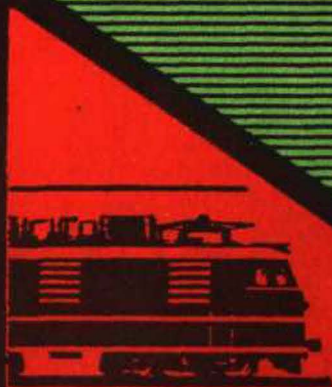


ОСОБЕННОСТИ  
УСТРОЙСТВА  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОВОЗА  
**ВЛ80<sup>Р</sup>**



Л.Д.Капустин • А.С.Коланев • А.Л.Лозановский

**Особенности устройства и эксплуатации электро-  
воза ВЛ80Р.** Капустин Л. Д., Копанев А. С.,  
Лозановский А. Л. М., «Транспорт», 1979. 175 с.

В книге приведены основные технические данные, тяговые и тормозные характеристики электровозов ВЛ80Р. Рассмотрены: структурные схемы в тяговом и рекуперативном режимах; оборудование высоковольтных и низковольтных цепей и расположение оборудования на электровозе; схемы силовых цепей и цепей управления; устройство и работа тиристорных преобразователей; электронная система управления преобразователем; система и аппаратура защиты от перенапряжений и коротких замыканий. Даны рекомендации по обслуживанию специального оборудования при эксплуатации электровоза ВЛ80Р.

Книга рассчитана на техников и инженерно-технических работников, связанных с эксплуатацией и ремонтом электровозов ВЛ80Р. Она также полезна локомотивным бригадам, учащимся техникумов и студентам институтов железнодорожного транспорта специальности «Электроподвижной состав».

Ил. 97, табл. 2, список лит. 6 назв.

В последние годы отечественная промышленность выпустила несколько партий грузовых восьмиосных электровозов ВЛ80<sup>Р</sup> переменного тока, оборудованных системой плавного бесконтактного регулирования скорости и тормозной силы при рекуперации и преобразователями на тиристорах.

По сравнению с ранее выпускаемыми электровозами ВЛ80<sup>К</sup> и ВЛ80<sup>Г</sup> электровозы ВЛ80<sup>Р</sup> имеют значительные отличия в схемах и оборудовании, что позволило обеспечить им существенные эксплуатационные преимущества: увеличенные пусковые тяговые и тормозные силы, возврат электрической энергии при рекуперации, удобства управления, повышение безопасности движения и др. Внедрение электровозов ВЛ80<sup>Р</sup> может повысить провозную и пропускную способность железных дорог, улучшить технико-экономические показатели работы.

Электровоз ВЛ80<sup>Р</sup> находится на уровне лучших зарубежных образцов, а по ряду показателей и превосходит их. В создании и отработке электровоза приняли участие большие коллективы рабочих, инженеров, техников, ученых, машинистов, ремонтников Новочеркасского электровозостроительного завода (НЭВЗ) и научно-исследовательского института ВЭЛНИИ, Саранского завода «Электровыпрямитель» и его научно-исследовательского института, Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ), Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ), Таллинского электротехнического завода, Северо-Кавказской и Восточно-Сибирской дорог и др.

В настоящее время в этих коллективах накоплен большой опыт проведения испытаний, наладки и эксплуатации специфического оборудования электровозов ВЛ80<sup>Р</sup>, который был обобщен и проанализирован авторами при написании этой книги. В книге изложены только основные особенности схем, оборудования, характеристик электровозов ВЛ80<sup>Р</sup>, даны рекомендации по оптимальным условиям управления и обслуживания, а также приведено сравнение электровоза ВЛ80<sup>Р</sup> с другими электровозами.

Авторы выражают глубокую благодарность рецензенту З. М. Дубровскому за ценные замечания, высказанные при просмотре рукописи.

Замечания и пожелания по книге будут приняты авторами с благодарностью. Просьба направлять их по адресу: Москва 107174, Басманный туп., 6а, изд-во «Транспорт».

# ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ80<sup>п</sup>

## 1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Электровоз ВЛ80<sup>п</sup> спроектирован на базе механической части, пневматического и некоторого электрического оборудования электровозов ВЛ80<sup>к</sup> и ВЛ80<sup>г</sup>, что обеспечило высокую степень унификации.

Электровоз имеет следующие технические данные:

Род тока . . . . .	переменный
Номинальное питающее напряжение . . . . .	25 кВ
Частота . . . . .	50 Гц
Формула ходовой части . . . . .	2 <sub>0</sub> —2 <sub>0</sub> —2 <sub>0</sub> —2 <sub>0</sub>
Колея . . . . .	1520 мм
Конструкционная скорость . . . . .	110 км/ч
Передаточное отношение . . . . .	88 : 21
Вес электровоза с <sup>2</sup> / <sub>3</sub> запаса песка . . . . .	192±4 тс
Нагрузка колесной пары на рельсы . . . . .	24 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,5</sub> тс
Высота оси автосцепки от головки рельса при новых бандажах . . . . .	1040—1080 мм
Диаметр колеса по кругу катания при новых бандажах . . . . .	1250 мм
Минимальный радиус кривых, проходимых при скорости 10 км/ч . . . . .	125 м
Система регулирования скорости . . . . .	тиристорная бесконтактная
Торможение рабочее . . . . .	рекуперативное
Торможение резервное и безопасности . . . . .	пневматическое
Мощность часового режима на валах тяговых двигателей . . . . .	6520 кВт
То же при продолжительном режиме на валах тяговых двигателей . . . . .	6160 кВт
Сила тяги в часовом режиме . . . . .	45,1 тс
То же при продолжительном режиме . . . . .	40,9 тс
» при скорости 110 км и 43%-ном ослаблении возбуждения . . . . .	14,0 тс
Скорость часового режима . . . . .	51,6 км/ч
То же продолжительного режима . . . . .	53,6 км/ч
Коэффициент полезного действия в продолжительном режиме в тяге . . . . .	0,84
Коэффициент мощности в продолжительном режиме в тяге . . . . .	0,84



Допустимые пределы изменения температуры воздуха вне кузова . . .	от -140 до -50°С
Работоспособность при напряжении 19—29 кВ	
Искажение формы напряжения сети	не регламентировано
Тяговый двигатель . . . . .	НБ418К6
Система вспомогательных машин .	асинхронный расщепитель фаз и асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором
Система управления электровозом .	косвенная, дистанционная
Система охлаждения оборудования	принудительная воздушная с пылевлагоотделением
Резервирование силового оборудования . . . . .	работа возможна с 0,75, 0,5 и 0,25 мощности
Резервирование аппаратуры управления . . . . .	100%
Резервирование тиристорных преобразователей . . . . .	работа возможна без ограничений при пробое одного тиристора в любом плече каждого из четырех преобразователей
Силовой преобразователь . . . . .	выпрямительно-инверторный на тиристорах
Выпрямитель возбуждения . . . . .	регулируемый на тиристорах
Введение в действие резервного оборудования в аварийных режимах .	дистанционное

Тяговые двигатели  $M1$  —  $M4$  секции электровоза питаются в тяговом режиме (рис. 1) попарно от двух тиристорных выпрямительно-инверторных преобразователей  $ВИП1$  и  $ВИП2$ . От силового трансформатора секции  $Tr1$  получают питание  $ВИП1$  и  $ВИП2$ . Плавное бесконтактное регулирование выпрямленного напряжения осуществляется силовыми тиристорами  $ВИП$ . Таким образом, груп-

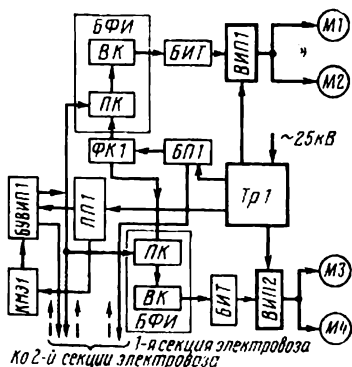


Рис. 1. Структурная схема секции электровоза ВЛ80<sup>в</sup> в тяговом режиме

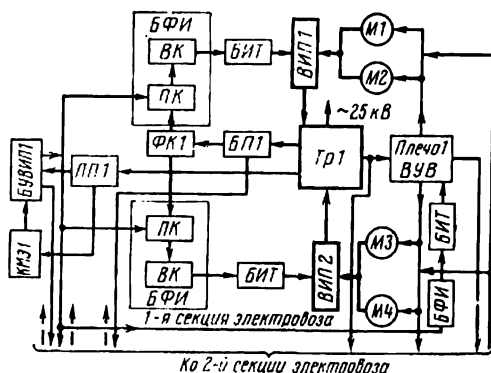


Рис. 2. Структурная схема секции электровоза ВЛ80<sup>в</sup> в рекуперативном режиме

новые контроллеры и переходные реакторы, предназначенные на ранее выпускавшихся электровозах для регулирования напряжения, на электровозах ВЛ180<sup>в</sup> отсутствуют. Импульсы управления силовыми тиристорами выдаются блоками формирования импульсов БФИ, которые состоят из блоков предварительного ПК и выходного ВК каскадов усиления, и посредством блоков импульсных трансформаторов БИТ трансформируются и подаются в цепи управляющих электродов тиристорov. БФИ и БИТ расположены в верхней части ВИП. БФИ двух ВИП каждой секции электровоза получают питание от своего блока питания БПИ через общий фильтровый конденсатор ФК1. В аварийном режиме работы БФИ ВПИ двух секций могут питаться от одного БП.

БФИ в свою очередь приводятся в действие импульсами управления, поступающими от одного из двух электронных блоков управления БУВИП1 (БУВИП2). Эти блоки формируют и распределяют импульсы управления по плечам тиристорных преобразователей в соответствии с алгоритмом управления. Каждый блок управления питается от своей панели питания ПП1 (ПП2), включенной через феррорезонансный стабилизатор на обмотку собственных нужд силового трансформатора. Режим работы электровоза задается машинистом с помощью одного из двух контроллеров машиниста (КМЭ1, КМЭ2) путем воздействия на блоки управления (БУ ВПИ1, БУВИП2).

В режиме электрического торможения (рис. 2) обмотки возбуждения всех тяговых двигателей, работающих генераторами, питаются от тиристорной выпрямительной установки возбуждения ВУВ, плечо 1 которой расположено в одной секции электровоза, плечо 2 — в другой. Импульсы управления на тиристоры ВУВ подаются от БФИ, размещенных на ВУВ. Управление БФИ осуществляется также от БУВИП.

В режиме электрического торможения ВИП работает как зависимый инвертор, преобразует и передает энергию, вырабатываемую тяговыми двигателями, в контактную сеть.

Система управления электровоза рассчитана на работу двух секций. Работа выпущенных электровозов по системе многих единиц не предусматривается.

Промышленностью выпущено несколько партий электровозов ВЛ180<sup>в</sup>, которые имеют некоторые отличия в схемах и оборудовании. Так, на первых трех опытных электровозах выпуска 1967—1969 гг. (№ 300, 621 и 622) были установлены силовые тиристоры ТЛ200 (ТЛ12-200) на ток 170—200А, собранные по 10-плечевой схеме. Рабочее напряжение каждого тиристора составляло 600—1000 В. На электровоз требовались 1040—1380 тиристорov для четырех ВИП и 24 тиристора на ВУВ. В системе управления этих электровозов была применена тиристорная схема БФИ, причем на каждый ВПИ требовались 14 усилителей. Для питания БФИ использовался свой блок питания на каждый ВИП. Блоки питания были подключены к расщеплению фаз и обмотке СИ трансформатора.

На партии электровозов изготовления 1973—1974 г. (№ 1500—1505) были применены таблеточные тиристоры Т2-320 с алюминиевыми литыми охладителями на ток 270—300 А с повторяющимся напряжением 1400—1500 В. В четырех ВИП электровоза смонтированы 616 тиристоров. На электровозах, кроме того, были установлены блоки питания увеличенной мощности, БФИ и БИТ измененных конструкций, усовершенствована аппаратура управления.

На электровозе ВЛ80Р-1506 (1974 г.) ВИП собраны на 440 таблеточных тиристорах Т500 с медными охладителями (предельный ток тиристора 470 А). Электровозы № 1507—1511 (1975 г.) имеют улучшенную схему БП и некоторые отличия в схемах БФИ и БИТ. ВИП собраны на тиристорах Т2-320 с охладителями из экструзионного алюминиевого профиля (ток тиристора 320 А).

С электровоза ВЛ80Р-1512 (1975 г.) и далее стали применять БФИ на транзисторах и БП постоянного тока (с использованием дополнительного ТРПШ). Каждый ВИП имеет восемь БФИ каскадного исполнения. По такой схеме переоборудованы выходные усилители электровоза ВЛ80Р-1503. В дальнейшем по такой схеме предполагается переоборудовать и ранее выпущенные электровозы.

С электровоза ВЛ80Р-1512 введены и другие усовершенствования — установлен новый, более удобный контроллер машиниста, улучшена схема управления и сигнализации, изменен монтаж. В аппаратуре управления находят все более широкое применение каскады на микроэлектронике.

Электровоз ВЛ80Р-1514 (1975 г.) оборудован системой противокомпаундирования и усовершенствованной системой синхронизации напряжения управления с напряжением сети. По этому образцу выпускаются последующие электровозы, а также будут переоборудованы и ранее выпущенные.

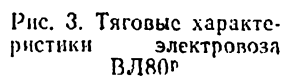
Между партиями электровозов имеется и ряд других отличий в схемах и оборудовании защиты, в функциях системы управления, в монтаже оборудования, в исполнении некоторых узлов и аппаратов и др.

В этой книге не рассмотрены подробно все варианты схем и оборудования, так как они имели ограниченное применение на части электровозов и в значительной мере в дальнейшем будут унифицированы. Описание схем и оборудования дано в основном для наиболее совершенного варианта электровозов последнего выпуска 1976 г. (с № 1522), на которых внедрены все усовершенствования оборудования по результатам испытаний, исследований и эксплуатации.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ80Р

Электровозы ВЛ80Р по сравнению с другими типами электровозов переменного тока обладают большими преимуществами, которые обусловлены более совершенными тягово-энергетическими,

Одним из основных преимуществ является плавное (бесступенчатое) регулирование выпрямленного напряжения во всем диапазоне скорости. Вследствие этого тяговые характеристики (рис. 3) занимают всю область скоростей вплоть до характеристики полного возбуждения. Машинист может выбрать любую из бесчисленных их множества и при этом ехать неограниченное время (все характеристики рассчитаны на продолжительную езду). Это позволяет, с одной стороны, при пуске реализовать большие токи тяговых двигателей, и, следовательно, повысить на 8–10% среднюю силу тяги, причем без превышения ограничений по сцеплению колес с рельсами. Пусковая диаграмма получается плавной, с максимальным приближением к границе по сцеплению. В то же время при ступенчатом регу-



лировании, например как на электровозах ВЛ180<sup>т</sup>, пусковая диаграмма имеет резкие броски токов и силы тяги при каждом переходе с позиции на позицию, что понижает среднюю силу тяги на половину броска при переходе (см. штриховую кривую на рис. 3). Кроме того, при ступенчатом регулировании имеется большая вероятность превышения предела по сцеплению и буксования.

