятки контроллера машиниста *ФП* или *ФВ* и при работе групповых переключателей по системе двух единиц. Питание катушки контактора 208 от провода *Э1* для каждой секции производится самостоятельно.

**Ослабление поля тяговых двигателей.** Переход на ослабленное поле тяговых двигателей осуществляют передвижением реверсивной рукоятки последовательно в положения *ОП1, ОП2, ОП3*.

Каждому положению реверсивной рукоятки контроллера соответствует включение определенной группы контакторов ослабления поля 65—76 (см. рис. 311), которые изменяют сопротивление резистора, включенного параллельно обмотке возбуждения двигателя.

**Самостоятельная работа секции.** При самостоятельной (одиночной) работе секции электровоза переключатель режимов должен быть в положении *Рабочий режим электровоза*; кроме того, необходимо: разъединить межсекционные штепсельные соединения; штепсель 277 вставить в розетку 285 своей секции, а штепсели 276, 278 — в ложные розетки; штепсель 95 вставить в розетку 96 своей секции (см. рис. 311); отключить высоковольтный разъединитель или снять высоковольтные перемычки между секциями на крыше электровоза (при необходимости).

При включении штепселя 277 в розетку 285 электрически соединяются следующие провода: Э9, Э12, Э29, Э30, по которым осуществляется питание катушек реле 265, 266 в обход цепи синхронизации; Э18, Э19 — питание катушек контактора 209 (цепь: провод Э18, перемычка розеток 285, провод Э19, контакт реле оборотов 249, провод Н100) (см. рис. 303); Э35, Э37 в первой секции и Э35, Э15 во второй — питание удерживающей катушки главного выключателя 4уд. (см. рис. 295).

**Отключение секции.** При аварии в какой-либо из секций электровоза выключают ее из работы, устанавливая рукоятку переключателя режимов этой секции в положение *Отключение секции*. При этом размыкается контакт ПР-Р (провод Э13) в цепи катушки 4уд (см. рис. 295, а) и контакт ПР-Р (провод Э14) в цепи включающей катушки ГВ. Эти контакты предотвращают включение главного выключателя.

Размыкается также контакт ПР-Р в цепи катушки контактора 208, исключая возможность его включения, и контакт ПР-Р (провод Э12), который исключает возможность постоянной подпитки провода Э12 (при установке рукоятки КМЭ рабочей секции в положение РП или РВ) по проводу Н33 или Н34 через блок-контакты ГПП группового переключателя отключенной секции. Этим при ручном наборе (сбросе) позиций предотвращается возможность самохода группового переключателя рабочей секции, если групповой переключатель отключенной секции застрянет на промежуточных позициях П1—П5. Кроме того, размыкаются контакты ПР-Р (провода Э55, Н171 и Э55, Н179), которые соответственно обесточивают цепи питания сигнальных ламп ТД и ТР в аварийной секции (рис. 313); замыкаются контакты ПР-О (провода Э9, Э29 и Э9, Э30), в результате чего обеспечивается питание катушек реле 265, 266 в обход цепи синхронизации.

Так как главный выключатель не включается, его блок-контакт шунтирует контакт реле оборотов 249 отключенной секции, обеспечивая питание катушки контактора 209.

**Цепи сигнализации.** Лампы сигнализации о состоянии оборудования расположены на панели пульты машиниста. Питание лампы получают от кнопки *Сигнализация* на выключателе 224 (см. рис. 303) по проводу Н170 через предохранитель в КУ 225.

Сигнальных ламп с обозначениями *ГВ*, *ВУ*, *ОВУ*, *В* и *О*, *ХП* (см. рис. 313) имеется по две на сигнальной панели пульта. Лампы, расположенные в верхнем ряду, сигнализируют о состоянии оборудования первой секции электровоза, а в нижнем — о состоянии аналогичного оборудования второй секции. Загорание сигнальных ламп сигнализирует о следующем: красная лампа *ГВ* — об отключенном положении главного выключателя (цепь этой лампы замыкается блок-контактом 4 главного выключателя); красная лампа *ВУ* — о срабатывании защиты от коротких замыканий или защиты от пробоя вентилялей; красная лампа *ОВУ* — об отключении контакторов 129—130 вентиляторов выпрямительных установок (цепь лампы замыкается блок-контактами указанных контакторов); красная лампа *В* — об отключении контакторов 127, 128 вентиляторов охлаждения тяговых двигателей; зеленые лампы *О*, *ХП* — о нахождении главного переключателя соответственно на нулевой или на ходовой позиции (цепь лампы замыкается контактом *ГПО*, *ХП* группового переключателя).

Кроме указанных, на сигнальной панели пульта машиниста размещены лампы *РЗ*, *ТД*, *РБ*, *ФР*, *ТР* и *ЗБ*, загорание которых сигнализирует о следующем: красная лампа *РЗ* — о срабатывании реле замыкания на землю в силовых цепях (88) или во вспомогательных цепях (123) на какой-либо секции электровоза; красная лампа *ТД* — об отключении контакторами 51—54 какого-либо из тяговых двигателей электровоза или о срабатывании реле перегрузки двигателей; белая лампа *РБ* — о срабатывании реле бокования 43 и 44, реле 205, 267 (см. рис. 303); красная лампа *ТР* — об отключении контактором 133 масласоса тягового трансформатора; красная лампа *ЗБ* — об отключении контактора *К* распределительного щита 210, т. е. о том, что заряд батареи прекратился, а цепи нагрузки переключены на питание от аккумуляторной батареи; зеленая лампа *ФР* в кабине той секции электровоза, из

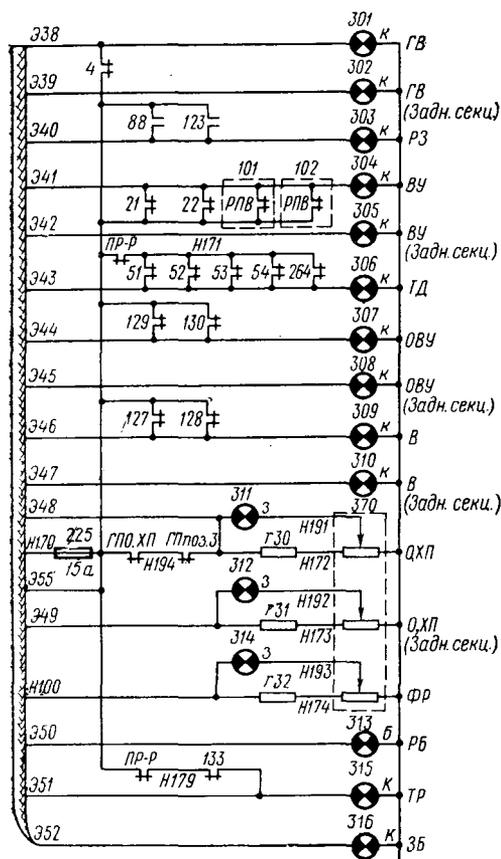


Рис. 313. Цепи сигнализации электровоза ВЛ80<sup>к</sup>

которой ведется управление, — о запуске расцепителей фаз обеих секций (цепь лампы собирается контактами реле оборотов 249). При работе электровоза горение сигнальной лампы *ФР* разрешает включение кнопок вспомогательных машин. Цепи сигнальных ламп 311, 312, 314 (с зеленым стеклом) имеют регулировочные реостаты 370, которыми можно уменьшить или увеличить накал этих ламп.

### § 101. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ80<sup>Т</sup>

Управление силовой цепью в режиме тяги принципиально не отличается от того, как это выполнено на электровозах ВЛ80<sup>К</sup>.

Особенности схемы управления силовой цепью электровоза ВЛ80<sup>Т</sup> (рис. 314) обусловлены применением реостатного торможения и в связи с этим ряда дополнительных аппаратов, таких, как тормозные переключатели 49, 50, блокировочный переключатель *БЛ*, контакторы цепи возбуждения 46, 47, устройства переключения воздуха 251—254, промежуточное реле 270 и др.

Основной аппарат управления — контроллер машиниста на электровозе ВЛ80<sup>Т</sup> — имеет, кроме главного и реверсивного валов, тормозной вал, с помощью которого производится управление режимом реостатного торможения. Главный вал контроллера машиниста по сравнению с контроллером электровоза ВЛ80<sup>К</sup> имеет один дополнительный кулачок для управления контакторным элементом 312, от которого питается катушка блокировочного переключателя *БЛ* тяга.

В остальном развертка главного вала контроллера такая же, как на электровозе ВЛ80<sup>К</sup>.

**Цепи питания катушек линейных контакторов 51—54.** На электровозе ВЛ80<sup>Т</sup> в режиме тяги цепи питания линейных контакторов аналогичны электровозу ВЛ80<sup>К</sup>. Однако в эти цепи введены дополнительные блок-контакты аппаратов, обеспечивающих режим реостатного торможения. Поэтому в режиме тяги катушки линейных контакторов могут получить питание лишь в том случае, если будут замкнуты нормально включенные блок-контакты промежуточного реле 270, контакты тормозных переключателей 49 и 50, соответствующие положению *Тяга*, а также контакты устройства переключения воздуха 251—254, соответствующие положению заслонок, при котором обеспечивается охлаждение выпрямительных установок. Таким образом, включение линейных контакторов, а следовательно, сбор силовой цепи в режиме тяги возможен в том случае, если все аппараты находятся в положении, соответствующем этому режиму, и если устройство переключения воздуха находится в положении, обеспечивающем вентиляцию выпрямительных установок.

В режиме реостатного торможения катушки линейных контакторов получают питание от провода *Н6* через блок-контакты контакторов цепи возбуждения 46 и 47, контакты устройства переключения воздуха 251—254, соответствующие положению заслонок, при кото-

ром обеспечивается охлаждение блоков тормозных реостатов. Подача питания на катушки линейных контакторов в режиме реостатного торможения производится в обход блок-контактов ГПО и поэтому включение этих контакторов, а следовательно, сбор схемы реостатного торможения происходит независимо от положения группового переключателя ступеней. Таким образом, для сбора схемы реостатного торможения не требуется возвращать переключатель ЭКГ в нулевое положение, что уменьшает время на подготовку цепей к тормозному режиму. С помощью контактов блокировочного переключателя БП в цепи проводов Э2 и Э3 обеспечивается питание катушек нагрузочных клапанов в режиме тяги: при положении реверсивной рукоятки *Вперед* — клапана 262, при положении *Назад* — клапана 263, а в тормозном режиме — наборот.

Работа цепей управления в режиме тяги принципиально мало чем отличается от того, как это происходит на электровозах ВЛ80<sup>к</sup>.