Увеличенная пусковая сила тяги обеспечивает либо движение состава повышенного веса, либо более интенсивный разгон состава одинакового веса, что повышает среднюю техническую скорость или снижает расход энергии на тягу.

С другой стороны, плавное регулирование напряжения во время движения позволяет выбрать машинисту точное соответствие между скоростью и требующейся силой тяги, что легко обеспечивает поддержание постоянной скорости или ее изменение согласно поездной ситуации. При этом по сравнению с электровозами, имеющими ступенчатое регулирование и переходные ступени, не предназначенные для продолжительной езды, может быть достигнуто увеличение технической скорости или получена экономия электрической энергии на движение.

С учетом изложенного для электровозов, оборудованных системой плавного регулирования скорости, в Правилах тяговых расчетов предусмотрен увеличенный на 5% коэффициент сцепления во всем диапазоне скоростей, а не только в области разгона до выхода на автоматическую характеристику. Следует отметить, что это минимальное увеличение коэффициента сцепления с некоторым запасом, который может быть реализован при всех условиях сцепления. Фактически реализуемый коэффициент тяги, как показали отечественные и зарубежные исследования, при плавном регулировании может быть увеличен не менее чем на 8—10%.

Увеличенный фактический сцепной вес электровоза ВЛ180<sup>т</sup> в ряде случаев также позволяет повысить вес состава.

Бесконтактная, безынерционная электронная система управления электровоза дает в эксплуатации возможность удобного и быстрого изменения режимов движения. Так, переключение до полного напряжения, переход на выбег и повторный выход на последнюю ступень напряжения занимают не более 1—2 с. Это быстрое действие особенно необходимо, например, при срабатывании защиты на подъеме, когда опасна растяжка состава, с последующим вызовом резерва. Переходы из режима тяги в режим торможения и обратно занимают около 9 с.

Высокое быстроедействие системы управления электровоза ВЛ180<sup>т</sup> позволяет наиболее полно использовать «живую силу», т. е. инерцию поезда, особенно на участках с горным и перевалистым профилем, и за счет этого сократить расход электроэнергии на движение по сравнению с электровозами со ступенчатым регулированием скорости на 2—3%. Быстроедействию управления способствует конструкция контроллера машиниста со штурвалом, один оборот которого обеспечивает полное регулирование напряжения.

Тормозные характеристики (рис. 4) так же, как и тяговые, занимают всю область скоростей и обеспечивают интенсивное торможение составов установленного веса, как правило, без применения пневматических тормозов вагонов.

1 — ограничение по сцеплению ВЛ80Р; 2 — то же ВЛ80г; 3 — ограничение по тормозным резисторам ВЛ80г; 4 — ограничение по коммутации двигателей ВЛ80Р; 5 — автоматическое ограничение по коммутации ВЛ80г



надежность и простота управления. На высокой скорости в начале торможения происходит автоматический плавный вход в режим рекуперации, после чего машинист, плавно изменяя ток возбуждения, регулирует тормозную силу и либо поддерживает скорость, либо ее снижает, пользуясь одной тормозной рукояткой. В диапазоне средних скоростей движения и до остановки регулирование тормозной силы осуществляется главным штурвалом (при постоянном положении тормозной рукоятки контроллера) в течение одного оборота, как и в тяговом режиме.

Весь процесс торможения протекает плавно, без резких бросков тока и тормозной силы. При случайном срабатывании защиты восстановление режима электрического торможения занимает считанные секунды. Вследствие этих положительных качеств электрический тормоз на электровозе ВЛ80<sup>р</sup> удобно использовать и как дополнительный тормоз безопасности.

В процессе поддержания постоянной скорости на уклоне машинисту редко приходится прибегать к корректировке режима с помощью органов управления, поскольку тормозные характеристики имеют большую «жесткость», т. е. при изменении тормозной силы в широких пределах скорость автоматически поддерживается почти постоянной (см. рис. 4).

Большая жесткость рекуперативных характеристик обеспечивает возможность реализации значительно больших коэффициентов сцепления, чем при реостатном торможении (см. штрих-пунктир на рис. 4). Вследствие этого при рекуперации можно давать на 15—20% большие тормозные силы без опасения возникновения юза.

Кроме того, тормозные силы электровоза ВЛ80<sup>р</sup> в области больших и средних скоростей не имеют ограничений по мощности тормозных реостатов, как на электровозе ВЛ80<sup>т</sup>, а в области низких скоростей нет падения тормозных сил из-за истощения электрического тормоза. Благодаря этим преимуществам тормозные силы электровоза ВЛ80<sup>р</sup> значительно превышают тормозные силы электровоза ВЛ80<sup>т</sup> практически во всей области скоростей движения. Вследствие этого в подавляющем большинстве случаев при формировании состава без легковесных вагонов в голове торможение осуществляется без применения пневматического тормоза с поддержанием постоянной скорости в узких пределах (рис. 5). Поэтому на уклонах может поддерживаться более высокая средняя техническая скорость.

Кривые остановочного торможения (рис. 6) показывают, что с помощью электрического торможения можно достаточно эффективно затормаживать полновесные составы без применения пневматических тормозов.

При рекуперативном торможении электровоз ВЛ80<sup>р</sup> вырабатывает электрическую энергию, которая частично потребляется вспомогательными цепями самого рекуперирующего электровоза, частично используется другими электровозами и электропоездами, работающими в тяговом режиме, а частично может передаваться про-

Рис. 5. Экспериментальные кривые движения:  
 а — разгон; б — торможение (остановочное); в —  
 подтормаживание на уклоне

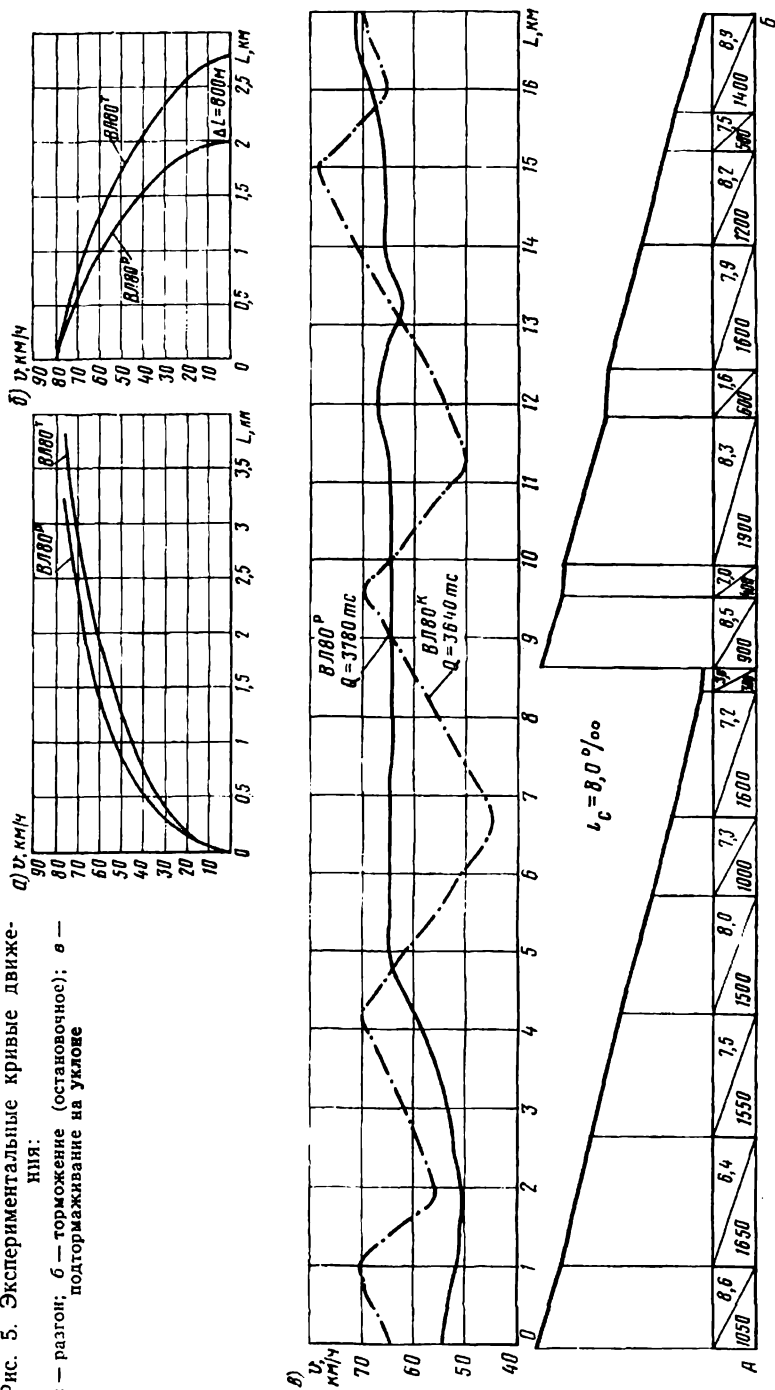
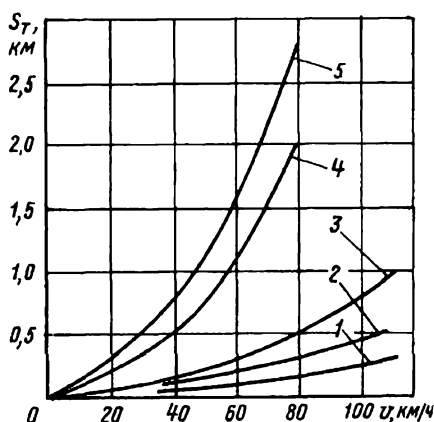


Рис. 6. Кривые остановочного торможения:

1 — рекуперативное торможение без времени подготовки; 2 — рекуперативное торможение одиночного электровоза ВЛ80Р; 3 — то же пневматическое торможение; 4 — рекуперативное торможение состава весом 3600 тс с электровозом ВЛ80Р; 5 — реостатное торможение того же состава в тех же условиях электровозом ВЛ80Р при включении пневматического тормоза состава при скорости 30 км/ч



мышленным и бытовым потребителям, если возникает избыточная энергия, которая не полностью используется тяговыми потребителями.

Чем чаще возникает необходимость тормозить состав, тем больше энергии можно вернуть при рекуперации. Поэтому электровозы с рекуперативным торможением наиболее эффективно эксплуатируются на участках, имеющих затяжные крутые уклоны, где возврат энергии может быть стабильным и достигать значительных величин. Так, например, на участках, имеющих уклоны 9—10‰ и общую протяженность 12—15% длины плеча, возврат электроэнергии в эксплуатации может достигать по показаниям счетчиков электровоза в среднем по двум направлениям 12—14%, а возврат по направлению основных уклонов — до 30% электрической энергии, расходуемой на тягу.

Общая экономия электрической энергии электровозом ВЛ80Р по сравнению с другими типами электровозов складывается из следующих составляющих:

меньшего расхода на тягу (при одинаковом весе состава и одинаковой скорости движения) за счет плавного регулирования напряжения;

возврата электрической энергии при рекуперации;

меньшего расхода энергии на вспомогательные цепи из-за снижения расхода сжатого воздуха на пневматическое торможение и питание вспомогательных цепей рекуперированной энергией во время торможения.

Потери электрической мощности в оборудовании электровоза ВЛ80Р в тяговом режиме практически не отличаются от потерь электровоза ВЛ80Г. Вследствие этого коэффициент полезного действия (к. п. д.) электровозов в режиме тяги (рис. 7, а) практически совпадает. К. п. д. в рекуперативном режиме (рис. 7, б) электровоза ВЛ80Р несколько ниже, чем в тяговом в основном за счет применения балластных резисторов, в которых теряется часть ре-

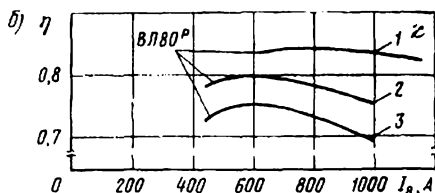
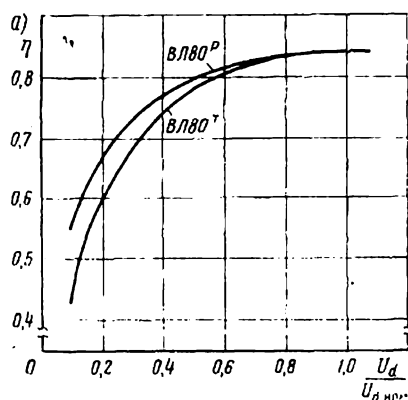


Рис. 7. Зависимости к. п. д. электро-  
возов ВЛ80<sup>P</sup> и ВЛ80<sup>T</sup> от выпрямлен-  
ного напряжения в тяговом режиме  
(а) и от тока (б):

1 — режим тяги; 2 — режим рекуперации  
без учета потерь в двигателе и зубчатой  
передаче; 3 — то же с учетом всех потерь

купируемой энергии (10—15%), однако выше, чем у электро-  
возов ВЛ60<sup>P</sup> (рис. 8).

Коэффициент мощности электровоза ВЛ80<sup>P</sup> в тяговом режиме  
в конце зон (рис. 9, а) на низких и средних скоростях движения  
выше, чем у электровозов ВЛ80<sup>T</sup>, а на высоких скоростях практи-  
чески совпадает с ним.

В рекуперативном режиме коэффициент мощности сильно зави-  
сит от угла запаса  $\delta$  (рис. 9, б), т. е. настройки системы управления:  
чем меньше угол запаса, тем выше значение коэффициента мощ-  
ности  $\kappa$ .

Система бесконтактного тиристорного регулирования и элект-  
ронная аппаратура позволяют поддерживать минимальный постоян-  
ный угол запаса 18—22° эл., что значительно меньше, чем на элект-  
ровозах ВЛ60<sup>P</sup> с игнитронными преобразователями (30—35° эл.).  
В связи с этим энергетические характеристики электровозов ВЛ80<sup>P</sup>  
существенно улучшены (рис. 9, в).

Из экспериментальных зависимостей, приведенных на рис. 10,  
следует, что при постоянном напряжении контактной сети 25 кВ и  
часовом токе тяговых двигателей 880 А значения активного тока  
(прямая 1) практически совпадают. Значения полного тока элект-  
ровоза ВЛ80<sup>P</sup> (кривая 3) и электровоза ВЛ80<sup>T</sup> (кривая 2) отлича-  
ются незначительно. Максимальное превышение первого над вторым  
в ограниченной области напряжений достигает всего 6—7%, т. е.

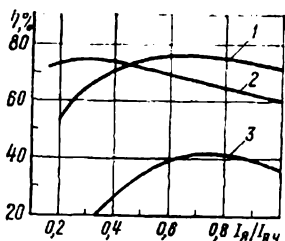


Рис. 8. Зависимости  $\eta(I_A/I_{A \text{ час}})$  в режиме реку-  
перации:

1 — ВЛ80<sup>P</sup> на 3-й зоне при балластном резисторе  
0,145 Ом; 2 — ВЛ60<sup>P</sup> на 25-й позиции при балластном ре-  
зисторе 0,52 Ом; 3 — ВЛ80<sup>P</sup> на 1-й зоне

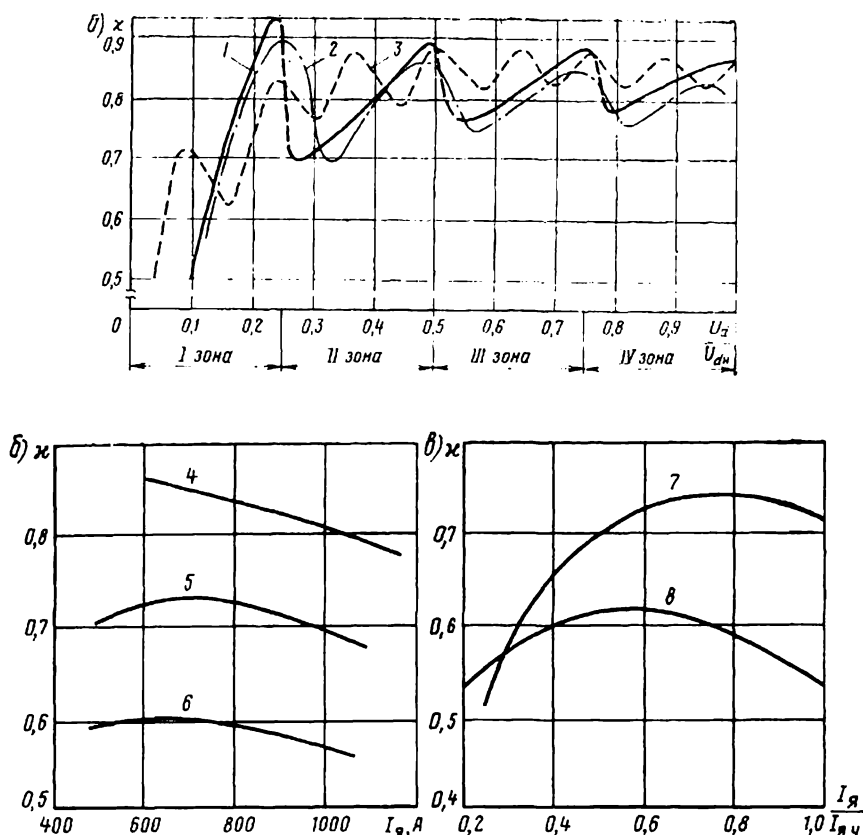


Рис. 9. Зависимости коэффициента мощности от выпрямленного напряжения в тяговом режиме (а) и от тока (б и в):

1 — ВЛ80<sup>р</sup>; 2 — ВЛ60<sup>к\*</sup>; 3 — ВЛ80<sup>г</sup>; 4 — режим тяги; 5 — режим рекуперации при  $\delta=18^\circ$ ; 6 — то же при  $\delta=30^\circ$  эл.; 7 — ВЛ80<sup>р</sup>, 3-я зона; 8 — ВЛ60<sup>р</sup>, 25-я позиция

в режиме тяги дополнительная нагрузка сети при 4-зонном регулировании незначительна.

В режиме рекуперации полный первичный ток электровоза ВЛ80<sup>р</sup> (кривая 5) не превышает тока электровоза ВЛ80<sup>г</sup> в тяговом режиме (см. кривую 2). Этому способствует то, что часть рекуперированной энергии на электровозе ВЛ80<sup>р</sup> идет на питание вспомогательных цепей. В связи с этим уменьшается активный ток (прямая 4), отдаваемый в первичную сеть и несмотря на некоторое увеличение реактивного тока, полный ток не превышает значений полного тока в тяговом режиме.

Благодаря применению высокоэффективного рекуперативного и противотокового торможения электровоз ВЛ80<sup>р</sup> позволяет уменьшить износ тормозных колодок вагонов в 8—10 раз по сравнению с электровозом ВЛ80<sup>к\*</sup>, а на горных участках при полновесных соста-

вах -- в 2—3 раза по сравнению с электровозом ВЛ80<sup>т</sup>. Кроме того, уменьшается износ устройств пневматического торможения, повышается надежность торможения и безопасность движения, особенно в зимних условиях. Полностью исключаются завары тормозных баншиков и простои, вызванные необходимостью их замены в пути следования.

Отсутствие силовых контактов при регулировании скорости, а также большинства контактов в цепях управления повысили надежность работы оборудования электровоза ВЛ80<sup>р</sup> в эксплуатации. Запыление и загрязнение контактов (особенно во время пыльных бурь на Северо-Кавказской дороге), а также их оледенение не вызывают на электровозах ВЛ80<sup>р</sup> в отличие от других типов электровозов отказов и сбоев работы оборудования.

Отсутствие большинства контактов, трущихся и изнашиваемых деталей облегчает обслуживание и ремонт оборудования: при быстрой и правильной диагностике вышедших из строя элементов электронного оборудования ремонт заключается в смене поврежденного элемента или узла (за исключением восстановления обрывов проводов или нарушения паек монтажа внешнего).

Большинство новых электронных узлов силового и низковольтного оборудования электровоза ВЛ80<sup>р</sup> при качественном изготовлении не нуждается в периодическом обслуживании и может работать длительное время без захода электровоза в депо.

Наиболее ответственные узлы оборудования резервированы и надежно защищены от повреждений при возникновении сбоев или отказов в работе. Благодаря совершенным быстродействующим аппаратам защиты и правильно выбранным параметрам оборудования даже наиболее тяжелые случаи коротких замыканий и «опрокидываний» инверторов во время рекуперации не приводят, как показали проведенные испытания, к повреждениям силовых тиристорov, тяговых двигателей и другого оборудования.

Многолетняя эксплуатация электровозов ВЛ80<sup>р</sup> различных модификаций на Северо-Кавказ-

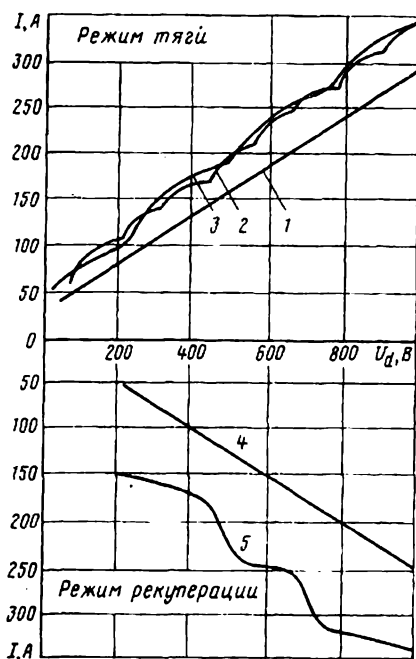
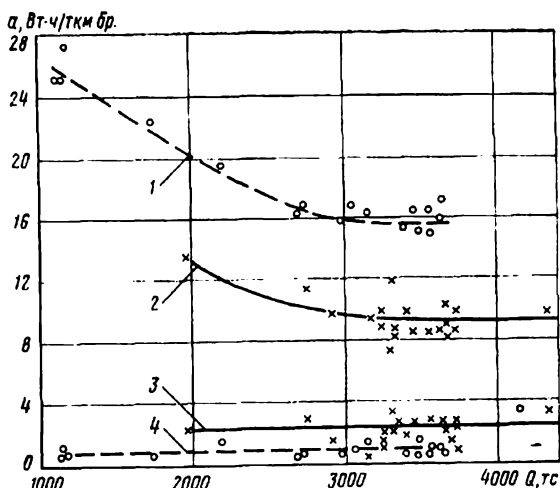


Рис. 10. Зависимости первичного тока электровозов ВЛ80<sup>р</sup> и ВЛ80<sup>т</sup> от среднего выпрямленного напряжения на тяговых двигателях



Рис. 11. Зависимость удельного расхода и возврата электроэнергии электровозами ВЛ80<sup>р</sup> от среднего веса грузовых поездов:

1 и 4 — соответственно расход и возврат в направлении преимущественных подъемов (Батайск—Лихая); 2 — расход в обратном направлении; 3 — возврат на преимущественных уклонах



ской, Донецкой, Юго-Восточной и Восточно-Сибирской дорогах, неоднократные их испытания позволили вскрыть и устранить дефекты нового оборудования, усовершенствовать схемы, приобрести опыт их обслуживания и ремонта, создать необходимое вспомогательное оборудование депо.

Локомотивные бригады быстро осваивают управление электровозами ВЛ80<sup>р</sup> и обслуживание их. Опыт многолетней эксплуатации крупных партий этих электровозов на Северо-Кавказской и Восточно-Сибирской дорогах показал, что они способны обеспечить надежную перевозку составов с высокими технико-экономическими показателями по расходу электрической энергии. Из зависимостей рис. 11, построенных по результатам статистической обработки показаний электровозных счетчиков, видно, что возврат энергии сильно зависит от профиля пути, участка обращения и веса состава. На рассматриваемом участке возврат достигал от 4% для порожних составов и легкого профиля (преимущественные подъемы) до 25% для тяжелых составов на уклонах до 10‰ (II тип профиля).

При сравнении расходов электроэнергии различных электровозов следует учесть, что счетчики СО-И442, установленные на электровозах ВЛ80<sup>р</sup>, завышают расход на тягу по сравнению с фактическим в среднем на 8,7%, в то время как на электровозах ВЛ80<sup>т</sup> счетчики завышают показания только на 6,5%. Таким образом, за счет различных характеристик силовых трансформаторов, фазовых искажений и включения счетчиков на обмотки 220 В образуется мнимая разность расходов электроэнергии в тяговом режиме около 2%.

В настоящее время электровоз ВЛ80<sup>р</sup> является самым совершенным отечественным локомотивом, однако он имеет более сложное устройство по сравнению с другими электровозами, и чтобы его правильно и высокоэффективно эксплуатировать, необходимо знать его особенности уметь использовать все преимущества.

## СХЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ СИЛОВЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА

### 3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Принципиальным отличием электровоза ВЛ80<sup>р</sup> является способ регулирования выпрямленного напряжения с помощью бесконтактного тиристорного выпрямительно-инверторного преобразователя [1,2].

Схема ВИП содержит 8 тиристорных плеч 1—8 (рис. 12, а), каждое из которых получает импульсы управления от своего БФИ и БИТ. Плечи ВИП присоединены к четырем выводам вторичной обмотки силового трансформатора, которая разделена на три части — две одинаковые секции по 307,5 В и одна 615 В.

Рассмотрим порядок работы плеч ВИП в процессе управления электровозом. С целью повышения коэффициента мощности, а также для снижения отрицательного влияния на линии связи предусмотрено 4-зонное регулирование выпрямленного напряжения как в режиме выпрямления (тяга), так и в режиме инвертирования (торможение). Переходы с одной зоны на другую происходят автоматически мгновенно (за сотые доли секунды), поэтому обеспечивается плавность регулирования во всем диапазоне изменения напряжения.

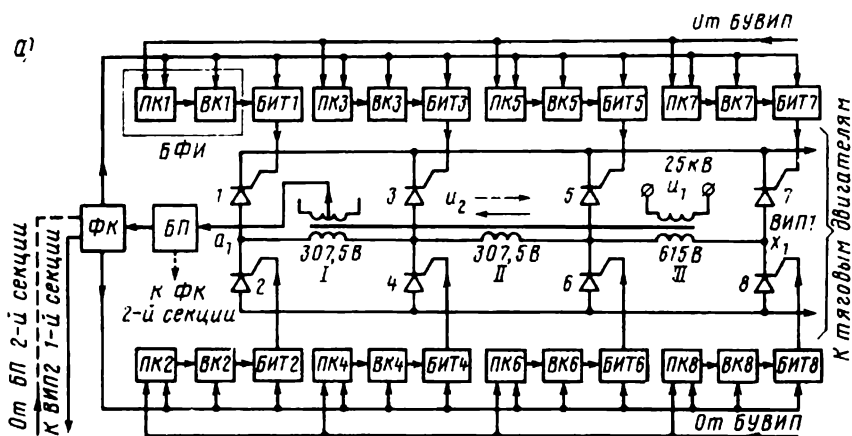
Пуск электровоза начинается с I зоны. Регулирование выпрямленного напряжения осуществляется следующим образом. Каждый полупериод напряжения питающей сети при частоте 50 Гц длится 0,01 с и равен 180° эл. Импульсы управления, отпирающие силовые тиристоры, имеют ширину, или протяженность во времени, 13—18° эл. и амплитуду тока около 1 А. Чтобы по цепи тяговых двигателей начал протекать выпрямленный ток, необходимо определенное время держать открытыми сразу оба плеча. Для этого в один из полупериодов питающего напряжения импульсы управления подаются на 4-е плечо в момент  $\alpha_{\text{рег}}$ , а на 5-е — и в момент  $\alpha_0$ , и в момент  $\alpha_{\text{рег}}$  (рис. 12, б).

В следующий полупериод питающего напряжения импульсы управления подаются на тиристоры 3-го и 6-го плеч ВИП. На 3-е плечо импульсы подаются в момент, определяемый углом  $\alpha_0 = 7 \div 8^\circ$  эл. (рис. 13, а), что соответствует открытому состоянию тиристоров в течение всего полупериода напряжения. В процессе регулирования этот угол остается почти постоянным. На 6-е плечо импульсы управления подаются в момент, определяемый регулируемым

машинистом углом  $\alpha_{\text{рег}}$ , который на каждой зоне может изменяться в пределах от  $170$  до  $10-15^\circ$  эл. Минимальное выпрямленное напряжение соответствует максимальному углу регулирования.

Затем импульсы управления снова подаются на 4-е и 5-е плечи, а в следующий полупериод — на 3-е и 6-е и далее такое чередование продолжается с частотой сети. Вращая главный штурвал контроллера машиниста, машинист постепенно уменьшает угол  $\alpha_{\text{рег}}$ . При известном угле  $\alpha_{\text{рег}}$  по цепи тяговых двигателей начинает протекать выпрямленный ток, определяемый выпрямленным напряжением.

Для улучшения энергетических показателей на I зоне принят такой порядок (алгоритм) подачи импульсов управления, чтобы поочередно в каждый полупериод питающего напряжения был бы образован на время запертого состояния регулируемого плеча так называемый «нулевой контур» протекания тока через открытые 3-е и 4-е или 5-е и 6-е плечи.



а)

Таблица работы плеч ВИП	Режим	Зона	$u_2$ $u_1, x_1$	Номер плеча ВИП	1	2	3	4	5	6	7	8
Тага	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Регулирование	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→</	

- Тиристоры регулируются по фазе;
- тиристоры открыты;
- тиристоры закрыты

Рис. 12. Структурная схема ВИП (а) и таблица управления тиристорами плеч ВИП (б)

Изменяя угол регулирования от максимального значения до минимального, на I зоне регулирования выпрямленное напряжение плавно увеличивается от 0 до  $\frac{1}{4}$  полного значения. При увеличении тока нагрузки выпрямленное напряжение несколько снижается, что определяется внешними характеристиками выпрямителя (рис. 14, а).