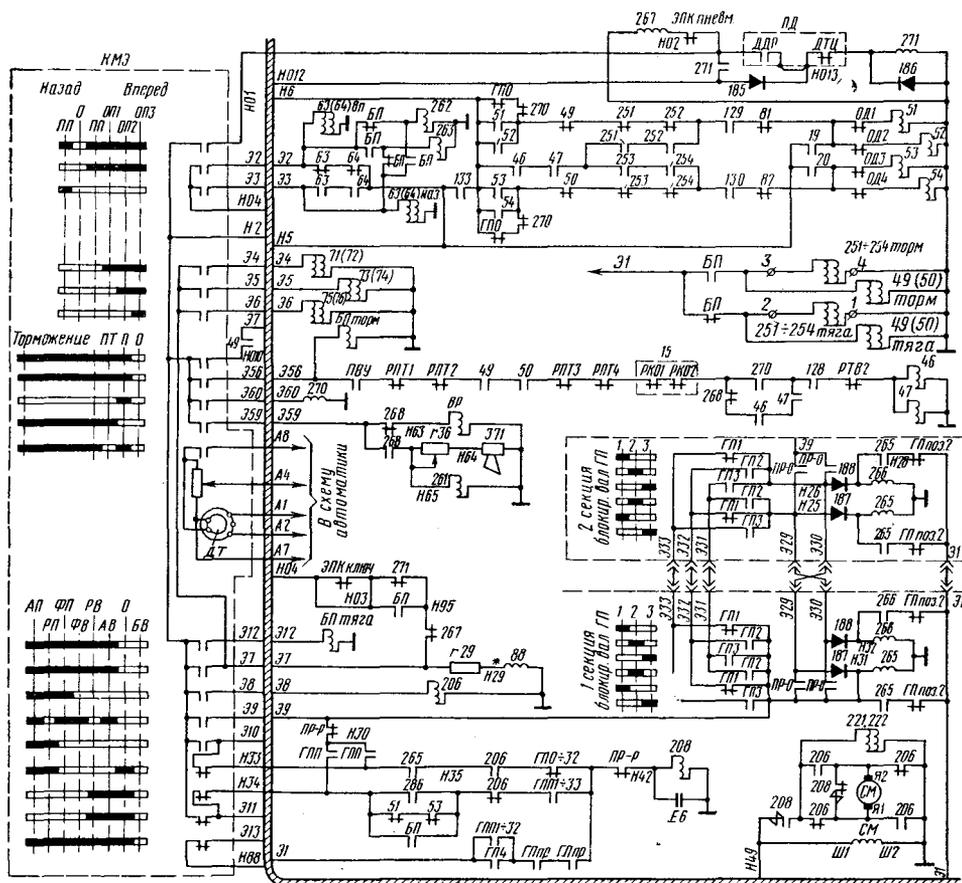


Рис. 314. Схема управления силовой цепью электровоза ВЛ80<sup>Т</sup>

### Работа цепей управления в режиме электрического торможения.

Перед сбором цепей реостатного торможения необходимо, чтобы реверсивная рукоятка контроллера машиниста находилась в положении *Вперед ПП* (полное поле), а главная — в нулевом положении. При этом провод *Э7* не будет иметь напряжения, а следовательно, не получат питания от этого провода катушки линейных контакторов. Отключение линейных контакторов, а следовательно, замыкание нормально включенных блок-контактов *51—54* приводит к подаче питания на катушку промежуточного реле *268* и красную сигнальную лампу *ТД* в цепи провода *Э43* (см. рис. 315), которая сигнализирует о том, что линейные контакторы отключились и разорвали цепи якорей тяговых двигателей. Кроме того, размыкающие блок-контакты линейных контакторов *51* и *53* шунтируют при этом контакты реле сброса *266* в цепи катушки контактора *208* (см. рис. 314). Это приводит к сбросу позиций группового переключателя ступеней (ЭКГ) до нулевой позиции.

Для сбора цепей реостатного торможения необходимо перевести тормозную рукоятку контроллера машиниста из нулевого положения в положение *П*. Перевод тормозной рукоятки из нулевого положения в любое другое возможен только при положении реверсивной рукоятки *Вперед ПП*; это обеспечивается наличием соответствующих механических блокировок валов контроллера машиниста.

При постановке тормозной рукоятки в положение *П* замыкается контакторный элемент *А8* и подает питание блоку автоматического управления реостатным торможением (см. рис. 314). От контакторного элемента *Э60* подается питание катушке промежуточного реле *270*, которое, возбудившись, замыкает свои контакты, подготавливая цепь для питания катушек контакторов *46* и *47*. Кроме того, размыкающими контактами реле *270* разрывается цепь питания катушек линейных контакторов через блок-контакты *ГПО*. Одновременно от контакторного элемента *Э56* подается питание катушке *БП торм* блокировочного переключателя и он переходит из положения *Тяга* в положение *Торможение*, при этом его контакты производят следующие переключения в цепях управления:

а) размыкается цепь катушки *4 вкл* включающего электромагнита главного выключателя, что исключает возможность включения ГВ в режиме реостатного торможения. Если в режиме реостатного торможения отключился главный выключатель, то чтобы его восстановить, нужно тормозную рукоятку контроллера машиниста сбросить на нулевую позицию, а главную рукоятку поставить в одно из рабочих положений. При этом катушка *БП торм* потеряет питание, а катушка *БП тяга* получит питание, блокировочный переключатель переключится из положения *Торможение* в положение *Тяга*, замкнутся контакты *БП* в цепи, питающей катушку включающего электромагнита *ГВ*, и его можно включить;

б) замыкаются цепи питания соответствующей катушки нагрузочных клапанов *262* или *263*;

в) теряют питание катушки электропневматических клапанов *49 тяга*, *50 тяга*, *251—254 тяга* и получают питание катушки

49 торм, 50 торм, 251—254 торм. При этом тормозные переключатели 49 и 50 переходят из положения *Тяга* в положение *Торможение* и соответственно переключаются устройства 251—254, их заслонки перекрывают доступ охлаждающему воздуху к выпрямительным установкам и открывают доступ воздуху в блоки тормозных реостатов. Одновременно блок-контакты устройств переключения воздуха 251—254 подготавливают цепь питания катушек линейных контакторов 51—54, чем контролируется положение этих аппаратов в режиме реостатного торможения;

г) шунтируются контакты реле сброса 266 в цепи питания катушки контактора 208, что обеспечивает продолжение сброса ЭКГ на нулевую позицию при включенных линейных контакторах;

д) получают питание катушки реле времени *PВ1* и *PВ2* через контакты *БП*. Эти реле своими контактами в силовой цепи (см. рис. 270) подготавливают цепь защиты от юза. Одновременно теряют питание катушки реле времени 211 и 212, которые своими контактами разрывают цепь реле боксования 43 и 44;

е) подается трехфазное переменное напряжение 380 в на блок автоматического управления реостатным торможением *БА*, блок измерения *БИ* и выпрямительные установки возбуждения 60 (см. рис. 278). Когда тормозные переключатели 49 и 50 переходят из положения *Тяга* в положение *Торможение*, замыкаются их блок-контакты и подается питание катушкам контакторов 46 и 47 (см. рис. 314) при условии, что замкнуты контакты защитных реле *РПТ1—РПТ4*, *РТВ2*, *РКО1*, *РКО2*, промежуточного реле 270, *ПВУ* и контактора 128, который включает мотор-вентилятор *МВ2*, чем контролируется охлаждение выпрямительной установки возбуждения.

Контакторы 46 и 47, включившись, создают цепь питания обмоток независимого возбуждения тяговых двигателей от вторичной обмотки тягового трансформатора через выпрямительные установки возбуждения 60, расположенные в первой и второй секциях электровоза (см. рис. 270). Блок-контакты контакторов 46 и 47 шунтируют контакты реле 270 (см. рис. 314) и таким образом питание катушек контакторов 46 и 47 после их включения производится через собственные блок-контакты независимо от положения реле 270. Вторая пара последовательно включенных блок-контактов 46 и 47 в цепи проводов *Н6—Н11* создает цепь питания катушек линейных контакторов 51—54 в режиме реостатного торможения при условии, что замкнуты блок-контакты контактора 133, включающего мотор-насос масляного охлаждения тягового трансформатора, или замкнута кнопка *Низкая температура масла* на кнопочном выключателе 227 (см. рис. 303), а также замкнуты блок-контакты трехполюсных разъединителей выпрямительных установок 81, 82 и блок-контакты контакторов 129, 130, контролирующие работу мотор-вентиляторов *МВ3* и *МВ4* (см. рис. 314).

При включении линейных контакторов 51—54 размыкаются их блок-контакты в цепи провода *Э43* и разрывают цепь питания катушки реле 268 (см. рис. 315), которое своими контактами в цепи

провода Э59 рвет цепь питания звукового сигнала 371 (см. рис. 314) и катушки электропневматического клапана торможения 261, одновременно подготавливая цепь питания электроблокировочного вентиля ВР. Кроме того, замыкаются контакты реле 268, шунтирующие контакты реле 270 (цепь питания катушек контакторов 46 и 47 при обесточенном реле 270). Одновременно с выключением реле 268 теряет питание и гаснет красная сигнальная лампа ТД. На этом заканчивается сбор цепей управления и соответственно силовой цепи в режиме реостатного торможения.

Если по какой-либо причине не соберутся цепи реостатного торможения в одной или в обеих секциях электровоза, то не погаснут сигнальные лампы ТД. Перевод тормозной рукоятки контроллера из положения П в положение ПТ или Торможение при горящих сигнальных лампах ТД и включенных реле 268, т. е. когда схема реостатного торможения не собрана, приводит к самопроизвольному пневматическому торможению электровоза. На положениях тормозной рукоятки ПТ или Торможение замыкаются контакторный элемент Э59, от которого через замыкающие контакты реле 268 получает питание катушка электропневматического клапана торможения 261, что вызывает пневматическое торможение без участия машиниста. Кроме того, начинает действовать звуковой сигнал 371, сигнализируя о неправильном сборе цепей реостатного торможения. Цепь питания клапана ВР будет разомкнута контактами реле 268 и поэтому обеспечен доступ воздуха в тормозные цилиндры.

Для прекращения самопроизвольного пневматического торможения электровоза необходимо перевести тормозную рукоятку контроллера машиниста в положение П или нулевое.

**Режим подтормаживания.** Если в положении П тормозной рукоятки цепи реостатного торможения собраны и не горит сигнальная лампа ТД, тормозную рукоятку можно переводить в положение ПТ, соответствующее режиму подтормаживания электровоза.

В положении тормозной рукоятки ПТ выключаются контакторные элементы Э60, А8 и включается контакторный элемент Э59. При этом теряет питание катушка реле 270, что приводит к размыканию его контакта в цепи катушек контакторов 46, 47 и 51—54, но эти катушки будут получать питание через собственные блок-контакты контакторов.

От провода Э59 получает питание электроблокировочный вентиль ВР и перекрывает доступ воздуху в тормозные цилиндры электровоза.

Размыкание контакторного элемента контроллера А8 лишает питания блок автоматики, при этом начинается плавное нарастание тормозной силы примерно до 10 Т в течение 1—2 сек, т. е. происходит подтормаживание электровоза, что исключает при дальнейшем увеличении тормозной силы нежелательную реакцию поезда.

**Режим торможения.** Электрическое торможение электровоза осуществляется путем перевода тормозной рукоятки контроллера машиниста из положения ПТ в положение Торможение. В этом положении вновь получают питание цепи автоматического управления

по проводу А8. Причем питание подается только сельсину-датчику ДТ, расположенному в контроллере управляемой секции электровоза. Вращение тормозной рукоятки вызывает поворот ротора сельсина ДТ, что приводит к изменению напряжения на обмотке статора сельсина. Это напряжение подается на вход блока управления режимом реостатного торможения БА. В зависимости от величины напряжения на обмотке статора сельсина изменяется фаза импульсов, выдаваемых блоком автоматики БА и поступающих на отпирание тиристорных выпрямительных установок возбуждения. Чем меньше фаза импульса БА, тем большую часть проводящего полупериода проходит ток через тиристоры и тем больше среднее значение выпрямленного напряжения преобразовательных установок возбуждения 60. И, наоборот, если фаза импульса доходит до 120—160°, то тиристоры полностью закрыты и ток по обмоткам возбуждения не протекает.

Следовательно, поворачивая тормозную рукоятку, можно плавно изменять выпрямленное напряжение установок 60 и соответственно ток возбуждения тяговых двигателей. В свою очередь плавно изменяется сила торможения электровоза.

В положении *Торможение* начинается плавное нарастание тормозной силы электровоза до величины, которая определяется задатчиком тормозной силы. Задатчик тормозной силы имеет 12 положений: от 20 Т до 50 Т с равномерными интервалами. Установлен задатчик в контроллере машиниста.