На II зоне регулирования выпрямленное напряжение плавно повышается от  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{2}$  полного значения путем открытия на весь полупериод тиристоров плеч 3, 4, 5, 6 и изменения фазы подачи импульсов управления на тиристоры 1-го и 2-го плеч.

Каждый полупериод в момент коммутации тока (переключения тока с одних плеч на другие) возникает кратковременное короткое замыкание вторичной обмотки силового трансформатора на время  $\gamma$  (угол коммутации). В этот отрезок времени выпрямленное напряжение близко к нулю.

По окончании регулирования на II зоне и продолжении движения главного штурвала контроллера машиниста происходит автоматический мгновенный перевод нагрузки с двух малых секций силового трансформатора на одну большую с соответствующим переключением импульсов управления с плеч 1, 2, 5, 6 на плечи 5, 6, 7, 8 (см. рис. 12). После этого путем регулирования момента открытия тиристоров плеч 3 и 4 выпрямленное напряжение повышается от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{3}{4}$ , а на IV зоне после полного открытия тиристоров 3-го и 4-го плеч и регулирования открытия плеч 1 и 2 выпрямленное напряжение увеличивается от  $\frac{3}{4}$  до полного значения (см. рис. 13, а).

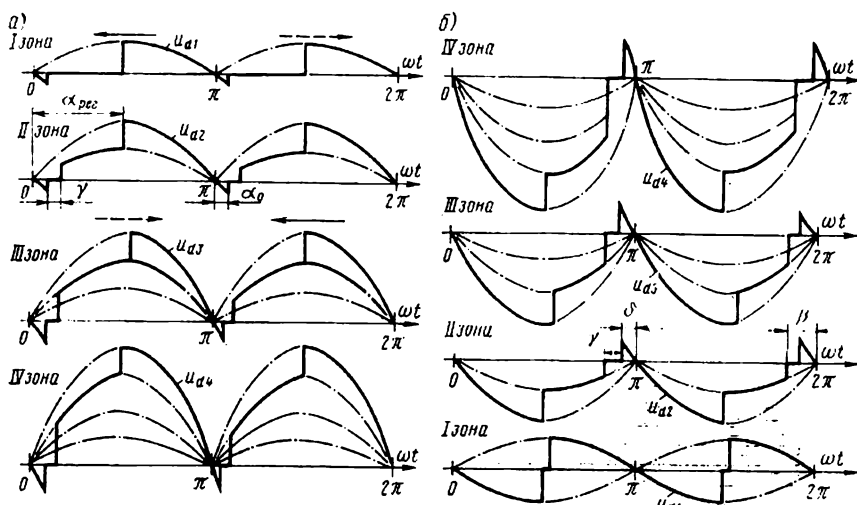


Рис. 13. Регулирование выпрямленного напряжения в тяговом (а) и тормозном (б) режимах

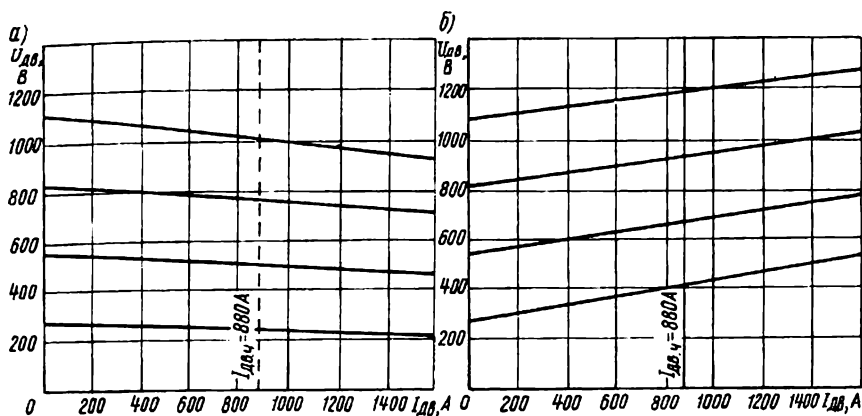


Рис. 14. Внешние характеристики:  
а — режим выпрямления; б — режим инвертирования

При необходимости снижения выпрямленного напряжения штурвал контроллера машиниста вращают в обратную сторону, при этом углы регулирования постепенно увеличиваются и происходит обратное переключение зон с высших на низшие, причем порядок открытия тиристорных плеч сохраняется в соответствии с рис. 12, б.

Схема и оборудование позволяют машинисту, когда это необходимо, производить набор всех четырех зон (например, при повторном наборе) или сброс так быстро, как он может повернуть штурвал контроллера (примерно в течение 1 с).

На любой зоне машинист для регулирования скорости имеет возможность применить три ступени ослабления возбуждения тяговых двигателей.

При электрическом торможении ВИП работает как инвертор, причем порядок управления тиристорами изменяется (см. рис. 12, б). Для того чтобы ток от тяговых двигателей, работающих генераторами, протекал в контактную сеть, необходимо импульсы управления подавать на тиристоры с некоторым углом опережения  $\beta$  в каждый полупериод напряжения сети. Значение этого угла изменяется аппаратурой управления автоматически так, чтобы угол запаса инвертора  $\delta$  сохранялся примерно постоянным и равным около  $20^\circ$  эл. Этим поддерживается высокий коэффициент мощности.

Э. д. с. инвертора, а следовательно, и тормозной ток изменяются плавно на всех четырех зонах регулирования путем подачи импульсов управления на тиристоры плеч ВИП в соответствии с диаграммой управления (см. рис. 12). При этом на II—IV зонах происходит рекуперативное торможение (см. рис. 13, б), а на I зоне — плавный переход в режим торможения противовключением тяговых двигателей.

Внешние характеристики инвертора (рис. 14, б) показывают, что при изменении нагрузки на любой зоне изменяется и напряжение.

На каждой зоне в режиме торможения тормозной ток может меняться не только изменением э. д. с. ВИП, но также и регулированием тока возбуждения. Последний задается машинистом с помощью плавного изменения положения тормозной рукоятки контроллера машиниста. При этом импульсы управления поочередно подаются на тиристоры двух плеч выпрямительной установки возбуждения (ВУВ). Чем больше угол открытия тириستоров ВУВ, тем выше выпрямленное напряжение на обмотках возбуждения и больше ток возбуждения. С увеличением тока возбуждения растет тормозная сила электровоза.

Регулирование ВИП и ВУВ машинист может осуществлять независимо друг от друга, так как органы управления ими различны. Для облегчения работы машиниста и повышения устойчивости процесса электрического торможения на электровозе ВЛ80<sup>р</sup> предусмотрено не только ручное регулирование ВИП и ВУВ, но также и их автоматическое регулирование с помощью специальной системы противокомпаундирования (начиная с электровоза № 1514). Эта система в зависимости от тормозного тока и скорости его изменения выполняет постоянное автоматическое регулирование углов открытия тиристоров ВИП и ВУВ таким образом, чтобы избежать резких бросков тормозного тока. Это значительно упрощает для машиниста процесс входа в рекуперацию, так как ему нет необходимости следить за быстроизменяющимися значениями токов якоря и возбуждения и регулировать их во избежание возникновения опасных резких толчков тормозных сил. Система сама осуществляет плавный вход в рекуперацию независимо от скорости движения тормозной рукоятки машинистом, а также обеспечивает смягчение всех резких колебаний тормозных токов (например, из-за бросков и провалов напряжения сети).

Система противокомпаундирования обладает большим быстрым действием, что позволяет ей предупреждать «опрокидывания» инвертора и срывы рекуперативного торможения. Принцип ее работы заключается в том, чтобы при резком увеличении или быстром росте тормозного тока мгновенно изменить углы открытия тиристоров ВИП и ВУВ так, чтобы уменьшить тормозной ток и поддержать его постоянным. Вследствие этого ручное регулирование тормозных токов машинистом также имеет некоторую инерционность, т. е. изменение тока возбуждения и тока якоря происходит не синхронно с движением тормозной рукоятки и главного штурвала контроллера машиниста, а с некоторым запаздыванием, определяемым работой автоматической системы противокомпаундирования.

В эксплуатационных условиях процессы регулирования выпрямленного напряжения несколько отличаются от описанных выше идеальных условий. Эти отличия определяются прежде всего тем, что система электроснабжения имеет ограниченную мощность. При этом тяговая нагрузка искажает форму напряжения контактной сети и тем больше, чем слабее система и больше нагрузка.



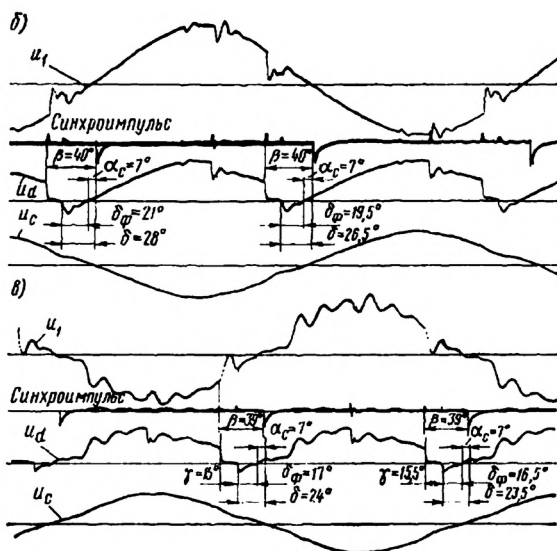
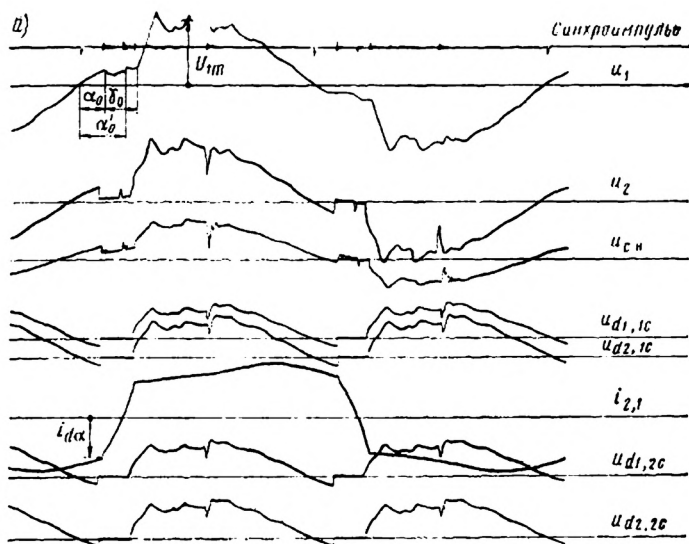


Рис. 15. Эксплуатационные режимы регулирования напряжений и токов:

а — тяга, IV зона; б и в — рекуперация соответственно при малонапряженной и сильноискаженной форме напряжения сети

Особенно тяжелые режимы электроснабжения со значительными падениями напряжения возникают при одностороннем питании участка большой протяженности, на котором имеется интенсивное движение поездов.

Из осциллограммы рис. 15, а видно, что кривая первичного напряжения  $u_1$  существенно отличается от синусоиды, причем наибольшие провалы наблюдаются в моменты коммутации токов в силовых трансформаторах электровозов. Соответственно искажены и формы выпрямленных напряжений  $u_{d1}$ ,  $u_{d2}$ , которые определяются формой вторичного напряжения на силовом трансформаторе  $u_2$ . Здесь же показаны форма вторичного тока  $i_2$ , а также синхроимпульсы, которые синхронизируют работу аппаратуры управления с напряжением сети.

В рекуперативном режиме (рис. 15, б) наибольшие искажения наблюдаются в моменты инверторной коммутации тока, а также при коммутации фазового регулирования. При «слабой» контактной сети, а также при работе на этом же участке электровозов в тяговом режиме наступают еще большие искажения (рис. 15, в). В напряжении контактной сети появляются как тяговые, так и рекуперативные искажения, а также колебания с повышенными частотами (до нескольких килогерц). Такие режимы опасны сбоями синхроимпульсов и, следовательно, ошибками в моментах отпирания тиристоров. Во избежание этого в системе управления предусмотрен датчик питания системы управления, на котором напряжение  $u_c$  остается практически синусоидальным даже при очень сильных искажениях формы первичного напряжения.

В системе электроснабжения для предупреждения таких режимов и повышения энергетических качеств целесообразно устанавливать специальные устройства сглаживания, особенно в местах, где постоянно наблюдаются резкие искажения формы напряжения.

#### 4. СХЕМА СИЛОВЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ

В соответствии с рассмотренными принципами регулирования выпрямленного напряжения и особенностями построения структурной схемы электровоза (см. рис. 1 и 2) выполнена схема силовых и вспомогательных цепей (рис. 16)\*.

Электрические цепи высокого напряжения 25 кВ, цепи вспомогательных машин, освещения, отопления, питания электровозных цепей управления мало отличаются от аналогичных цепей электровозов ВЛ80\* [4] и поэтому здесь не описаны. Не имеют также отличия цепи реверсирования и ослабления возбуждения тяговых двигателей.

Тяговый трансформатор 3 имеет две силовые одинаковые вторичные обмотки  $a1 - x1$  и  $a2 - x2$ , секционированные каждая на три

\* Рисунок приведен в конце книги на вклейке.

части для осуществления 4-зонного регулирования. Кроме того, он имеет обычную обмотку вспомогательных цепей  $a3 - x3$  (с промежуточными выводами  $a4, a5$ ) и дополнительную вторичную обмотку  $a6 - x4$  со средней точкой  $a7$  для питания цепей возбуждителя ВУВ (от трансформатора только 1-й секции электровоза, на 2-й секции эта обмотка остается холостой).

Для снятия опасных перенапряжений на вторичных силовых обмотках установлены конденсаторы 21—28, емкостно-омические цепочки 7 — R7, 8 — R8, 37 — R11, 38 — R12, 39 — R13, 40 — R14 и полупроводниковые ограничители напряжения 13, 14. На вспомогательной обмотке с этой же целью установлен конденсатор 9.

К силовым вторичным обмоткам тягового трансформатора подключены ВИПы: к  $a1 - x1 - 61$ , к  $a2 - x2 - 62$ . Любой ВИП может быть независимо от других отключен дистанционно из коридора кузова от всех выводов трансформатора с помощью двухпозиционных переключателей 81 или 82.

На полное напряжение вторичных обмоток подключены трансформаторы 11 и 12, подающие пониженное напряжение, синхронизированное с напряжением сети, к панелям питания системы управления и синхронизации. В шинах выводов больших секций вторичных обмоток установлены датчики углов коммутации системы автоматического поддержания постоянных углов запаса 29—36.