Благодаря электрическому торможению начинается снижение скорости движения состава (при заданной тормозной силе) до величины, заданной тормозной рукояткой контроллера машиниста. Заданная скорость движения состава контролируется указателем скорости, установленным на пульте машиниста. Когда действительная скорость движения состава станет равной заданной (по указателю скорости), тормозная сила электровоза быстро снизится до нуля. Если действительная скорость движения состава меньше заданной, то не начнется электрическое торможение и будет увеличиваться скорость движения состава на спуске.

Следовательно, управление процессом электрического торможения обеспечивает поддержание постоянства скорости движения состава на спуске.

При установке тормозной рукоятки контроллера машиниста в крайнее положение, что соответствует нулевой скорости по указателю скорости, начинается режим остановочного торможения электровоза с заданной силой торможения (по задатчику тормозной силы).

Система управления режимом электрического торможения обеспечивает ограничение по скорости движения электровоза (не более 110 км/ч), ограничение по току возбуждения тяговых двигателей (не более 1100 а), ограничение по току тормозных реостатов (не более 950 а).

На электровозах ВЛ80г выпуска 1972 г. изменено сопротивление тормозного реостата с 0,76 ом до 1 ом и установлено ограничение по току тормозных реостатов 830 а.

Кроме того, в блок автоматического управления реостатным торможением введен дополнительный канал ограничения по коммутации тяговых двигателей на высоких скоростях (см. рис. 271). Эти изменения произведены с целью создания более благоприятных условий для работы тяговых двигателей в режиме реостатного торможения. Автоматическое регулирование и ограничение тормозной силы позволяют наиболее полно использовать тормозные возможности электровоза.

Подробное описание работы системы автоматического управления режимом электрического торможения приведено в § 57.

В режиме электрического торможения электровоза допускается пневматическое подтормаживание состава (но не электровоза) с помощью крана машиниста. Совместное действие электрического торможения и пневматических тормозов на электровозе не допускается, так как из-за чрезмерного тормозного усилия может возникнуть заклинивание колесных пар электровоза.

При установке рукоятки крана машиниста в положение экстренного торможения происходит следующее:

а) снижается давление воздуха в тормозной магистрали; когда оно достигает уставки срабатывания пневматического выключателя управления *ПВУ*, размыкается его контакт и отключаются контакторы 46, 47 (см. рис. 314);

б) блок-контакты контакторов 46, 47 отключают контакторы 51—54; отключение контакторов 46, 47 и 51—54 приводит к прекращению электрического торможения;

в) блок-контакты контакторов 51—54 включают реле 268 (см. рис. 315);

г) размыкающие контакты реле 268 отключают клапан *ВР*, подготавливая возможность доступа воздуха в тормозные цилиндры электровоза (см. рис. 314);

д) замыкающие контакты реле 268 включают клапан торможения 261, обеспечивая пневматическое торможение электровоза с одно-временным торможением состава;

е) подается звуковой сигнал; для снятия звукового сигнала и сохранения экстренного пневматического торможения необходимо тормозную рукоятку установить в нулевое положение.

Возвращение рукоятки тормозного крана из положения экстренного торможения в поездное положение приводит к увеличению давления воздуха в тормозной магистрали и прекращению пневматического торможения. Контакт *ПВУ* вновь замыкается, но контакторы 46, 47 не включаются, так как собственные блок-контакты контакторов и контакт реле 270 разомкнуты. Следовательно, цепи тормозного режима не собираются и не восстанавливается режим электрического торможения электровоза.

Аварийное отключение одного или нескольких контакторов 51—54 в режиме электрического торможения приводит к так называемому срыву реостатного торможения, т. е. к прекращению электрического торможения и автоматическому переходу в режим пневматического торможения электровоза.

В этом случае цепи работают так же, как и в режиме экстренного торможения, но с несколько другой последовательностью действия аппаратов.

Для перехода из режима электрического торможения в режим тяги надо перевести тормозную рукоятку контроллера машиниста в нулевое положение. При этом теряют питание провода *Э56* и *Э59*, что приводит к отключению контакторов *46* и *47*, а это влечет за собой отключение линейных контакторов *51—54*. Одновременно теряют питание катушки блокировочных переключателей *БП торм*, но эти переключатели остаются в положении *Торможение*, так как для перевода их в положение *Тяга* необходимо еще возбудить катушки *БП тяга*.

Потеря питания проводом *Э59* лишает возбуждения катушки аппаратов *ВР*, *261* и *371*. Эти переключения в цепях управления являются подготовительными для перехода в режим тяги.

Перемещая главную рукоятку контроллера машиниста из нулевого положения в рабочее, подают питание катушке электрического клапана *БП тяга* блокировочного переключателя, который при этом переключается из положения *Торможение* в положение *Тяга*.

Переход блокировочного переключателя *БП* из положения *Торможение* в положение *Тяга* приводит к соответствующим переключениям его контактов в схеме цепей управления. При этом теряют питание катушки *49 торм*, *50 торм* и *251—254 торм*, вслед за этим получают питание катушки *49 тяга*, *50 тяга* и *251—254 тяга*, что приводит к переходу из положения *Торможение* в положение *Тяга* тормозных переключателей *49* и *50*, а также устройств переключения воздуха *251—254*. Одновременно с этим подается питание нагрузочному клапану *262* или *263* в зависимости от положения реверсивной рукоятки контроллера. Если групповой переключатель находится в нулевом положении, включаются линейные контакторы *51—54*. В цепи питания катушки контактора *208* контакты блокировочного переключателя *БП* разрывают цепь, шунтирующую контакты реле сброса позиции *266*.

Кроме указанных переключений, контакты блокировочного переключателя отключают питание трехфазным переменным напряжением *380* в блока автоматического управления реостатным торможением *БА*, выпрямительных установок возбуждения *60* и блока измерения *БИ* (см. рис. 278), а также разрывают цепи возбуждения катушек реле времени *РВ1* и *РВ2* и подают питание на катушки реле времени *211* и *212*. В результате выводится из работы цепь реле защиты от юза и подготавливается к работе цепь защиты от боксования (см. рис. 270). Одновременно контакты *БП* подготавливают цепь питания катушки включающего электромагнита *4 вкл* главного выключателя (см. рис. 295, б).

На этом заканчивается сбор цепей управления и переключения соответствующих аппаратов для работы электровоза в режиме тяги.

**Цепи сигнализации.** В отличие от электровоза ВЛ80<sup>к</sup> на ВЛ80<sup>т</sup> добавлены лампы, сигнализирующие о положении устройства пере-



## § 102. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ЧС4

Управление силовой цепью электровоза ЧС4 в основном сводится к управлению высоковольтным переключателем ступеней (ПС) тягового трансформатора. Переключатель ступеней приводится в действие пневмодвигателем, которым управляют два электромагнитных вентиля включающего типа 015<sub>8</sub> и 015<sub>9</sub> (рис. 316).

Основным командным аппаратом управления силовой цепи является контроллер машиниста. На электровозе ЧС4 контроллер машиниста имеет три кулачковых вала (реверсивный, главный, ослабления поля). Управляют главным валом и валом ослабления поля с помощью штурвала, который имеет два положения — верхнее и нижнее. В верхнем положении оси штурвала производится управление главным кулачковым валом контроллера, который при этом можно перемещать из нулевого положения в следующие: «+I» — набор по одной позиции; «+» — автоматический набор позиций; «-I» — сброс по одной позиции; «-» — автоматический сброс позиций.

В нижнем положении оси штурвал можно перевести из нулевого положения в положения I, II, III, IV и V, соответствующие 1-, 2-, 3-, 4- и 5-й ступеням ослабления поля. Ослабление поля можно осуществить, начиная с 26-й позиции ПС, так как только в этом случае создается цепь питания катушек контакторов ослабления поля через блокировочные контакты *L — K* переключателя ступеней.

Реверсивный вал контроллера имеет три положения: *JP* (вперед), *O* и *JZ* (назад). Для того чтобы перевести реверсивную рукоятку в одно из рабочих положений, нужно подать напряжение на катушку электромагнитной защелки 340<sub>3</sub> и 341<sub>3</sub>. Электромагнитная защелка обеспечивает механическое запираение реверсивного вала. Кроме того, невозможно вставить или вынуть реверсивную рукоятку при обесточенной катушке электромагнитной защелки.

При нулевом положении реверсивной рукоятки штурвал перевести нельзя: он заперт. Реверсивный вал нельзя переключить в любое другое положение, если штурвал находится в одном из рабочих положений.

Для управления электровозом в тяговом режиме необходимо предварительно произвести ряд подготовительных операций. В первую очередь надлежит включить защитный выключатель 336 или 337, при этом создается цепь питания катушек 071<sub>2,2</sub> обоих переключателей тяговых двигателей: провод 823, выключатель 336, провод 387, контакты *P*<sub>1</sub>—*R*<sub>1</sub> реверсивного вала 340<sub>1</sub> контроллера машиниста (замкнуты только при положении 0 реверсивного вала) первой кабины, провод 385, контакты *P*<sub>1</sub>—*R*<sub>1</sub> реверсивного вала 341<sub>1</sub> второй кабины, провод 386, обе катушки 071<sub>2,2</sub>, провод 999, земля.

При этом переключатели двигателей 071 занимают положение *Отключено* и своими блок-контактами *S—T* замыкают цепь питания катушек электромагнитных защелок 340<sub>3</sub> обоих контроллеров: провод 823, выключатель 336, провод 387, блок-контакты *Q—R* переключателя ступеней (замкнуты только на нулевой позиции), провод