В целях упрощения изображения и чтения схемы силовых цепей на ней полностью изображены только цепи 1-й секции электровоза и отличающиеся цепи 2-й секции, причем тиристорные преобразователи ВИП и ВУВ показаны блоками, т. е. условно, так как в главе IV они рассматриваются подробно.

Для снижения пульсаций выпрямленного тока в цепь каждой пары тяговых двигателей включен сглаживающий реактор 55 (56). Цепи якорей двигателей защищаются быстродействующими автоматическими выключателями 51—54.

Включение тягового или тормозного режима осуществляется двухпозиционным тормозным переключателем 49 (50). В тяговом режиме собираются как обычно цепи питания тяговых двигателей последовательного возбуждения.

В тормозном режиме все восемь обмоток тяговых двигателей соединяются последовательно и получают питание от тиристорного преобразователя ВУВ 60, собранного по схеме выпрямления с выводом средней точки.

Для обеспечения большей устойчивости рекуперативного торможения, а также для улучшения распределения тока между двумя параллельно включенными якорями двигателей в цепь каждого из них включен балластный резистор R5. В эти же цепи включены и токовые датчики системы противокомпаундирования ДТ1—ДТ4. Между цепями якорей каждой пары двигателей постоянно подключены цепи реле буксования 43, 44, а в рекуперативном режиме — также цепи реле защиты от юза — 15 (16). Для защиты цепей воз-

будителя предусмотрены токовые реле *РТВ1*, *РТВ2* и контакторы 46, 47, а также реле заземления 83.

Вспомогательные цепи электровоза ВЛ80Р отличаются установкой дополнительного мотор-вентилятора *МВ5*, который охлаждает ВУВ и балластные резисторы в тормозном режиме, цепями питания блоков и панелей системы управления тиристорными преобразователями ВИП и ВУВ, которые рассматриваются ниже.

Контрольно-измерительные приборы электровоза дополнены вторым счетчиком электрической энергии 383, учитывающим возврат энергии при рекуперации.

Как и на других типах электровозов, в схеме предусмотрена возможность питания тяговых двигателей через рубильники 19 (20) от низкого напряжения (розетка 106) сети депо. Любой тяговый двигатель может быть отключен независимо от других двигателей с помощью отключателей *ОД1 — ОД4*. На случай заземления силовой цепи на электровозе имеется земляная защита, состоящая из трансформатора 77, дросселя 78, резисторов *R27*, *R28*, выпрямителя 86 и реле заземления 88.

Рассмотрим порядок прохождения тока по цепям и состояние оборудования в различных режимах работы электровоза.

На стоянке или на выбеге, когда один из токоприемников поднят, ГВ и быстродействующие автоматы включены, тормозные переключатели стоят в положении тягового режима, отключатели ВИП 81 и 82 включены, вспомогательные машины работают, небольшой ток протекает по первичной обмотке трансформатора и по вторичной обмотке *а3 — х3*, питаая вспомогательные цепи. На тиристоры не подаются импульсы управления и они находятся в запертом состоянии, однако ВИПы находятся под напряжением. При этом по их вспомогательным цепям защиты (шунтирующие цепочки и цепи защиты от пробоя) протекает очень малый ток. Потребляют незначительную мощность также цепи защиты от перенапряжений и системы управления. Счетчик расхода электроэнергии 384 учитывает потребление электроэнергии из сети (его контакт БП замкнут).

В тяговом режиме переменный ток протекает по вторичным обмоткам силового трансформатора *а1 — х1*, *а2 — х2* и обмотке собственных нужд *а3 — х3*. Тиристоры ВИП отпираются в порядке, описанном в параграфе 3. При этом, например, на I зоне в один из полупериодов питающего напряжения ток проходит по цепи: секция вторичной обмотки 2—1, замкнутый контакт отключателя ВИП 81, обмотка токового реле защиты *РТ1*, провод *В41*, тиристорное плечо 3 ВИП 61, провод *В63*, сглаживающий реактор 55, провод *В65*. Далее выпрямленный ток разветвляется на две параллельные цепи. Одна из них состоит из быстродействующего автоматического выключателя 51, провода *В71*, якоря *М1* тягового двигателя, провода *В73*, шунта амперметра 89, провода *В75*, контакта тормозного переключателя 49, контакта реверсора 63, провода *В99*, обмотки возбуждения *К — КК* двигателя, провода *В81*, кон-

такта реверсора 63, провода В83, отключателя двигателя ОД1, провода В85, контакта тормозного переключателя 49, а другая — из быстродействующего автомата 52, провода В101, якоря М2 тягового двигателя, провода В103, контакта тормозного переключателя 49, провода В107, контакта реверсора 63, провода В111, обмотки возбуждения КК — К, провода В109, контакта реверсора 63, провода В113, отключателя двигателя ОД2, провода В115, контакта тормозного переключателя 49. Далее обе параллельные цепи вновь объединяются и ток проходит по тиристорам плеча 6 ВВП 61. Во второй полупериод питающего напряжения, когда э. д. с. секции вторичной обмотки силового трансформатора направлена от 1-го ко 2-му выводу, ток протекает по контакту отключателя ВВП 81, проводу В35, токовому реле защиты РТЗ, проводу В43, тиристорам плеча 5 и далее по цепям, описанным выше, а затем возвращается во вторичную обмотку по тиристорам плеча 4. При работе на других зонах изменяются только цепи включения тириستоров плеч ВВП и соответствующих секций вторичной обмотки трансформатора.

Аналогично протекают токи и по цепям ВВП 62, который питает два других тяговых двигателя 1-й секции электровоза (М3 и М4). Здесь следует отметить, что для унификации изготовления и упрощения монтажа ВВП 61 и ВВП 62 их плечи обозначены одинаково, однако управляются различными каналами БУВВП: для ВВП 61 четные плечи управляются нечетными каналами, нечетные — четными. Таким образом, для ВВП 61 таблица работы тиристоров (см. рис. 14) будет справедлива, если поменять местами четные и нечетные плечи.

На 2-й секции электровоза токи протекают по таким же цепям 2-го силового трансформатора, который питает ВВПы 61 и 62, преобразующие переменный ток в постоянный для приведения во вращение тяговых двигателей М5 — М8.

В режиме электрического торможения образуется несколько независимых контуров, которые отличаются по направлению протекания токов в зависимости от того, какой вид торможения применяется — рекуперация (II—IV зоны торможения) или торможение противотоком (I зона).

Контур тока возбуждения при обоих видах торможения остается неизменным: в один полупериод питающего напряжения, когда э. д. с. вторичной обмотки х4 — а6 направлена от вывода а7 к выводу а6, ток возбуждения протекает по проводу В141, замкнутому контакту контактора 46, проводу В147, открытым тиристорам плеча ВУВ, расположенного на 2-й секции электровоза, замкнутому контакту тормозного переключателя 50, проводу В86, контакту отключателя двигателя ОД4, контактам реверсоров и обмоткам возбуждения четырех тяговых двигателей М5—М8 2-й секции, шунту амперметра тока возбуждения 92 на 2-й секции, контактору 47, проводу В149 и через межсекционное соединение снова на 1-ю секцию. Здесь ток возбуждения течет по обмоткам возбуждения четы-

рех тяговых двигателей  $M1 - M4$  (против направления тока, который протекал по обмоткам возбуждения в тяговом режиме), контактам тормозных переключателей 50 и 49 и контактам реверсоров 63 и 64, по шунту амперметра тока возбуждения 92 в 1-й секции, проводу  $B144$ , контакту контактора 47, проводу  $B143$ , обмотке защитного реле  $PTB2$ , проводу  $B142$  к выводу  $a7$  (средней точке обмотки).

В другой полупериод напряжения, когда э. д. с. направлена от вывода  $a7$  к выводу  $x4$ , ток возбуждения проходит по проводу  $B145$ , контакту контактора 46, проводу  $B146$ , обмотке защитного реле  $PTB1$ , проводу  $B147$ , тиристорам второго плеча ВУВ, расположенного на 1-й секции электровоза, проводу  $B148$  и по межсекционному соединению — на вторую секцию электровоза по цепи, описанной выше. Таким образом, выпрямленный с помощью ВУВ ток протекает по всем восьми обмоткам возбуждения тяговых двигателей. Регулирование тока возбуждения осуществляется бесконтактным способом — путем изменения момента открытия тиристоров ВУВ.

В режиме рекуперации тяговые двигатели, работающие как генераторы постоянного тока с независимым возбуждением, являются источниками электрической энергии. Ток, вырабатываемый каждым генератором, замыкается по своей электрической цепи. Так, например, цепь тока 1-го тягового двигателя замыкается следующим образом: якорь  $M1$ , провод  $B73$ , шунт амперметра 89, провод  $B75$ , контакт тормозного переключателя 49, провод  $B93$ , первичная обмотка датчика тока системы противокомпаундирования, балластный резистор  $R5$ , открытые тиристоры четного плеча (или плеч), вторичная обмотка силового трансформатора (число секций, обтекаемых током, зависит от зоны работы), тиристоры нечетного плеча (или плеч) в соответствии с рис. 14, б, провод  $B63$ , сглаживающий реактор 55, быстродействующий автомат защиты 51, провод  $B71$ , якорь  $M1$ . При этом тиристоры ВИП отпираются тогда, когда э. д. с. генератора направлена встречно напряжению контактной сети. Аналогично работают контуры и других тяговых двигателей.

В первичной обмотке  $AX$  силового трансформатора 3 при этом наводится э. д. с., под действием которой по внешней цепи потребления (электроподвижной состав в тяговом режиме, бытовые промышленные нагрузки) протекает ток. Однако во внешнюю цепь передается не вся энергия рекуперации, а только та ее часть, которая остается за вычетом энергии, расходуемой на вспомогательные цепи и цепи возбуждения. Счетчик рекуперированной энергии 383 учитывает только ту энергию, которая возвращается в контактную сеть и расходуется другими потребителями (за вычетом потерь энергии при передаче). Второй счетчик расхода электрической энергии в тяговом режиме при этом отключен (контакт  $БП$  счетчика 384 разомкнут).

В режиме торможения противотоком (1 зона, низкая скорость) тяговые двигатели работают как двигатели



с независимым возбуждением при обратном направлении протекания тока возбуждения. Контур якорей двигателей остается прежним, однако моменты открытия тиристорov выбираются так, чтобы ток протекал под действием э. д. с. контактной сети. Электрическая энергия в этом режиме потребляется из сети и счетчик рекуперированной энергии вращается в обратную сторону, снижая показания, которые были получены при рекуперации. Однако следует отметить, что энергия, приходящаяся на торможение противотоком, незначительна и составляет несколько процентов от энергии рекуперации.

Применение противотока при низком напряжении на коллекторах тяговых двигателей не представляет для них опасности, однако при высоком напряжении на коллекторах этот режим опасен и при его возникновении может возникнуть круговой огонь на коллекторах всех тяговых двигателей электровоза. Во избежание этого должно строго соблюдаться условие сбора цепей рекуперации, описанное в параграфе 17. Весь процесс электрического торможения протекает непрерывно, без переключений в электрических цепях. Тормозная сила регулируется в области высоких скоростей плавным изменением тока возбуждения, который контролируется машинистом по амперметру 99, а в области средних и низких скоростей — плавным изменением моментов открытия тиристорov ВИП. Тормозной ток машинист контролирует по двум амперметрам 93 и 94 в цепях якорей двигателей 1-й и 2-й секций электровоза. Кроме того, режим работы двигателей определяется по показанию вольтметра 80, подключенному на якорь М2. Зону работы машинист определяет по положению штурвала контроллера машиниста, а также по значению выпрямленного напряжения.

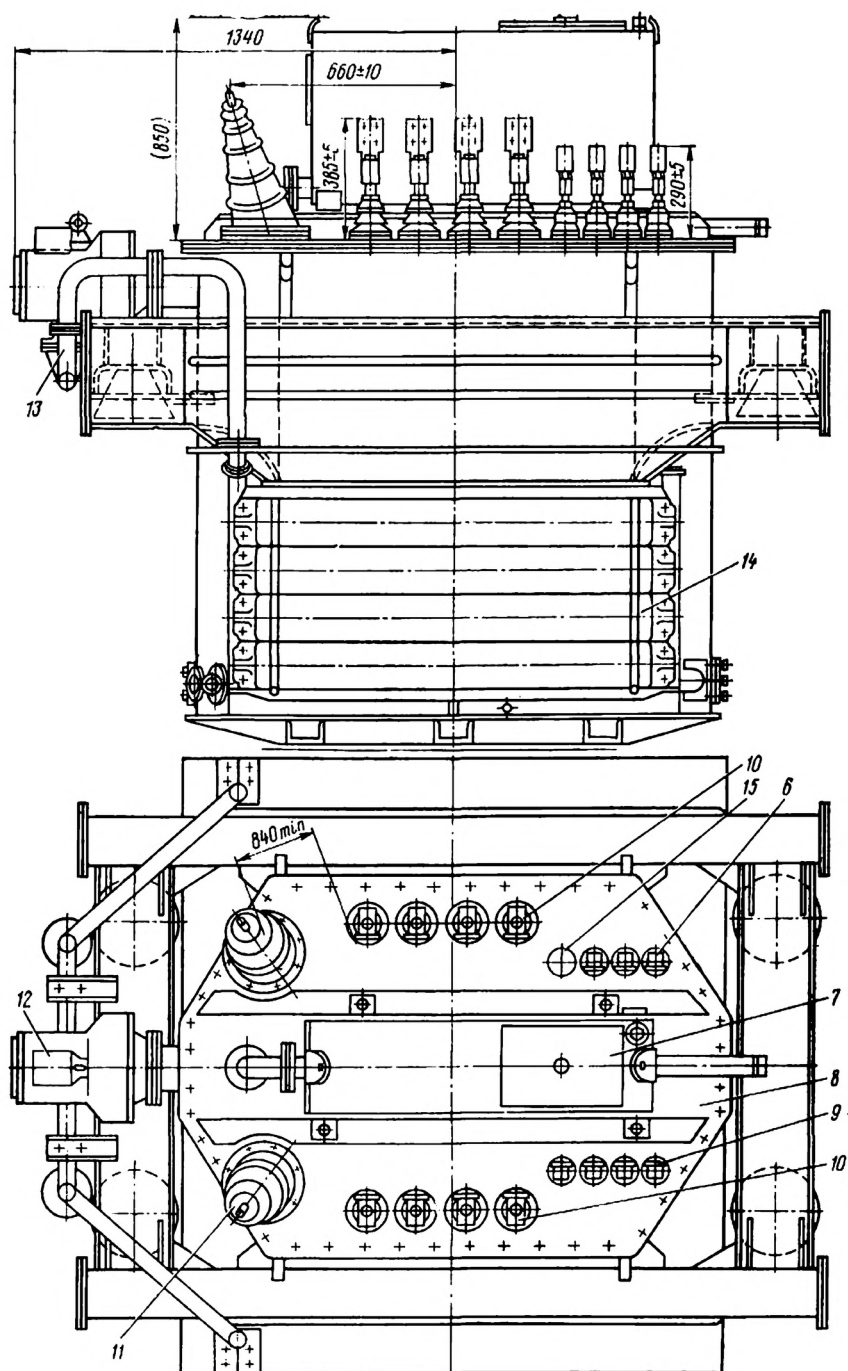
В случае неисправности одного из ВИП или выключения из работы одного из тяговых двигателей электрическое торможение схемой не предусматривается.

При выходе из строя одного расщепителя фаз схемой предусмотрено, как и на других типах электровозов, питание вспомогательных машин от расщепителя фаз другой секции.

## 5. СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

На электровозе ВЛ80<sup>р</sup> установлено как серийное оборудование, применяемое на других типах электровозов переменного тока (ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup>) [3,4], так и специфическое, разработанное специально для этого электровоза.

К первой группе относятся тяговые двигатели НБ418К6, главные выключатели ВОВ-25-4М, токоприемники Л-13У (ТЛ-13У или ТЛ-14М), асинхронный расщепитель фаз НБ-455А, индуктивный шунт ИШ-95, вспомогательные машины, компрессоры, зарядные агрегаты, некоторые реле и контакторы. Это оборудование здесь не рассматривается, поскольку описано в других книгах [1,2].



Ко второй группе относятся выпрямительно-инверторные тиристорные преобразователи, тиристорные выпрямительные установки возбуждения, тяговый трансформатор, аппараты защиты, балластные резисторы, блок питания системы формирования импульсов управления и др., которые рассматриваем ниже.

**Тяговый трансформатор ОДЦЭ-5000/25А.** Особенности тягового трансформатора электровоза ВЛ80Р (см. рис. 16) заключаются в том, что уменьшено число секций и выводов вторичных силовых обмоток, добавлена обмотка питания выпрямительной установки возбуждения, сами обмотки расположены таким образом, что в случае возникновения аварийного режима на одной из обмоток реактанс увеличивается и ток короткого замыкания (к. з.) ограничивается. В связи с этим изменена и конструкция трансформатора. В металлическом баке 2 (рис. 17), заполненном трансформаторным маслом, на остовах 5 размещены обмотки 4 с отводами 3. Сверху бак закрыт крышкой 8 с расширителем 7. На крышке смонтированы выводы: 11 — высоковольтные (25 кВ), 10 — вторичных тяговых обмоток, 9 — вспомогательных обмоток и 6 — обмоток ВУВ.

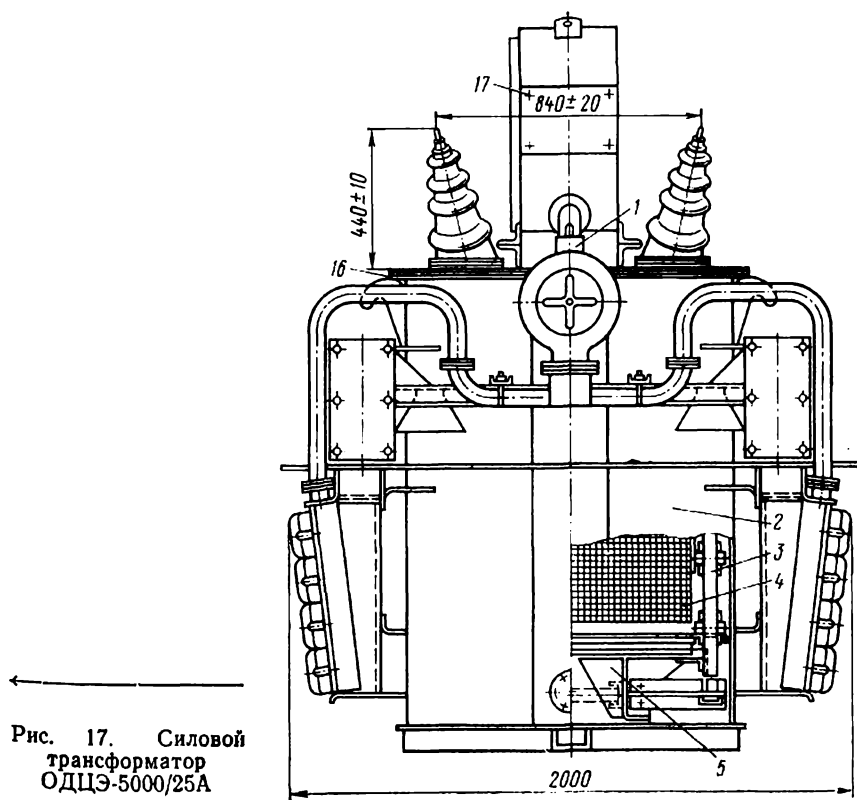


Рис. 17. Силовой трансформатор ОДЦЭ-5000/25А

Сбоку трансформатора установлены секции радиатора 14 охлаждающей системы с электронасосом 12 и патрубками 13. Для контроля работы трансформатора предусмотрены манометр 1 и термометр манометрический сигнализирующий 15. Прокладка 16 служит для герметизации бака. Все основные технические данные и схема соединений обмоток приведены на табличке 17.

Схему соединений обмоток трансформатора и обозначения всех выводов см. на рис. 16.

Основные технические данные трансформатора ОДЦЭ-5000/25А следующие:

Номинальная мощность сетевой обмотки . . . . .	4796 кВт·А
Номинальное напряжение » » . . . . .	25 кВ
Номинальное напряжение холостого хода тяговых обмоток . . . . .	1230 В
Номинальный выпрямленный ток каждой тяговой обмотки . . . . .	1750 А
Часовой ток тяговой обмотки . . . . .	1900 А
Напряжение питания цепей возбуждения . . . . .	180×2 В
Номинальный ток обмоток цепей возбуждения . . . . .	720 А
Мощность обмоток собственных нужд (вспомогательных цепей):	
номинальная . . . . .	218 кВт·А
при резервировании . . . . .	575 кВт·А
Напряжение холостого хода обмоток собственных нужд . . . . .	231/410/541 В
Номинальный ток обмоток собственных нужд . . . . .	520 А
То же при резервировании . . . . .	1400 А
Система охлаждения . . . . .	Масляная с принудительной циркуляцией и принудительным воздушным охлаждением радиаторов
Напряжение к. з. между сетевой и двумя тяговыми обмотками . . . . .	6,5—8,5%
Напряжение к. з. между сетевой и одной тяговой обмоткой . . . . .	14%
Суммарные потери . . . . .	76 кВт
Коэффициент полезного действия . . . . .	98%
Масса трансформатора . . . . .	8040 кг
В том числе:	
бак с арматурой . . . . .	1610 кг
высшая часть . . . . .	4560 кг
масло . . . . .	1870 кг

**Электропневматический переключатель ПВ-176.** Он служит для дистанционного отключения ВП из коридора кузова. На двух боковинах 1 (рис. 18, а) крепятся в подшипниках кулачковый вал 4, который управляет четырьмя кулачковыми контакторами 2 и блокировочным устройством 5. Электропневматический привод

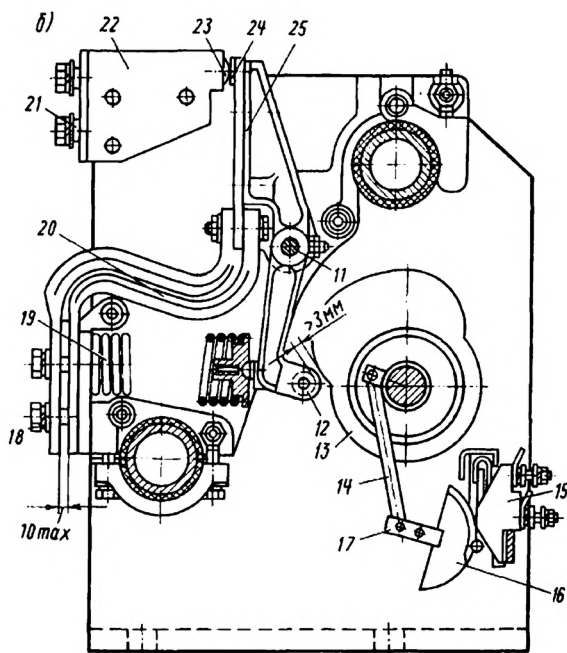
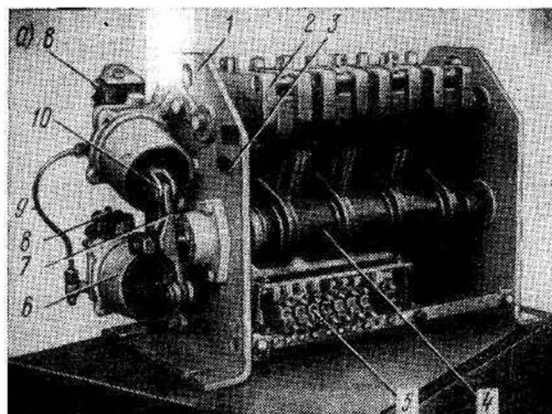


Рис. 18. Внешний вид (а) и поперечный разрез (б) переключателя ПВ-176

состоит из двух электромагнитных вентилях 8 и двух цилиндров 6 с трубопроводом 9. На одной из боковин крепится заводская бирка 3. В цилиндрах расположены поршни с резиновыми уплотняющими манжетами и смазочными кольцами из войлока. Шток поршня 10 шарнирно крепится к коромыслу 7, которое жестко закреплено на кулачковом валу. Блокировочное устройство состоит из шести замыкающих (при включенных силовых контактах) и двух замыкающих контактов малогабаритных кулачковых контакторов, укрепленных на металлической рейке.

Переключатель имеет два фиксированных положения: «Включено» и «Выключено». Перевод из одного положения в другое осуществляется следующим образом. На катушку соответствующего электромагнитного вентиля подается напряжение и сжатый воздух поступает в цилиндр. Воздух толкает поршень со штоком в крайнее положение. При этом шток перемещает коромысло, которое поворачивает кулачковый вал в соответствующее положение.

При повороте кулачкового вала в положение «Выключено» кулачок 13 (рис. 18, б) поворачивается против часовой стрелки и своим выступом давит на ось 12 подвижной части 25 кулачкового контактора. Подвижная часть вращается вокруг оси 11, сжимая пружину 19 и размыкая неподвижный 23 на планке 22 и подвижной 24 контакты. Болты 18 и 21 служат для подключения силовых кабелей к контакторам. Подвижной контакт 24 соединен с местом подключения кабелей гибким шунтом 20. Включение контакторов происходит под действием пружины, когда кулачок освобождает ось 12 подвижного контакта.

Переключение блокировочных контакторов 15 происходит при повороте кулачкового вала с помощью кулачков 16, закрепленных на скобах 17 и связанных с валом системой тяг 14.

В эксплуатации раствор главных контактов составляет 22—30 мм. Контактное нажатие 14—20 кгс.

Технические данные переключателя следующие:

Номинальное напряжение . . . . .	1500 В
Номинальный ток по нагреву . . . . .	1800 А
Допустимый ток короткого замыкания . . . . .	20 кА
Номинальное напряжение выпрямленного тока блокировочных контактов и электромагнитных вентилях . . . . .	50 В
Номинальный ток блокировочных контактов . . . . .	16 А
То же при индуктивной нагрузке . . . . .	5 А
Сопротивление катушки электромагнитного вентиля при 20° С . . . . .	170 Ом
Номинальное давление сжатого воздуха . . . . .	5 кгс/см <sup>2</sup>
То же минимальное . . . . .	3,5 »
Время переключения аппарата при номинальном давлении воздуха не более . . . . .	1 с

**Блок балластных резисторов ББС-131.** Он представляет собой стальной каркас 4 (рис. 19), на котором крепится пакет ленточных

резисторов ЛФ, которые принудительно обдуваются по воздухопроводу 1. Изоляционная рама 2 служит для изоляции от земли. Со стороны электрических выводов 5 блок закрыт изолирующей стенкой 3, имеющей прорези для выводов с изоляционными шайбами 6. Блок имеет два значения сопротивления для каждой цепи тяговых двигателей, причем в настоящее время используют только меньшее значение сопротивления и соответствующие выводы блока.

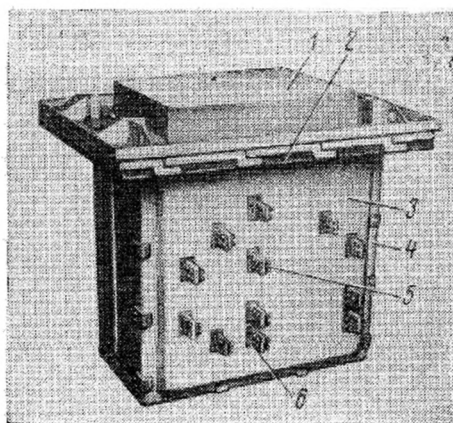


Рис. 19. Блок балластных резисторов

Технические данные блока ББС-131 следующие:

Длительный ток при расходе охлаждающего воздуха	
300 м <sup>3</sup> /мин . . . . .	1100 А
Сопротивление блока при 20° С:	
1-я ступень . . . . .	0,2 Ом
2-я » . . . . .	0,145 Ом
Номинальное напряжение относительно земли . . .	2000 В
Превышение температуры воздуха на выходе из блока	170° С
Потери напора при расходе 300 м <sup>3</sup> /мин . . . . .	186 мм вод. ст.
Масса блока . . . . .	270 кг

## 6. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРОВОЗЕ

Компоновка основного оборудования на электровозе ВЛ80<sup>Р</sup> принята такой же, как и на электровозе ВЛ80<sup>К</sup>. В кабине машиниста отличия заключаются в ином количестве и расположении сигнальных ламп, тумблеров и конструкции контроллера машиниста.

Расположение оборудования в кузове (рис. 20) имеет ряд отличий в связи с установкой новых узлов и блоков и исключением некоторых аппаратов (главных контроллеров, переходных реакторов, реле, контакторов). Высоковольтная камера электровоза (ВВК) разделена на три отсека: ВВК № 1 со стороны расположения кабины машиниста, трансформаторное помещение и ВВК № 2 со стороны переходного тамбура во 2-ю секцию. В ВВК № 1 смонтированы: блок автоматов 1, малый мотор-компрессор 24 (рис. 20, б), переключатель режимов 25, блокировочное устройство 26, конденсаторы 27, трансформатор ТРПШ 28, дроссели ДС1, ДС3 23, блокировочный переключатель 29, трансформатор Т45 19.