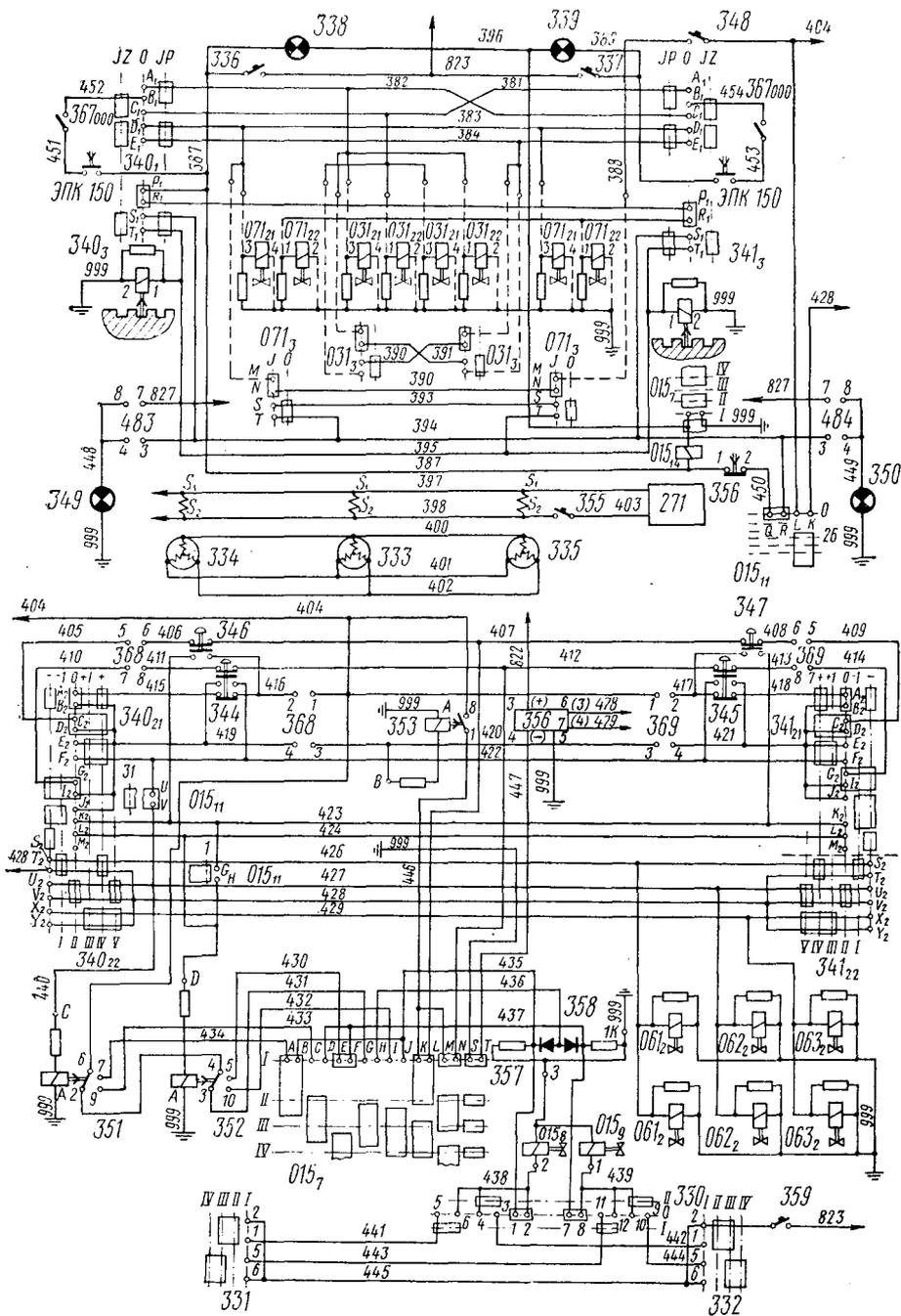


Рис. 316. Схема управления силовой цепью электровоза ЧСА

394, блок-контакты  $S-T$  переключателя 071<sub>3</sub> (тяговых двигателей первой тележки), провод 393, блок-контакты второго переключателя 071<sub>3</sub>, провод 395, катушки электромагнитных защелок 340<sub>3</sub>, провод 999, земля. Одновременно с этим зажимаются сигнальные зеленые лампы 349 (350), что соответствует нулевому положению ПС. Таким образом, реверсивные валы контроллеров машиниста оказываются разблокированными.

При переводе реверсивной рукоятки контроллера в положение  $JP$  (вперед) размыкаются контакты  $P_1-R_1$  и разрывается цепь питания катушки 071<sub>2,2</sub> переключателей тяговых двигателей. Через замкнутые контакты  $A_1-B_1$  реверсивного вала создается цепь питания катушек приводов обоих реверсоров: провод 823, выключатель 336, провод 387, контакты ЭПК-150, провод 451, кнопка 367 выключения ГВ, провод 452, контакты  $A_1-B_1$  реверсивного вала, провод 382, катушки 031<sub>2,1</sub> (реверсора первой группы тяговых двигателей) и 031<sub>2,2</sub> (реверсора второй группы тяговых двигателей). При этом оба реверсора занимают положение, соответствующее движению электровоза вперед кабиной № 1.

Блок-контакты реверсора создают цепь питания катушек 071<sub>2,1</sub> переключателей тяговых двигателей: провод 823, выключатель 336, провод 387, контакты  $A_1-B_1$  реверсивного вала контроллера 340<sub>1</sub>, провод 382, блок-контакты  $A-B$  первого реверсора 031<sub>3</sub>, провод 391, блок-контакты  $C-D$  второго реверсора 031<sub>3</sub>, провод 384, контакты  $D_1-E_1$  реверсивного вала контроллера, провод 383, катушки 071<sub>2,1</sub>, провод 999, земля. При этом оба переключателя 071 занимают положение *Езда* и своими блок-контактами соединяют провод 383 с проводом 404 через блок-контакты  $M-N$  обоих переключателей, провод 388 и выключатель 348.

От провода 404 получает питание катушка реле управления 353 по следующей цепи: провод 404, контакты 1—2 выключателя управления 368, провод 416, контакты невключенной кнопки 344 (кнопка *Сброс*), провод 415, контакты  $A_2-B_2$  главного вала контроллера машиниста 340<sub>2,1</sub>, провод 419, контакты 3—4 выключателя управления 368, резистор, катушка реле 353, провод 999, земля. При этом замыкаются контакты реле управления 353 и создается вторая цепь питания катушки реле 353, не зависящая от нулевого положения главного вала контроллера машиниста: провод 404, контакты реле 353, провод 446, блок-контакты  $K-L$  переключателя ступеней, провод 407, контакты кнопки 346 (кнопка *Сброс*), провод 406, контакты 5—6 выключателя 368, провод 405, контакты  $C_2-D_2$  главного вала контроллера машиниста 340<sub>2,1</sub>, провод 419, контакты 3—4 выключателя 368, провод 420, резистор, катушка реле 353, провод 999, земля. Этим заканчивается подготовка, и дальнейшее управление силовой цепью производится с помощью контроллера машиниста.

**Ручной набор позиций ПС.** Для набора одной позиции необходимо штурвал контроллера машиниста перевести из положения 0 в положение «+1», затем вернуть в положение 0.

При переводе штурвала в положение «+1» размыкаются контакты  $A_2-B_2$  и замыкаются контакты  $E_2-F_2$  главного вала кон-

троллера. Kontakтами  $A_2—B_2$  разрывается первоначальная (основная) цепь питания катушки реле 353. Питание этой катушки продолжается только через замыкающие контакты этого же реле 353 и блок-контакты  $K—L$  пневмодвигателя ПС. Kontakтами  $E_2—F_2$  главного вала контроллера создается цепь питания катушки реле набора позиций 351: провод 404, контакты реле 353, блок-контакты  $K—L$ , пневмодвигателя, контакты кнопки 346, контакты 5—6 выключателя 368, провод 405, контакты  $C_2—D_2$  главного вала контроллера, контакты  $E_2—F_2$ , блок-контакты  $U—V$  переключателя ступеней, замкнутые на всех позициях, кроме 32-й, провод 440, резистор, катушка реле 351, провод 999, корпус электровоза.

При этом реле набора позиций 351 срабатывает. Его контакты 6—7 создают цепь питания катушки вентиля 015<sub>8</sub> привода пневмодвигателя: провод 404, контакты 6—7 реле 351, провод 434, блок-контакты  $A—B$  пневмодвигателя, провод 435, контакты 1—2 аварийного переключателя кабин 330, катушка вентиля 015<sub>8</sub>, провод 999, корпус электровоза.

Электропневматический вентиль 015<sub>8</sub> сработает и переведет пневмодвигатель из положения I в положение II, что соответствует повороту коленчатого вала на 90°. В положении II замкнутся блок-контакты  $C—D$  пневмодвигателя 015<sub>7</sub> и образуется цепь питания катушки вентиля 015<sub>9</sub>: провод 404, контакты 6—9 реле набора 351, провод 433, блок-контакты  $C—D$ , провод 437, блок-контакты 7—8 аварийного переключателя 330, провод 439, катушка вентиля 015<sub>9</sub>, провод 999, корпус электровоза.

При возбуждении обоих вентилях 015<sub>8</sub> и 015<sub>9</sub> пневмодвигатель переходит из положения II в положение III, при этом коленчатый вал двигателя поворачивается еще на 90°.

Между положениями II и III кратковременно размыкаются блок-контакты  $K—L$  пневмодвигателя, в связи с чем прерывается цепь питания катушек реле 351 и 353. Несмотря на то, что катушка реле набора обесточилась и разомкнулись его контакты, катушки вентилях 015<sub>8</sub> и 015<sub>9</sub> остаются возбужденными, продолжая получать питание по вновь созданной цепи от провода 404 через контакты реле 351 и 352, провод 431, блок-контакты  $F—G$  пневмодвигателя, провод 436 и далее через разделительные диоды и контакты переключателя 330.

Поэтому коленчатый вал пневмодвигателя продолжает поворачиваться, пока не займет положение III, в котором он остановится; это соответствует 1-й позиции переключателя ступеней. При этом на первичную обмотку тягового трансформатора подается напряжение около 1000 в, а на каждой вторичной обмотке будет напряжение примерно 41,4 в. Таким образом, на тяговые двигатели подается напряжение и электровоз может быть приведен в движение.

Для набора следующей позиции необходимо штурвал контроллера вернуть в положение 0 для восстановления реле управления 353. При этом создается первоначальная цепь питания катушки реле 353 через контакты  $A_2—B_2$  главного вала, замкнутые в положении 0 штурвала контроллера. После того как реле 353 сработает, восста-

новится вторая цепь питания катушки этого реле через его контакты  $I-8$  и блок-контакты  $K-L$  пневмодвигателя: эта цепь не зависит от положения штурвала контроллера. При постановке штурвала в положение «+1» через блок-контакты  $E_2-F_2$  главного вала контроллера вновь получает питание катушка реле набора 351.

Катушка реле управления 353 потеряла питание по первой цепи, так как контакты  $A_2-B_2$  главного вала разомкнулись, но продолжает получать питание по второй цепи через свои собственные контакты  $I-8$  и блок-контакты  $K-L$  пневмодвигателя.

Когда реле набора 351 сработает, разомкнутся его контакты  $6-2$ , в связи с чем прервется цепь питания катушек вентилей  $015_8-015_9$ . Однако создается цепь питания катушки вентиля  $015_9$  через контакты  $6-9$  реле 351 и блок-контакты  $C-D$  пневмодвигателя. При этом нужно иметь в виду, что блок-контакты  $A-B$  в положении III вала пневмодвигателя разомкнуты, поэтому катушка вентиля  $015_8$  не может получать питания. При возбуждении вентиля  $015_9$  пневмодвигатель переходит из положения III в положение IV, что соответствует повороту коленчатого вала еще на  $90^\circ$ . При подходе к положению IV размыкаются блок-контакты  $C-D$ , в связи с чем прерывается цепь питания катушки вентиля  $015_9$ . Вследствие этого, так как оба вентиля  $015_8$  и  $015_9$  оказываются обесточенными, вал пневмодвигателя продолжает поворачиваться из положения IV в положение I.

Между положениями вала IV и I кратковременно размыкаются блок-контакты  $K-L$  пневмодвигателя и теряют питание катушки реле управления 353 и реле набора позиций 351. Пневмодвигатель останавливается в положении I, что будет соответствовать 2-й позиции ПС. Для дальнейшего набора по одной позиции нужно штурвал контроллера машиниста вернуть в положение 0 и затем снова поставить в положение «+1». При этом произойдут аналогичные переключения в цепях управления. За один полный оборот коленчатого вала пневмодвигателя набираются две позиции ПС. Таким образом, можно производить набор позиций ПС вплоть до 32-й позиции. На 32-й позиции будут разомкнуты блок-контакты  $U-V$  переключателя ступеней и питание катушек реле набора 351 исключается. При номинальном напряжении в контактной сети на 32-й позиции ПС напряжение холостого хода на вторичных обмотках тягового трансформатора составляет 1040 в.

**Автоматический набор позиций.** Для непрерывного автоматического набора позиций ПС (без остановки на позициях) необходимо штурвал контроллера машиниста перевести в нефиксированное положение «+». При этом получают непрерывное питание катушка реле управления 353 через контакты  $A_2-B_2$  и катушка реле набора 351, через контакты  $E_2-F_2$  главного вала. Эта цепь питания не зависит от положения блок-контактов  $K-L$  пневмодвигателя и контактов реле 353.

Цепь питания катушек вентилей  $015_8$  и  $015_9$  создают блок-контакты  $A-B$  (катушка вентиля  $015_8$ ) и  $C-D$  (катушка вентиля  $015_9$ ) пневмодвигателя. В соответствии с разверткой, обеспечивающей замыкание контактов  $A-B$  и  $C-D$ , вентили пневмодвигателя будут

получать питание в такой последовательности: в положении *I* пневмодвигателя — вентиль  $015_8$ , в положении *II* — вентили  $015_8$  и  $015_9$ , в положении *III* — вентиль  $015_9$ ; в положении *IV* оба вентиля обесточены. В соответствии с этим под действием впускаемого в цилиндры воздуха будет вращаться коленчатый вал пневмодвигателя в сторону набора позиций.

При автоматическом наборе позиций, когда штурвал контроллера поставлен в положение «+», пневмодвигатель может вращаться до 32-й позиции, т. е. до размыкания блок-контактов  $U—V$  переключателя ступеней, так как при этом катушка реле набора  $351$  не теряет питание. Для остановки пневмодвигателя и соответственно переключателя ступеней на какой-либо позиции, не доходя до 32-й, необходимо штурвал перевести в положение  $0$ . При этом размыкаются блок-контакты  $E_2—F_2$  главного вала контроллера, теряет питание катушка реле  $351$  и, следовательно, пневмодвигатель останавливается.

**Ручной сброс позиций.** Для сброса одной позиции ПС с целью снижения напряжения на тяговых двигателях штурвал контроллера машиниста переводят в фиксированное положение «—1». При этом размыкаются блок-контакты  $A_2—B_2$  и  $C_2—D_2$  главного вала контроллера и катушка реле управления  $353$  получает питание по цепи: собственные контакты, блок-контакты  $M—N$  пневмодвигателя, провод  $412$ , контакты  $7—8$  выключателя  $368$ , блок-контакты  $G_2—J_2$  главного вала контроллера, провод  $419$ , контакты  $4—3$  выключателя  $368$ , провод  $420$ , резистор. Одновременно оказываются замкнутыми блок-контакты  $J_2—K_2$  главного вала контроллера, которые создают цепь питания катушки реле сброса  $352$ , проходящую через контакты  $G—H$  переключателя ступеней  $015_{11}$ , замкнутые на всех позициях, кроме нулевой.

При срабатывании реле сброса  $352$  по цепи через его контакты  $4—5$  и контакты  $E—F$  пневмодвигателя получает питание вентиль  $015_9$ , если в момент постановки штурвала в положение «—1» ПС находился в четной позиции (это соответствует положению *I* пневмодвигателя). Пневмодвигатель начинает вращаться в сторону позиции *IV*, т. е. в сторону, обратную набору позиций. При достижении позиции *IV* создается цепь питания также вентиля  $015_8$  через контакты  $4—10$  реле сброса  $352$  и блок-контакты  $I—J$  пневмодвигателя. Пневмодвигатель будет при этом вращаться до положения *III* и остановится, так как между положениями *IV* и *III* разомкнутся его блок-контакты  $M—N$  и потеряют питание катушки реле управления  $353$  и реле сброса  $352$ . Это соответствует сбросу одной позиции переключателя ступеней.

Для сброса еще одной позиции необходимо кратковременно вернуть штурвал в положение  $0$ , чтобы восстановить питание катушки реле управления  $353$ , затем вновь поставить штурвал в положение «—1».

При этом создается цепь питания вентиля  $015_8$  и пневмодвигатель начнет вращаться в сторону положения *II* и т. д. Таким образом, при сбросе позиций включение и выключение вентиля привода пневмодвигателя производится замыканием или размыканием блок-кон-

тактов  $I—J$  (вентиль  $015_8$ ) и  $E—F$  (вентиль  $015_9$ ) пневмодвигателя, а фиксирование на позициях происходит благодаря размыканию блок-контактов  $M—N$  между положениями  $IV$  и  $III$  (остановка на нечетной позиции ПС),  $II$  и  $I$  (остановка на четной позиции) пневмодвигателя.

**Автоматический сброс позиций.** Для непрерывного (автоматического) сброса позиций ПС (без остановки на позициях) необходимо штурвал контроллера машиниста перевести в фиксированное положение «—». При этом создаются цепи питания катушки реле управления  $353$  через контакты  $A_2—B_2$  главного вала контроллера  $340_{21}$  и катушки реле сброса  $352$  от провода  $419$  через блок-контакты  $J_2—K_2$  главного вала контроллера. Вентили  $015_8$  и  $015_9$  будут получать питание через контакты реле сброса  $352$ , блок-контакты  $I—J$  и  $E—F$  пневмодвигателя.

Вал пневмодвигателя и соответственно переключатель ступеней будут вращаться в сторону нулевой позиции ПС. При подходе к нулевой позиции ПС разомкнутся контакты  $G—H$  переключателя ступеней  $015_{11}$  и прекратится питание катушки реле сброса  $352$ , что приведет к остановке пневмодвигателя.

Если при автоматическом сбросе пневмодвигатель остановится, не дойдя до нулевой позиции ПС, или будет происходить замедленное вращение вала пневмодвигателя, то выключится главный выключатель. Управление набором и сбросом позиций при маневровой работе производится с помощью кнопок  $344$  (*Набор*) и  $345$  (*Сброс*); штурвал должен находиться в нулевом положении.

**Аварийное управление.** При неисправности контроллера или цепей управления набор и сброс позиций ПС можно производить с помощью поворотных кулачковых выключателей (аварийных контроллеров)  $331$  и  $332$ . При этом аварийный переключатель  $330$  ставится в положение  $I$  или  $II$  в зависимости от того, из какой кабины машиниста производится управление.

Аварийным контроллером подают питание на вентили привода пневмодвигателя  $015_8$  и  $015_9$  от провода  $823$  через выключатель  $359$ , далее через провод  $445$  и контакты аварийных контроллеров. Поворот вала аварийного контроллера  $331$  ( $332$ ) на  $180^\circ$  ведет к повороту вала пневмодвигателя также на  $180^\circ$ , т. е. к набору одной позиции.

Если вращать вал аварийного контроллера в обратную сторону, вентили  $015_8$  и  $015_9$  будут получать питание в обратном порядке и пневмодвигатель будет вращать вал ПС в сторону снижения позиций.

При аварийном управлении исключаются из цепей питания вентилей блок-контакты, обеспечивающие определенную зависимость цепей управления и правильного положения реверсоров и разъединителей тяговых двигателей, поэтому аварийное управление должно производиться с соблюдением определенных предосторожностей.

**Управление при режиме ослабленного поля.** Штурвал контроллера переводят в нижнее положение, при этом он выходит из зацепления с главным валом  $340_{21}$  и вводится в зацепление с валом ослабления поля  $340_{22}$  контроллера машиниста.

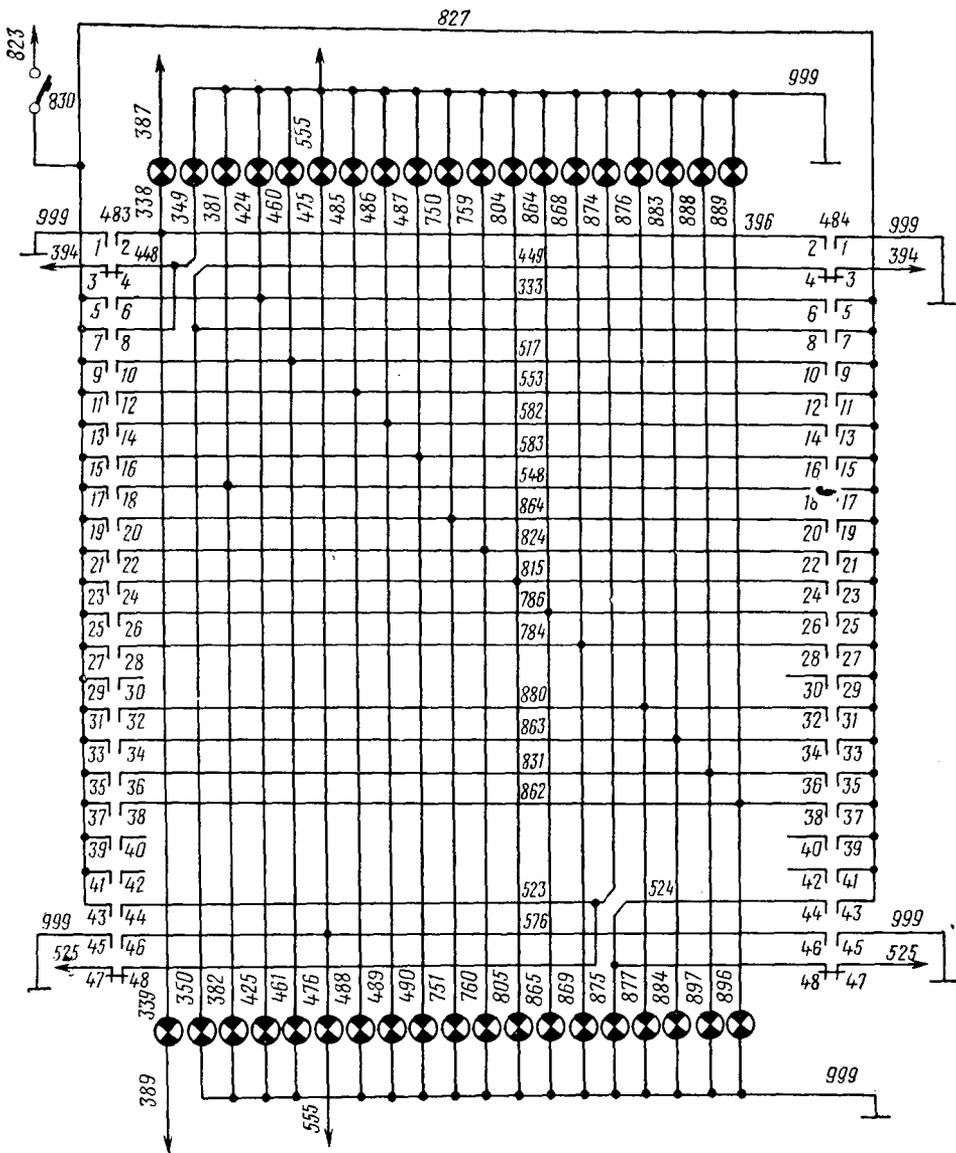


Рис. 317. Сигнальные цепи электровоза ЧСА

При повороте штурвала в положение *I* получают питание вентили двух электропневматических контакторов  $061_2$  по цепи: провод 404, контакты *L—K* переключателя ступеней, замкнутые на позициях 26—32, провод 428, контакты  $S_2—T_2$ , провод 426, катушки контакторов  $061_2$ , провод 999.

Контакторы включают первую ступень ослабления поля тяговых двигателей (72,6%). При дальнейшем вращении штурвала создаются

цепи: положение *II*—контакты  $V_2-U_2$ , провод 427, вентили 062<sub>2</sub> (60%); положение *III*—контакты  $X_2-Y_2$ , провод 429, вентили 063<sub>2</sub> (51%); положение *IV*—возбуждены вентили 061<sub>2</sub> и 063<sub>2</sub> (44%); положение *V*—возбуждены вентили 062<sub>2</sub> и 063<sub>2</sub> (40%).

**Цепи сигнализации.** Специально предусмотренные лампы сигнализируют машинисту электровоза о работе основных агрегатов, срабатывании защиты или повреждении элементов оборудования.

В цепи сигнализации электровоза ЧС4 подается напряжение от провода 823 (рис. 317) через защитный выключатель 830. Включение цепей сигнализации производится выключателями 483 (484).

Сигнальные лампы загораются в следующих случаях: лампа 338 (339) — промежуточное положение высоковольтного переключателя ступеней; 349 (350) — нулевое положение переключателя ступеней; 381 (382) — замкнуты контакты блокировки; 424 (425) — повреждение насосов; 460 (461) — подача песка; 475 (476) — нарушение фильтрации масла; 485 (488) — повреждение вентилятора тяговых двигателей; 486 (489) — повреждение вентилятора сглаживающих реакторов; 487 (490) — повреждение вентилятора выпрямителя; 750 (751) — нагрев масла; 759 (760) — вентиляция; 804 (805) — включен вспомогательный компрессор; 864 (865) — пробой одного вентиля; 868 (869) — повреждение вспомогательного выпрямителя; 874 (875) — пробой двух вентилях; 876 (877), 888 (897) — сработали реле заземления; 883 (884) — сработало газовое реле; 889 (896) — сработала защита. Сигнальные лампы, номера которых указаны в скобках, установлены на втором конце электровоза.