п)

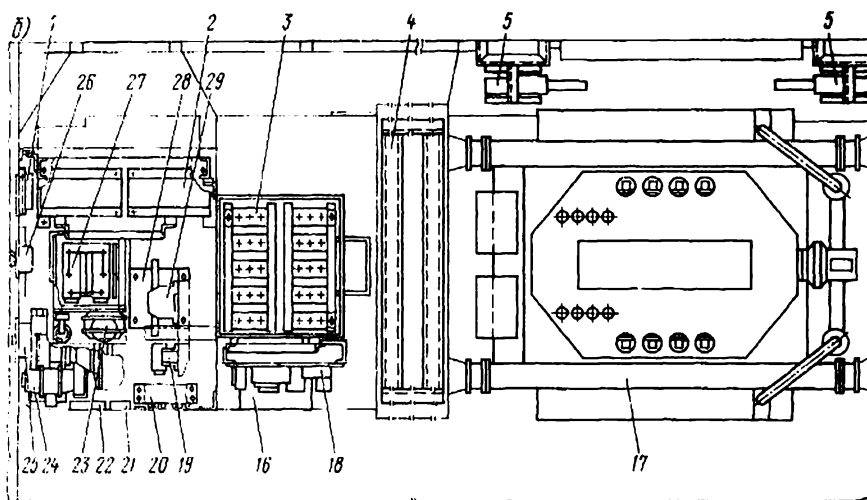
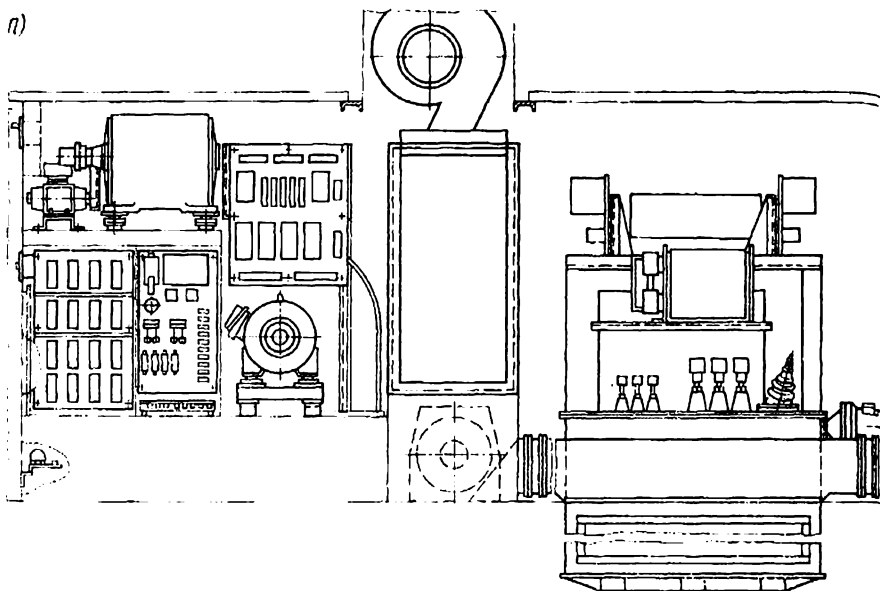
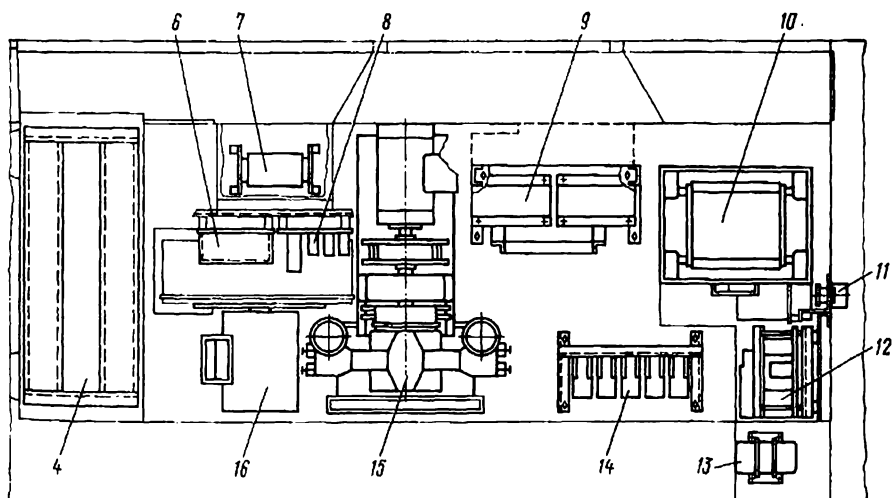
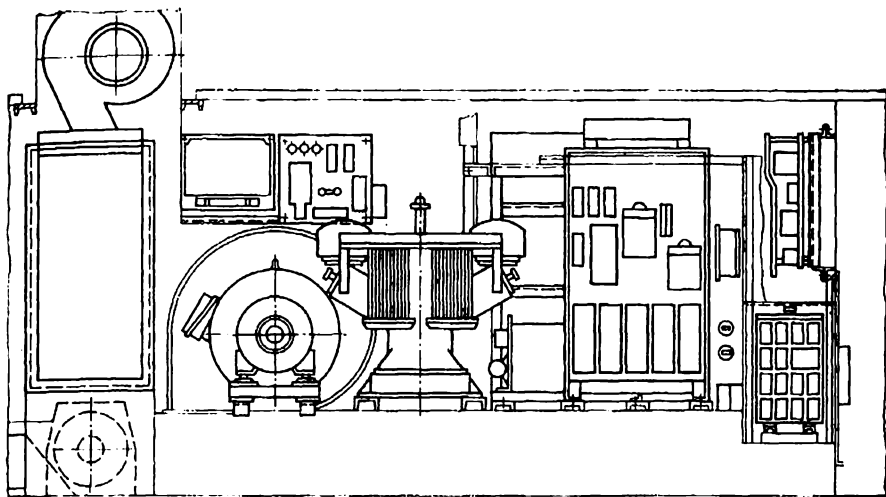


Рис. 20. Расположение оборудования  
а — главный шкаф





В кузове электровоза ВЛ80В:  
6 — вид в плане

Со стороны сквозного коридора расположены кнопочный выключатель 20, распределительный щит 21, панель № 3 22, на которой установлены конденсаторы, селеновый выпрямитель, реле времени, промежуточные реле, резисторы, блок конденсаторов 3 (см. рис. 20, б), панель № 2 18 (контакты, предохранители, тепловое реле, селеновый выпрямитель, реле контроля земли, резисторы), двигатель вентилятора 16. Со стороны тупикового коридора установлен блок силовых аппаратов № 1, 2, который содержит резистор ослабления возбуждения, разъединитель-отключатель 1-го и 2-го тяговых двигателей, реле перегрузки, реле защиты от юза, реле буксования, два двухпозиционных кулачковых переключателя (49 и 63) (см. рис. 16), электропневматические контакторы (47, 65, 67, 69, 73, 75), реле времени 211. В трансформаторном помещении расположен блок силового трансформатора 17 (см. рис. 20, б), по обе стороны от которого установлены выпрямительно-инверторные агрегаты ВИП 4. У боковой стенки смонтированы четыре быстродействующих автомата 5.

Блок силового трансформатора состоит из собственно силового трансформатора (см. рис. 17), переключателя (отключателя) ВИП, блока защиты ЗВИП, трансформаторов Тр134, Тр135, трансформаторов тока, конденсаторов, резисторов, реле перегрузки, разрядника, блока конденсаторов и ТРИШ2 в цепи питания СФИ ВИП.

В ВВК № 2 установлены: блок балластных резисторов 10, кнопочный выключатель 11, блок главного мотор-компрессора 15, панель питания и шкаф БУВИП 12, стабилизатор 13, блок силовых аппаратов № 2 9 (разъединители 3-го и 4-го тяговых двигателей, два переключателя 50 и 64, резисторы ослабления возбуждения, реле перегрузки, панель защиты от юза, электропневматические контакторы (46, 66, 68, 70, 72, 74, 76), реле бук-

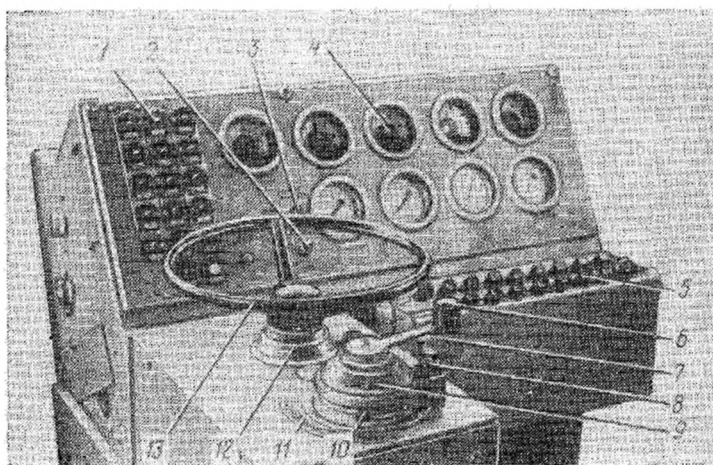


Рис. 21. Пульт управления

сования, реле времени], панель № 1 14, на которой имеются тепловые реле, электромагнитные контакторы, разъединитель секций, переключатель вспомогательных цепей, предохранители, резисторы. Кроме того, здесь установлены панель питания системы формирования импульсов управления силовыми тиристорами ВИП, индуктивные шунты 7, панели 6, 8.

Между партиями электровозов ВЛ80<sup>р</sup> в распоряжении оборудования имеются некоторые различия в соответствии с проводимыми изменениями схем и применяемого оборудования, однако основное оборудование расположено на всех электровозах идентично.

Пульт машиниста (рис. 21) электровоза ВЛ80<sup>р</sup> значительно отличается от пультов других электровозов. Новый контроллер машиниста имеет главный штурвал 13 с указателем зон и положений 12, тормозную рукоятку 6 с указателем положений 9. Под тормозной рукояткой возбуждения расположен вырез для установки реверсивной рукоятки 10. Здесь же расположен указатель положений реверсора и ослабления возбуждения 11. На лицевой панели контроллера расположены лампы подсветки указателей положений 8, а сбоку — кнопка бдительности 7. Группа сигнальных ламп 1 расширена. Под тумблерами включения освещения 3 расположены тумблеры дистанционного переключения аппаратуры управления 2. Контрольно-измерительные приборы 4 и кнопочные выключатели 5 имеют традиционное расположение.

## 7. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Система вентиляции электровоза ВЛ80<sup>р</sup> состоит из пяти систем *BC1 — BC5* (рис. 22):

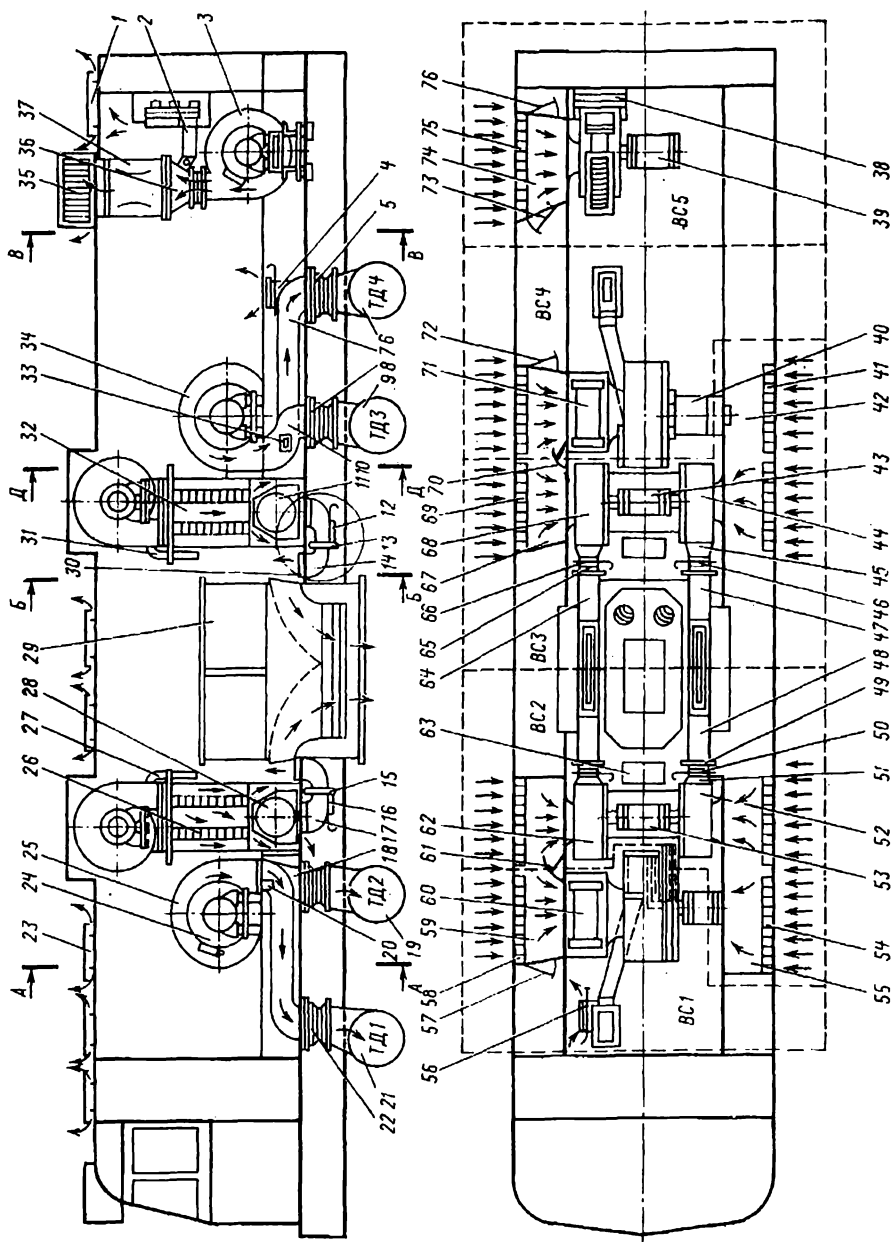
- охлаждения силового оборудования цепи тяговых двигателей *BC1* и *BC4*;

- охлаждения силового оборудования ВИП, сглаживающих реакторов и силового трансформатора *BC2* и *BC3*;

- охлаждения блока балластных резисторов и выпрямительной установки возбуждения *BC5*.

Работа каждой системы охлаждения ясна из рассмотрения рис. 22. На электровозах ВЛ80<sup>р</sup> применена полузамкнутая система вентиляции с использованием центробежных вентиляторов-воздухоочистителей. Воздухозаборные жалюзи — лабиринтового типа, вертикальные со сливными устройствами и гидрозатвором. При прохождении через них воздуха со скоростью до 3,5 м/с из него удаляются капельная влага и частично механические загрязнения. В вентиляционной системе *BC5* применены обычные центробежные вентиляторы.

Непроходные форкамеры оборудованы съемными щитками для удобства обслуживания колес вентиляторов со стороны всасывающей воронки. Проходные и полупроходные форкамеры имеют герметические двери.