### § 103. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ82<sup>м</sup>

Схемы управления обеих секций электровоза выполнены одинаковыми и секции работают по системе многих единиц с управлением из любой кабины машиниста. Работа силовой цепи определяется положением основных аппаратов: силовых переключателей — реверсивного 63, тормозного ПТ, группового ПКГ, двигателей ПД1, ПД2; низковольтных переключателей — блокировочного БП, режимов ПР; контакторов — линейных ЛК1—ЛК6, реостатных К1—К22, ослабления поля 65—74, а также ряда промежуточных и вспомогательных реле. С помощью указанных аппаратов обеспечивают необходимые режимы работы силовой цепи.

Управление аппаратами силовой цепи осуществляется контроллером машиниста (рис. 318), который имеет три вала: главный, режимный и реверсивный. Валы и управляющие ими рукоятки заблокированы. Реверсивная рукоятка имеет три положения: *Вп* (вперед), *0* (нулевое), *Наз* (назад). При нахождении реверсивной рукоятки в положении *0* главная рукоятка может находиться только в положении *0*, а режимная в положении *ПП*.

Главная рукоятка имеет следующие положения: *БВ* (быстрое выключение), *0* (нулевое), 38 рабочих положений, из них 25 последова-



тельного соединения и 13 параллельного соединения двигателей, 25-я и 38-я позиции — безреостатные. Режимная рукоятка имеет положения: *T* (торможение), *0* (нулевое), *ПП* (полного поля), *ОП1*, *ОП2*, *ОП3* и *ОП4* (ослабление поля соответственно — 1-, 2-, 3- и 4-я ступени). При нахождении реверсивной рукоятки в одном из рабочих положений (*Вп* или *Наз*), а режимной рукоятки в положении *T* (торможение) главную рукоятку можно перемещать только до 25-й позиции.

**Тяговый режим.** Для того чтобы собрать силовые цепи в тяговом режиме, необходимо реверсивную рукоятку контроллера установить в одно из рабочих положений (*Вп* или *Наз*), режимную рукоятку поставить в положение *ПП* (полного поля), а главную перевести из нулевой на 1-ю позицию.

При этом напряжение по проводу *H65* будет подано на катушку *63 Вп* (или *63 Наз*), реверсивный переключатель займет положение, соответствующее положению реверсивной рукоятки. Одновременно от провода *НО14* через контакторный элемент *Э9* режимного вала контроллера машиниста напряжение будет подано катушке *БП тяга*, блокировочный переключатель займет положение, соответствующее режиму тяги, и через его блок-контакты в цепи проводов *Э9* получит питание катушка *ПТ тяга*; тормозной переключатель займет положение, также соответствующее режиму тяги.

От провода *НО13* через контакторный элемент *Э21* главного вала контроллера машиниста и нормально замкнутые блок-контакты *ЛК5* получит напряжение катушка *ЛКГ-С*; групповой переключатель займет положение, соответствующее последовательному соединению тяговых двигателей.

В соответствии с пусковой диаграммой и таблицей замыкания контакторов (см. рис. 274) на 1-й позиции главного вала включаются контакторы ослабления поля *65*, *66*, *69—70*, *73—74*. Катушка контактора *65* получает питание по цепи: провод *Н1*, контакторный элемент *Э19* (см. рис. 318) режимного вала, провод *Э19*, диод *Д18*, провод *Э10*. Катушка контактора *66* получает питание по той же цепи, но через контакты *БП* и провод *Н44*. Катушка контактора *69* получает питание от провода *Э19* через диод *Д17* и контакты *БП*. Контактормом *70* управляет электропневматический вентиль контактора *69*.

Катушка контактора *73* получает питание по цепи: провод *Н1*, контакторные элементы *Н1* и *Э20* главного вала контроллера машиниста, провод *Э20*, контакты *БП*. Контактормом *74* управляет электропневматический вентиль контактора *73*. Катушка контактора *73*, как это видно из развертки главного вала, может получить питание по указанной цепи, а следовательно, обеспечить сбор цепей только на 1-й позиции контроллера машиниста.

После того как указанные выше аппараты заняли соответствующие положения, создается цепь для питания катушек линейных контакторов. Катушки линейных контакторов *ЛК1*, *2*, *ЛК3*, *4* и *ЛК5*, *6* получают питание от провода *Н5* через блок-контакты контактора *133* двигателя мотор-насоса (в режиме переменного тока) или через блок-контакты переключателя вентиляей *48* (в режиме по-

стоянного тока), далее через контакты электрических блокировок 141—144, контакты промежуточного реле 265, контакты токовых реле 119—120, блок-контакты ПКГ, замкнутые при положении группового переключателя, соответствующем последовательному соединению двигателей, блок-контакты ПТ, блок-контакты контакторов ослабления поля 69 и 73, блок-контакты ПТ, катушки линейных контакторов, включением которых заканчивается сбор силовых цепей на 1-й позиции контроллера машиниста в тяговом режиме. Когда линейные контакторы включаются, их блок-контакты ЛК1 и ЛК3 шунтируют цепь блок-контактов контакторов ослабления поля, и дальнейшее питание катушек линейных контакторов происходит через их собственные блок-контакты.

При переводе главной рукоятки контроллера с 1-й на 2-ю позицию размыкается контакторный элемент Э20, теряет питание провод Э20, лишается напряжения катушка 73 и выключаются контакторы ослабления поля 73 и 74. При переводе главной рукоятки со 2-й на 3-ю позицию размыкается контакторный элемент Н1, теряет питание провод Н1 и соответственно провод Э19, лишаются напряжения катушки 65, 66, 69 и выключаются контакторы ослабления поля 65, 66, 69—70, двигатели переходят на режим полного поля, что соответствует 3-й позиции (согласно пусковой диаграмме и таблице замыкания контакторов (см. рис. 274). Дальнейший перевод главной рукоятки контроллера машиниста до 25-й позиции вызывает включение и выключение реостатных контакторов К1—К22 в соответствии с разверткой кулачков главного вала контроллера.

На 25-й позиции схема силовой цепи соответствует последовательному соединению тяговых двигателей с полностью выведенными из цепи пусковыми реостатами. При переводе рукоятки контроллера с 25-й на 26-ю позицию происходит переход с последовательного соединения на параллельное способом «моста». При этом размыкается контакторный элемент Э21 (см. рис. 318) и замыкается контакторный элемент Э22 главного вала. Размыкание элемента Э21 лишает напряжения провод Э21 и соответственно питания катушку ПКГ-С.

Элемент Э22, замкнувшись, подает напряжение на провод Э22 и на катушки мостовых контакторов 29, 30 по цепи: провод Э22, блок-контакты ПКГ, диод Д21. После включения мостовых контакторов 29, 30 получают питание катушки ПКГ-П в обеих секциях электровоза по следующей цепи: провод Э22, блок-контакты реостатных контакторов К22, К20, К21, К19, блок-контакты мостовых контакторов 29, 30, переключателя режимов ПР, аварийного переключателя 46, катушка ПКГ-П, межсекционное соединение, блок-контакты ПД2 и ПД1 (второй секции), аварийного переключателя 46, корпус электровоза.

Групповой переключатель переключится в положение, соответствующее параллельному соединению тяговых двигателей, к концу переходя разомкнутся блок-контакты ПКГ в цепи диода Д21, в связи с чем потеряют питание катушки 29, 30 и мостовые контакторы выключаются. Таким образом, на 26-й позиции будут параллельно соединены тяговые двигатели и введены в их цепь пусковые реостаты.

При переводе рукоятки главного вала с 26-й на последующие позиции до 38-й будут включаться и выключаться реостатные контакторы в соответствии с разверткой кулачков главного вала контроллера машиниста. На 25-й и 38-й позициях может быть применено ослабление поля двигателей путем перевода режимной рукоятки на позиции *ОП1—ОП4*.

В соответствии с разверткой кулачков режимного вала будут включаться контакторные элементы и подавать питание катушкам контакторов ослабления поля. При сбросе главной рукоятки с более высоких позиций на более низкие будет происходить выключение и включение реостатных контакторов в обратном порядке. При переводе главной рукоятки с 26-й на 25-ю позицию произойдет обратный переход с параллельного на последовательное соединение тяговых двигателей.

При этом потеряет питание провод Э22 и соответственно катушка *ПКГ-П*, получит питание провод Э21 и катушки 29, 30 по цепи: провод 21, блок-контакты *ПКГ*, диод *Д22*.

Включение мостовых контакторов 29, 30 создает цепь питания катушки *ПКГ-С*. Групповой переключатель перейдет в положение, соответствующее последовательному соединению тяговых двигателей, замкнутся его блок-контакты в цепи провода Э21,

которая будет поддерживать питание катушки *ПКГ-С*. В конце перехода разомкнутся блок-контакты *ПКГ* в цепи диода *Д22*, потеряют питание катушки мостовых контакторов 29, 30; контакторы выключаются.

**Тормозной режим.** Для перевода силовых цепей в тормозной режим необходимо главную рукоятку сбросить на нулевую позицию и поставить режимную рукоятку в положение *Т*. При этом катушки *БП тяга* и *ПТ тяга* потеряют, а катушки *БП торм* и *ПТ торм* получат питание.

Блокировочный и тормозной переключатели займут положение, соответствующее тормозному режиму. При постановке главной рукоятки на 1-ю позицию включаются контакторы ослабления поля 65, 67 и 68. Катушка контактора 65 получает питание цепи: провод

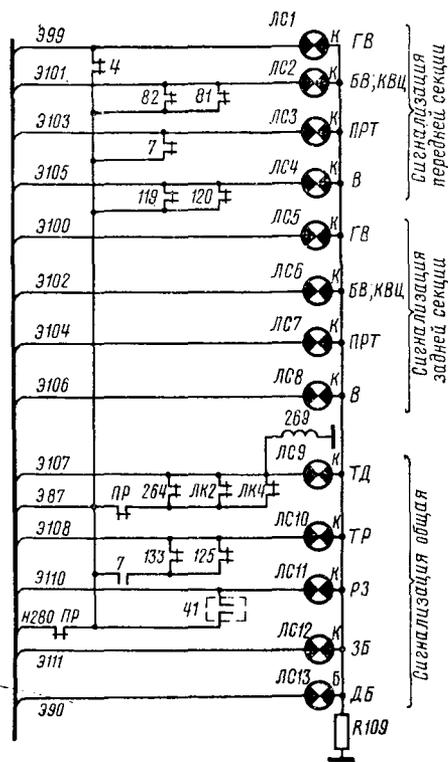


Рис. 319. Цепи сигнализации электроваза ВЛ82<sup>М</sup>

*Н1*, контакторный элемент *Э19* режимного вала, провод *Э19*, диод *Д18*, катушка *65*. Катушка контактора *67* получает питание по цепи: провод *Э20*, блок-контакты *БП*, провод *Э12*, катушка *67*. Контакт *68* управляется вентилем контактора *67*.

Напряжение получает также катушка вентиля *ПКГ-С* по обычной цепи от провода *Э21*. После этого включаются линейные контакторы *ЛК1, 2* и *ЛК3, 4*. Питание катушки линейных контакторов получают от провода *Н5* по цепи: провод *Н8*, блок-контакты *ПКГ*, блок-контакты *65, 67, ПТ, ПВУ*, контакты промежуточного реле *264*, реле напряжения *42*, реле заземления *89*, катушки *ЛК1, 2, ЛК3, 4* корпус электровоза.

Цепь катушек *ЛК5, 6* рвется контактами блокировочного переключателя *БП*, поэтому линейные контакторы *ЛК5, 6* в тормозном режиме не включаются. Включением линейных контакторов *ЛК1, 2* и *ЛК3, 4* завершается сбор силовых цепей в тормозном режиме. При переводе главной рукоятки с 1-й на 2-ю и со 2-й на 3-ю позиции выключаются соответственно контакторы ослабления поля *67, 68* и *65*. Это соответствует переходу на 2-ю и 3-ю тормозные позиции согласно тормозной диаграмме и таблице включения контакторов.

При переводе главной рукоятки на 4-ю и последующие до 25-й позиции будут включаться и выключаться реостатные контакторы в соответствии с разверткой кулачков главного вала контроллера, обеспечивая этим тормозной режим.

**Цепи сигнализации.** На рис. 319 представлены цепи сигнализации электровоза ВЛ82<sup>м</sup>. Эти цепи содержат сигнальные лампы — общие для всего электровоза и отдельные для сигнализации о положении защитных аппаратов каждой секции.

## РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРОВОЗАХ

### § 104. Общие требования

Оборудование электровоза имеет большой объем и занимает много места. В то же время необходимо, чтобы к нему был легкий доступ для осмотра и удобно было его снимать для ремонта или замены.

От расположения оборудования зависит безопасность работающих на электровозе людей. Оно должно быть расположено так, чтобы во всех случаях, включая маловероятные аварийные режимы и ошибочные действия локомотивной бригады, обеспечивалась полная безопасность.

При выборе варианта размещения оборудования электровоза учитывают также расход монтажных материалов: шин, проводов, изоляции, труб и др. Отсюда понятно, что размещение оборудования на электровозе представляет собой сложную задачу, от решения которой зависит удобство обслуживания и ремонта электровоза.

Основное оборудование размещено в кузове, который защищает его от дождя, снега, ветра и пыли. Хотя кузов и не имеет специальных отопительных устройств, но за счет тепла, выделяемого в электрооборудовании при работе электровоза, температура в нем всегда выше (на 10—20° С) температуры окружающего воздуха. В зимнее время это положительно сказывается на работе оборудования электровоза, а летом приводит к повышенному нагреванию токоведущих частей машин, аппаратов и их изоляции и в конечном итоге к ускоренному старению изоляции. В кузове размещено не все оборудование. Часть его установлена на крыше электровоза, а часть — под кузовом. Оборудование, которое связано с напряжением контактной сети 25 кв — токоприемники, разъединители токоприемников, разрядники, главный выключатель, помехоподавляющие устройства, установлено на крыше электровоза. На крышу вынесены также резервуары сжатого воздуха. Это целесообразно по условиям безопасности локомотивных бригад и сохранности оборудования, размещенного в кузове, в случае аварийного разрушения, по условиям лучшего и более быстрого охлаждения сжатого воздуха, поступающего из компрессоров подогретым, а также экономии места в кузове.

Все крупные блоки и вспомогательные машины смонтированы так, что они могут быть сняты с электровоза через крышечные проемы. Поэтому крыша кузова выполнена съемной и разбирается на части.

На тележках электровоза размещены тяговые двигатели и тормоз-

ное оборудование, которые связаны с колесными парами и поэтому расположены в непосредственной близости от них.

Отечественные электровозы переменного тока строят с двумя кабинами управления, расположенными по концам электровоза. В каждой кабине имеются аппараты и оборудование для управления (контроллер машиниста, тормозные краны, кнопочные выключатели), сигнализация, аппаратура управления световыми и звуковыми сигналами (сиреной, свистком, фарами, прожектором) и радиотелефон для связи машиниста с работниками станций. Кроме того, в кабине имеются два мягких кресла для машиниста и его помощника, печи отопления, платяной шкаф и другие бытовые предметы.

Электрооборудование с незащищенными токоведущими частями (крышка тягового трансформатора, групповой переключатель, реверсоры и переключатели ступеней ослабления поля, выпрямители, реакторы, контакторы) устанавливают в высоковольтной камере и ограждают.

Ограждение выполняют либо из листовой стали, либо из металлической сетки, которая, закрывая доступ к установленному оборудованию, позволяет наблюдать за его работой и состоянием.

На электровозах обеспечено одно из главных правил техники безопасности: ограждение высоковольтного оборудования (с напряжением выше 50 в). Блокирующие устройства допускают открытие дверей высоковольтной камеры только при опущенном токоприемнике. Если по ошибке перед поднятием токоприемника не были закрыты двери и створки камеры, то токоприемник поднять нельзя. Кроме того, если на тяговом трансформаторе после отключения кнопок токоприемников все-таки осталось напряжение (например, токоприемник приварился к контактному проводу и главный выключатель остался включенным), то блокирующее устройство оставит двери высоковольтной камеры запертыми — заблокированными. Несмотря на принятые меры защиты, нельзя входить в высоковольтную камеру, не убедившись предварительно лично в том, что токоприемник опущен.

Наблюдать за оборудованием электровоза во время его работы можно через сетчатые ограждения и стеклянные окна в сплошных ограждениях высоковольтной камеры из коридора электровоза. Этот коридор служит еще для прохода из одной кабины в другую. Пребывание локомотивной бригады в коридоре безопасно и при поднятом токоприемнике, и во время движения электровоза.

## **§ 105. Расположение оборудования на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup>**

Рассмотрим характерные особенности расположения оборудования на электровозах ВЛ60<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>к</sup>. Следует отметить, что на отечественных электровозах оборудование размещено удобно как в отношении осмотра и обслуживания локомотивной бригадой во время ведения поезда, так и в отношении ремонта.

На расположение оборудования существенное влияние оказывает структура силовых цепей. Поскольку структура силовых цепей отечественных электровозов в общих чертах одинакова, то и в размещении оборудования на электровозах много общего. Так, оборудование, относящееся к одной тележке, сгруппировано вместе и располагается над тележкой. Оборудование, относящееся ко всему электровозу (секции), сгруппировано в середине электровоза (секции). На электровозе ВЛ60<sup>к</sup> трансформатор, переключатель ступеней, переходные реакторы смонтированы в одном блоке 20 (рис. 320), который размещен в центре кузова. Остальное оборудование — выпрямители 11, сглаживающие реакторы 27, аппаратура тяговых двигателей 12, вспомогательные машины 8, 9 — размещено по возможности ближе к тяговым двигателям. Расположено оборудование как по одну, так и по другую сторону от трансформатора примерно одинаково, чем достигается равномерная развеска.

Чтобы рационально использовать объем кузова, тяговый трансформатор установлен ниже уровня пола так, что в высоковольтную камеру выходит только меньшая часть бака с крышкой трансформатора. На ней размещены переходный реактор и главный контроллер. Справа от трансформатора находится аккумуляторная батарея 26 и вблизи нее на ограждении высоковольтной камеры укреплен распределительный щит 21. По обе стороны от трансформатора установлены мотор-вентиляторы 25, охлаждающие сглаживающие реакторы, тяговые двигатели III и IV и масло в охладителях трансформатора. Сглаживающие реакторы ограждены сплошным ограждением, что создает направленный поток воздуха (сверху вниз) сквозь их обмотку.

Несколько дальше от центра электровоза размещены выпрямительная установка 11, аппаратура тяговых двигателей 12 (реверсоры, переключатели ступеней ослабления поля), панель контакторов вспомогательных машин, резисторы ослабления поля 13, переключатель вентилей 23 и другое оборудование. Все это оборудование находится в высоковольтной камере за ограждением, обеспечивающим безопасность обслуживающего персонала. Ограждение высоковольтной камеры имеет раздвижные шторки, которые закрывают доступ в высоковольтную камеру при поднятом токоприемнике.

К торцам высоковольтной камеры примыкает стенд вспомогательных машин (мотор-вентилятора 9, мотор-компрессора — основного 28 и вспомогательного 8 и др.).

Восьмиосные электровозы состоят из двух четырехосных секций. Обе секции одинаковы. Некоторое отличие в расположении оборудования секций заключается в следующем: в 1-й секции находится радиостанция с преобразователем и стабилизатором напряжения, а во 2-й — санузел и шкаф для инструмента.

Каждая секция имеет только одну кабину машиниста и один коридор. Однако так же, как на шестиосных электровозах, оборудование на секции расположено в основном симметрично относительно средней поперечной оси. В центре секции помещен блок трансформатора с переключателем ступеней и переходными реакторами, который также опущен ниже уровня пола кузова. По обе сто-

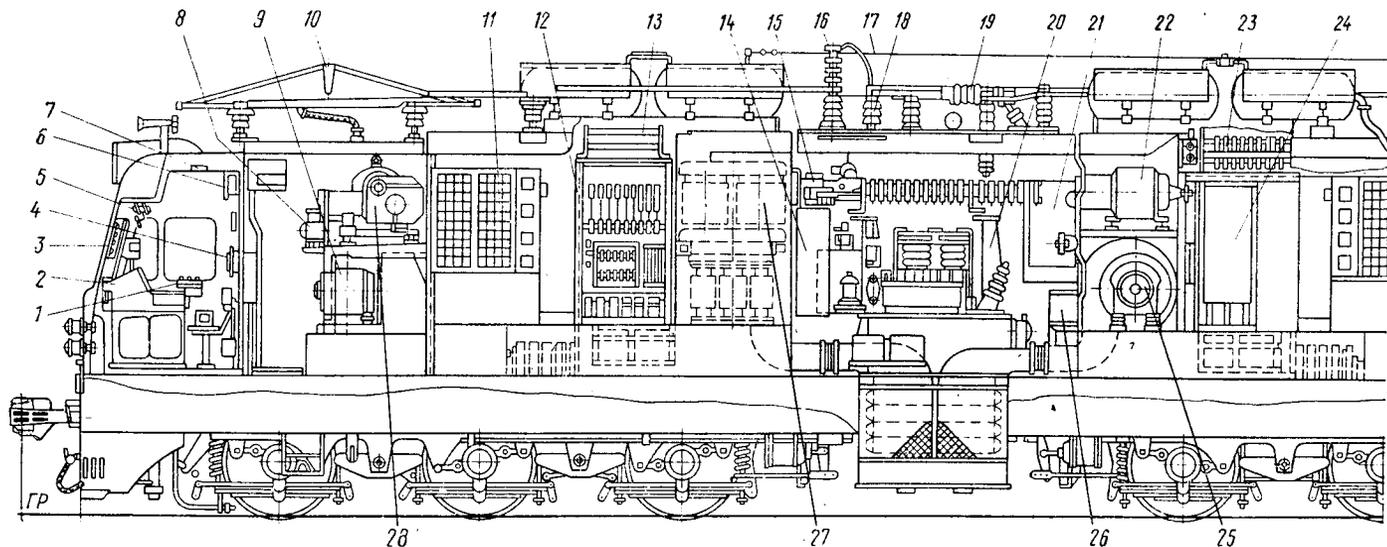


Рис. 320. Размещение оборудования на электровозе ВЛ60<sup>к</sup>:

1 — краны локомотивного и поездного тормозов; 2 — пульт управления машиниста; 3 — панель ламп локомотивной сигнализации; 4 — телефон и пульт управления поездной радиотелефонной связи; 5 — вентилятор кабины; 6 — громкоговоритель поездной связи; 7 — светильник потолочный; 8 — компрессор для подъема токоприемника; 9 — мотор-вентилятор охлаждения выпрямителей и тяговых двигателей; 10 — токоприемник; 11 — блок выпрямительной установки; 12 — блок силовых аппаратов; 13 — резисторы ослабления поля; 14 — панель аппаратов № 3; 15 — панель; 16 — разрядник РВЭ-25М; 17 — антенна поездной радиотелефонной связи; 18 — изолятор на напряжение 25 кв; 19 — главный выключатель ВОВ-25-4М; 20 — блок тягового трансформатора; 21 — распределительный щит; 22 — расщепитель фаз с генератором управления; 23 — переключатель вентиляей; 24 — панель аппаратов; 25 — мотор-вентилятор охлаждения сглаживающего реактора, тягового двигателя и масла трансформатора; 26 — аккумуляторная батарея; 27 — сглаживающий реактор; 28 — мотор-компрессор

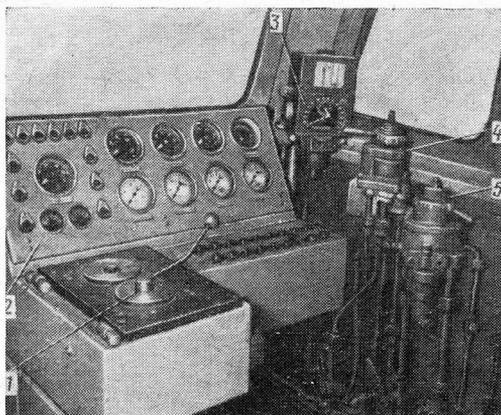


Рис. 321. Пульт управления машиниста электровоза

для прохода в другую секцию. Высоковольтная камера со стороны бокового прохода ограждена сетчатыми раздвижными шторами, которые блокируются при поднятом токоприемнике и закрывают доступ к электрооборудованию.

Кабины отечественных электровозов одинаковы, просторны и удобны, имеют широкие высокие окна, обеспечивающие хорошую видимость пути и прилегающих районов.

Два мягких кресла — машиниста и его помощника — установлены против пультов. На пульте управления машиниста (рис. 321) под его левой рукой находится контроллер машиниста 1 и наклонная панель 2 с сигнальными лампами, электроизмерительными приборами и манометрами. Ниже установлены кнопочные выключатели. Справа от пульта управления находятся тормозные краны — локомотивный 4 и поездной 5. Под правой рукой машиниста на боковую стенку кабины выведены кнопки звуковых сигналов электровоза и подачи песка под колеса. В углу установлен регистрирующий скоростемер 3. На пульте помощника размещены кнопочные выключатели, цепи которых не влияют на режим ведения поезда, штурвал ручного тормоза, а слева от кресла помощника — дублирующие кнопки звуковых сигналов электровоза.

Кабина машиниста имеет одну дверь, ведущую в коридоры кузова. В боковых стенках электровоза сделаны четыре двери, через которые можно входить на электровоз.

На крыше электровоза размещены токоприемники, разъединители токоприемников, прожектор, тифон, резервуары сжатого воздуха, главный выключатель, разрядник и др.

Много места внутри кузова электровоза занимает система вентиляции с воздуховодами.

роны от него расположены выпрямительные установки с панелями вспомогательных элементов и защиты.

Еще дальше от центра размещены вспомогательные машины: расщепитель фаз, мотор-вентиляторы, компрессоры основной и вспомогательный, реверсоры, контакторы ослабления поля, отключатели тяговых двигателей, собранные в блоки, аккумуляторная батарея, трансформатор ТРПШ для подзаряда батареи и другое оборудование. В торцевой стенке кузова сделана дверь

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
От авторов . . . . .	3
<b>Глава 1. Развитие электрической тяги и общие сведения о системах энергоснабжения и электровозах</b> . . . . .	<b>4</b>
§ 1. История развития электрической тяги в СССР . . . . .	4
§ 2. Общая схема питания электрифицированной железной дороги . . . . .	6
§ 3. Классификация электровозов и принятые обозначения . . . . .	7
§ 4. Тяговые характеристики электровозов переменного тока и двойного питания . . . . .	9
§ 5. Общее описание устройства электровоза . . . . .	11
§ 6. Опытные электровозы . . . . .	15
<b>Глава 2. Механическое оборудование</b> . . . . .	<b>18</b>
§ 7. Общие сведения . . . . .	18
§ 8. Рамы тележек . . . . .	22
§ 9. Колесные пары . . . . .	26
§ 10. Буксовые узлы . . . . .	32
§ 11. Рессорное подвешивание . . . . .	35
§ 12. Тяговые передачи . . . . .	40
§ 13. Подвеска тяговых двигателей . . . . .	45
§ 14. Ударно-сцепные приборы . . . . .	47
§ 15. Кузов и его опоры . . . . .	49
§ 16. Вентиляционные устройства . . . . .	62
§ 17. Песочницы . . . . .	65
<b>Глава 3. Тяговые электродвигатели</b> . . . . .	<b>68</b>
§ 18. Условия работы тяговых двигателей . . . . .	68
§ 19. Характеристики тяговых двигателей . . . . .	69
§ 20. Особенности коммутации тяговых двигателей . . . . .	71
§ 21. Общие сведения о конструкции тяговых двигателей . . . . .	74
§ 22. Остов и полюсы . . . . .	82
§ 23. Якорь и щеточное устройство . . . . .	87
<b>Глава 4. Системы регулирования скорости движения электровозов</b> . . . . .	<b>94</b>
§ 24. Общие сведения. Основные электромеханические соотношения . . . . .	94
§ 25. Способы регулирования напряжения на вторичной стороне трансформатора . . . . .	98
§ 26. Способы регулирования напряжения на первичной стороне трансформатора . . . . .	105
§ 27. Регулирование скорости вращения тяговых двигателей путем ослабления поля . . . . .	109
§ 28. Краткие сведения о системах регулирования с тиристорами . . . . .	111
<b>Глава 5. Преобразование тока</b> . . . . .	<b>116</b>
§ 29. Выпрямление тока . . . . .	116
§ 30. Инвертирование тока . . . . .	120
	461

<b>Глава 6. Электрическое торможение</b>	126
§ 31. Виды электрического торможения	126
§ 32. Автоматическое регулирование тормозной силы при электрическом торможении	132
<b>Глава 7. Трансформаторы и реакторы</b>	134
§ 33. Общие сведения о трансформаторах	134
§ 34. Тяговые трансформаторы	138
§ 35. Реакторы сглаживающие и переходные	151
<b>Глава 8. Преобразовательные установки</b>	156
§ 36. Общие сведения о преобразовательных установках	156
§ 37. Полупроводниковые кремниевые вентили	157
§ 38. Преобразовательные установки с полупроводниковыми вентилями	162
<b>Глава 9. Вспомогательные машины</b>	171
§ 39. Общие сведения	171
§ 40. Асинхронные двигатели	172
§ 41. Расщепители фаз	178
§ 42. Двигатели постоянного тока	181
§ 43. Компрессоры	184
§ 44. Вентиляторы	187
<b>Глава 10. Электрические аппараты, блоки и приборы</b>	190
§ 45. Общие сведения	190
§ 46. Токоприемники	190
§ 47. Главные выключатели	198
§ 48. Разъединители токоприемников и переключатель рода тока	208
§ 49. Разрядники	211
§ 50. Переключатели ступеней	212
§ 51. Реверсоры и тормозной переключатель	225
§ 52. Контактторы	230
§ 53. Разъединители и переключатели	236
§ 54. Контроллер машиниста	241
§ 55. Блокировочный переключатель	245
§ 56. Выпрямительные установки питания обмоток возбуждения тяговых двигателей	246
§ 57. Шкаф (блок) управления реостатным торможением	249
§ 58. Трансформаторы постоянного тока. Блоки измерения	254
§ 59. Устройство переключения воздуха	257
§ 60. Распределительные щиты	258
§ 61. Аккумуляторные батареи	266
§ 62. Резисторы	267
§ 63. Кнопочные выключатели	270
§ 64. Электропневматические вентили, вентили защиты и блокировочные устройства безопасности	271
§ 65. Соединительные розетки и вилки	274
§ 66. Реле	276
§ 67. Блок дифференциальных реле	286
§ 68. Устройство контроля рода тока	289
§ 69. Указатель позиций	290
§ 70. Электроизмерительные приборы	292
<b>Глава 11. Общие сведения об электрических схемах</b>	294
§ 71. Основные понятия	294
§ 72. Построение цепей высшего напряжения и силовых цепей	300
§ 73. Цепи управления	303
§ 74. Цепи освещения и сигнализации	308

<b>Глава 12. Цепи высшего напряжения и силовые цепи</b>	309
§ 75. Цепи высшего напряжения	309
§ 76. Силовые цепи электровоза ВЛ60 <sup>К</sup> при нормальных режимах	313
§ 77. Силовые цепи электровоза ВЛ60 <sup>К</sup> при аварийных и вспомогательных режимах	323
§ 78. Силовые цепи электровоза ВЛ80 <sup>К</sup>	325
§ 79. Силовые цепи электровоза ВЛ80 <sup>Т</sup>	328
§ 80. Силовые цепи электровоза ЧС4	333
§ 81. Силовые цепи электровоза ВЛ82 <sup>М</sup>	336
<b>Глава 13. Вспомогательные цепи</b>	345
§ 82. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ60 <sup>К</sup>	345
§ 83. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ80 <sup>К</sup>	348
§ 84. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ80 <sup>Т</sup>	350
§ 85. Вспомогательные цепи электровоза ЧС4	353
§ 86. Вспомогательные цепи электровоза ВЛ82 <sup>М</sup>	356
<b>Глава 14. Защита силовых и вспомогательных цепей</b>	360
§ 87. Защита силовой цепи электровозов ВЛ60 <sup>К</sup> , ВЛ80 <sup>К</sup> и ВЛ80 <sup>Т</sup>	360
§ 88. Защита вспомогательных цепей электровозов ВЛ60 <sup>К</sup> , ВЛ80 <sup>К</sup> и ВЛ80 <sup>Т</sup>	372
§ 89. Защита силовых и вспомогательных цепей электровоза ЧС4	374
§ 90. Защита силовых и вспомогательных цепей электровоза ВЛ82 <sup>М</sup>	380
<b>Глава 15. Управление цепями высшего напряжения и вспомогательными цепями</b>	383
§ 91. Управление цепью высшего напряжения электровоза ВЛ60 <sup>К</sup>	383
§ 92. Управление цепью высшего напряжения электровозов ВЛ80 <sup>К</sup> и ВЛ80 <sup>Т</sup>	386
§ 93. Управление цепью высшего напряжения электровоза ЧС4	391
§ 94. Управление цепью высшего напряжения электровоза ВЛ82 <sup>М</sup>	396
§ 95. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ60 <sup>К</sup>	402
§ 96. Управление вспомогательными цепями электровозов ВЛ80 <sup>К</sup> и ВЛ80 <sup>Т</sup>	404
§ 97. Управление вспомогательными цепями электровоза ЧС4	409
§ 98. Управление вспомогательными цепями электровоза ВЛ82 <sup>М</sup>	412
<b>Глава 16. Управление силовыми цепями и цепи сигнализации</b>	416
§ 99. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ60 <sup>К</sup>	416
§ 100. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ80 <sup>К</sup>	424
§ 101. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ80 <sup>Т</sup>	433
§ 102. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ЧС4	442
§ 103. Управление силовой цепью и цепи сигнализации электровоза ВЛ82 <sup>М</sup>	450
<b>Глава 17. Расположение оборудования на электровозах</b>	456
§ 104. Общие требования	456
§ 105. Расположение оборудования на электровозах ВЛ60 <sup>К</sup> и ВЛ80 <sup>К</sup>	457

*Харитон Яковлевич Быстрицкий,  
Зиновий Моисеевич Дубровский,  
Борис Николаевич Ребрик*

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЭЛЕКТРОВЗОВ  
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Редактор *И. К. Петушкова*  
Обложка художника *А. А. Медведева*  
Технический редактор *Н. Д. Муравьева*  
Корректор *Р. А. Стоялова*

---

Сдано в набор 6/II 1973 г.

Подписано к печати 17/VIII 1973 г.

Бумага 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub> типографская № 2 Печ. листов 29  
Уч.-изд. листов 31,86 Тираж 20 000 экз. Т-12258  
Изд. № 1-1-3/5 № 6062 Зак. № 91 Цена 96 коп.

Изд-во «ТРАНСПОРТ», Москва, Басманный туп., 6а

---

Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете Совета Министров СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,  
Ленинград, 193144, ул. Моисеенко, 10

96 коп.

04  
8757