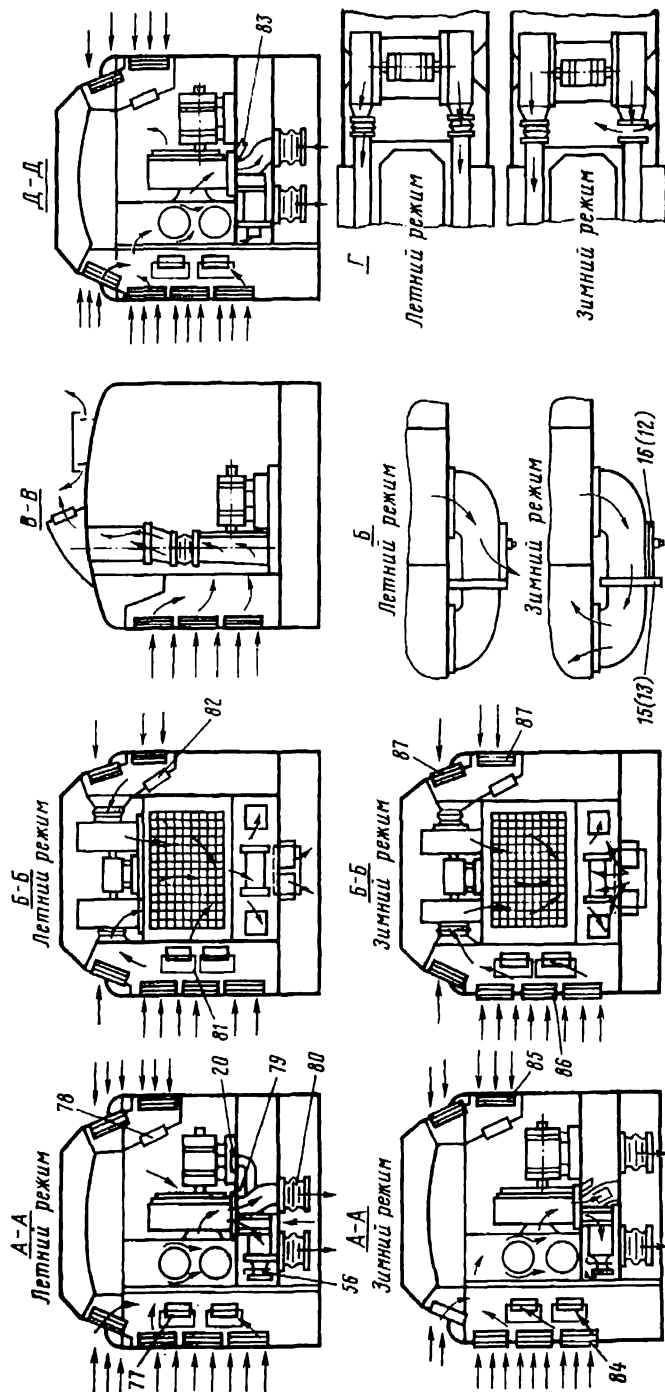


Рис. 22. Система вентиляции электровоза ВЛ80Р:

1 — дефлектор; 2 — воздуховод ВУВ; 3 — вентилятор ЦВ16-14 № 7; 4 — окно выброса воздуха в кузов с заслонкой и сеткой; 5, 8, 22, 46, 49, 65, 80 — брезентовые патрубки; 6, 9, 19, 21 — тяговые двигатели; 7, 10, 18 — воздуховоды к тяговым двигателям; 11, 28 — сглаживающие реакторы РС60; 12, 13, 15, 16, 50, 66 — регулировочные заслонки; 14, 17 — воздуховоды после сглаживающих реакторов; 20, 33, 56 — окна выброса воздуха в кузов с заслонкой и сеткой; 23 — крышка дефлектора; 24, 39, 40, 43, 53 — электродвигатели АЭ-52-4; 25, 34 — вентиляторы ЦВ16-14 № 8, 2, 26, 32 — ВИПы; 27, 31, 79, 83 — трубы пылесоса; 29 — силовой трансформатор; 30, 63 — окна выброса воздуха в кузов после реакторов; 35 — жалюзи выброса воздуха; 36, 42, 51 — переходные патрубки; 37 — блок балластных резисторов; 38 — ВУВ; 41, 54, 58, 69, 75 — лабиринтовые вертикальные жалюзи; 43, 55, 69, 67, 74 — форкамеры; 44, 52, 62, 68 — вентиляторы ЦВ16-14 № 6; 47, 48, 64 — воздухо-воды в камере теплообменника силового трансформатора; 57, 61, 70, 72, 73, 76 — двери форкамер; 60, 71 — индуктивный шунт ИШ-95; 77, 81 — окна в форкамеру с заслонками; 78, 82 — щетки съемные; 84—87 — шторы

Избыточное давление в кузове ( $3-5 \text{ кгс/м}^2$ ) создается выбросом части вентилирующего воздуха через окна систем *BC1* и *BC4*, а также воздухом, поступающим в кузов после вентиляции *ВУВ*. Выброс воздуха из кузова происходит через вентиляционные дефлекторы.

В зимнем режиме система вентиляции преобразуется следующим образом. Дефлекторы устанавливают в положение *Закрото*, для чего опускают крышки в крайнее нижнее положение и фиксируют их тремя болтами. Сами крышки оклеивают по периметру мешковиной на шпаклевке. На наклонных стенках форкамер снимают щитки и устанавливают вместо них решетки; на воздухозаборные жалюзи форкамер устанавливают шторы из двухслойной мешковины. Воздуховоды после сглаживающих реакторов продувают, после чего окна выброса воздуха под кузов закрывают, а окна выброса в кузов открывают до положения *Зима*. Брезентовый патрубок 46 отсоединяют от воздуховода 47 и прижимают его к переходному патрубку 45 болтами, воздуховод 47 закрывают металлическим листом болтами (летом этот лист крепится к стенке трансформатора). Внутренние двери 61 и 70 форкамер 59 и 67 открывают до положения *Зима* и фиксируют болтами. На окнах 77 и 81 забора воздуха в форкамерах открывают заслонки до отметки *Зима*.

После таких изменений часть отработанного (нагретого) воздуха системы вентиляции не выбрасывается наружу, а повторно используется для вентиляции оборудования, что положительно влияет на его надежность и долговечность работы.

Рассмотрим устройство и работу вентилятора-воздухоочистителя (рис. 23). На валу приводного двигателя 9 с помощью болта 4 и шайбы 3 крепится втулка 10 сварного конического кольца 16. Последнее состоит из основного 11 и покрывного дисков 6, пылеот-

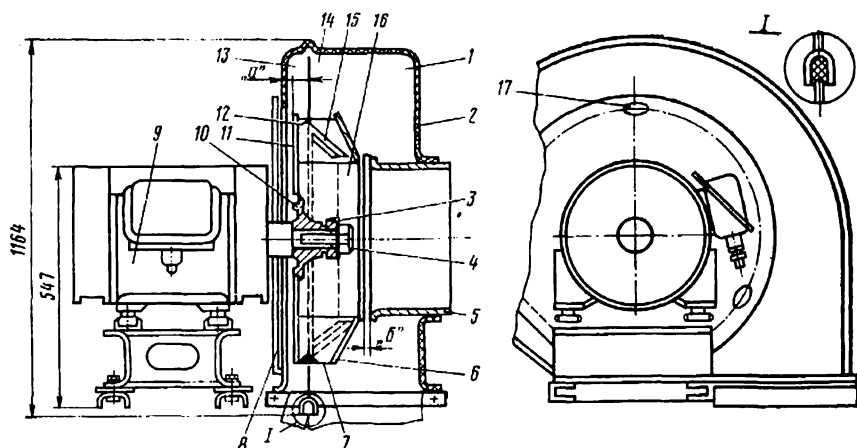


Рис. 23. Вентилятор-воздухоочиститель

бойного кольца 12, загнутых вперед лопаток 7, на которых приварены желобки 15.

Вращающаяся часть вентилятора помещена в спиральный стеклопластиковый улиткообразный кожух 2, разделенный перегородкой 14 на две камеры — меньшую пылевую 13 и большую 1 очищенного воздуха. К кожуху болтами крепится патрубок 5. Задняя крышка 8 имеет три лючка-отверстия 17 для контроля установки кольца.

Рабочее колесо включенного вентилятора засасывает воздух через патрубок 5 и нагнетает его в камеру 1. Частицы пыли, снега и влаги под действием центробежных сил, возникающих при вращении рабочего колеса, направляются желобками 15 к пылеотбойному кольцу 12 и далее в малую камеру 13, из которой выбрасываются наружу по трубам пылесброса (см. рис. 22). Через пылевую камеру проходит всего 3—4% общего количества охлаждающего воздуха, однако применение описанного вентилятора позволяет существенно повысить эффективность очистки воздуха, поступающего на охлаждение электрооборудования, что повышает надежность работы последнего.

## СХЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ АППАРАТУРЫ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

### 8. КОНТРОЛЛЕР МАШИНИСТА

Контроллер машиниста электровоза (КМЭ) представляет собой многоступенчатый переключатель кулачкового типа. КМЭ имеет главный штурвал 1 (рис. 24), закрепленный на валу с крышкой 2, тормозную 6 и реверсивную 10 рукоятки, которыми приводятся во вращение валы соответствующих трех переключателей.

Главный штурвал имеет шкалу с положениями: 0 — нулевое; ПО — подготовка к работе цепей управления ВИП; НР — начало регулирования; П1, П2, П3, П4 — соответствующие окончанию каждой из четырех зон регулирования; БВ — быстрое выключение. Положения 0, ПО — фиксированные, БВ — с самовозвратом.

Шкала 8 тормозной рукоятки имеет положения: 0 — нулевое, П — сборка цепей для торможения, Ручное торможение (поло-

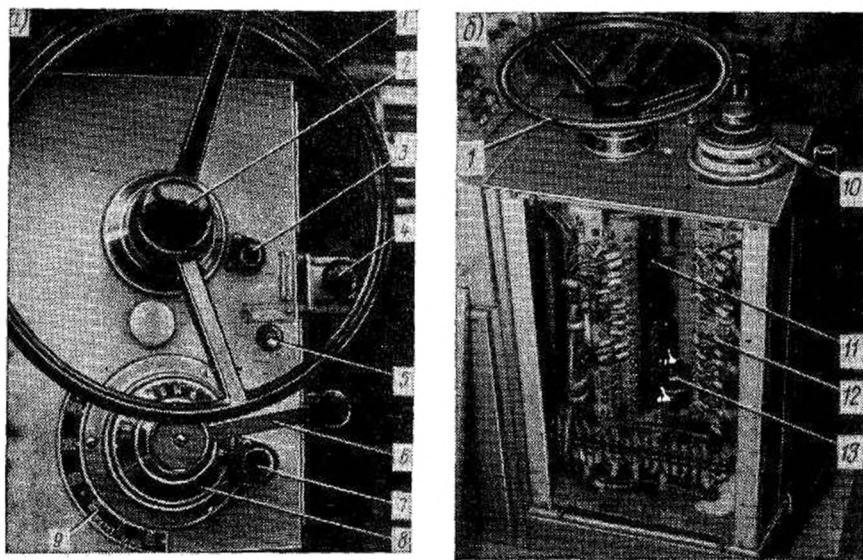


Рис. 24. Контроллер машиниста:  
а — вид сверху; б — вид сбоку



жения установки тока возбуждения). Положения  $0$ ,  $П$  — фиксированные.

Реверсивная рукоятка имеет шкалу 9 с положениями:  $0$  — нулевое;  $ПП$  вперед и  $ПП$  назад — полное возбуждение;  $ОП1$ ,  $ОП2$ ,  $ОП3$  — ступени ослабления возбуждения. Под главным штурвалом расположена кнопка бдительности 4.

Для предотвращения ошибочных действий валы переключателей механически блокированы с помощью дисков и рычагов с пружинами таким образом, что перемещение тормозной рукоятки разрешается в любом рабочем положении главного штурвала, кроме  $0$  и положений  $ПП$  (вперед или назад) реверсивной рукоятки. При нахождении тормозной рукоятки в зоне *Торможение* запрещается поворот штурвала из положения  $ПО$  в положение  $0$  и  $БВ$  и перемещение реверсивной рукоятки из положения  $ПП$  в  $ОП1$ ,  $ОП2$ ,  $ОП3$ .

Поворот штурвала в рабочее положение возможен при нахождении реверсивной рукоятки в любом положении, кроме  $0$ , и тормозной рукоятки в положении  $0$ . Поворот реверсивной рукоятки из положения  $0$  в рабочее положение возможен только при нулевых положениях тормозной рукоятки и штурвала главного вала.

На кулачковом валу главного переключателя 11 установлены две профильные шайбы, которые через рычаги связаны с сельсинами 13 типа НС-501 *Управление ВИП в тяге*, *Управление ВИП в рекуперации*. На тормозном валу 12 также установлена профильная шайба, которая через рычаг связана с сельсином *Управление ВУВ*.

Регулировку напряжения на выходе сельсинов от угла поворота валов переключателей (рис. 25) осуществляют поворотом сельсинов при отпущенных крепежных болтах. В положении НР главного штурвала напряжение на выходе сельсина *Управление ВИП в тяге* равно нулю, а на выходе сельсина *Управление ВИП в рекуперации* — 40 В (при нагрузке сельсина на блок управления 400, работа которого рассмотрена в главе V). При повороте штурвала в сторону положения  $П4$  напряжение первого сельсина увеличивается до 40 В, а второго уменьшается до нуля для электровозов, не оборудованных системой противокомпаундирования (БПК) или до 5 В при наличии

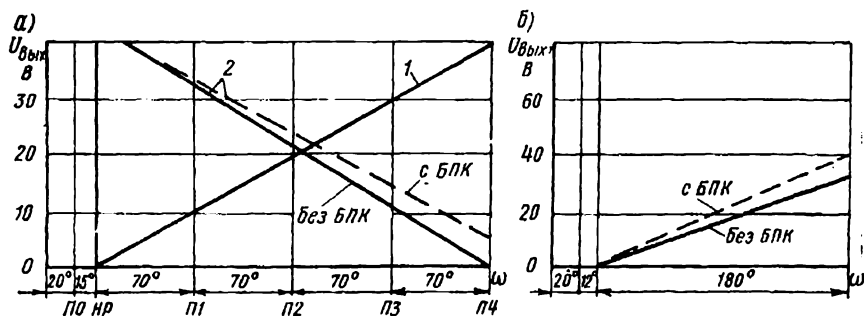


Рис. 25. Зависимости выходного напряжения сельсинов от угла поворота вала: а — сельсины *Управление ВИП в тяге* (1) и *Управление ВИП в рекуперации* (2); б — сельсин *Управление ВУВ*

БПК. В положении *Л* тормозной рукоятки напряжение на сельсине *Управление ВУВ* равно нулю. При повороте рукоятки в положение *Ручное торможение* напряжение увеличивается до 30 В при отсутствии БПК или до 40 В при наличии БПК на электровозе.

Шкалы главного и тормозного переключателей вращаются вместе со штурвалом и рукояткой и имеют лампы подсветки 3, 7, включаемые тумблером 5. Колпачок лампы для подсветки является указателем позиций. Питание сельсинов осуществляется переменным напряжением 110 В.

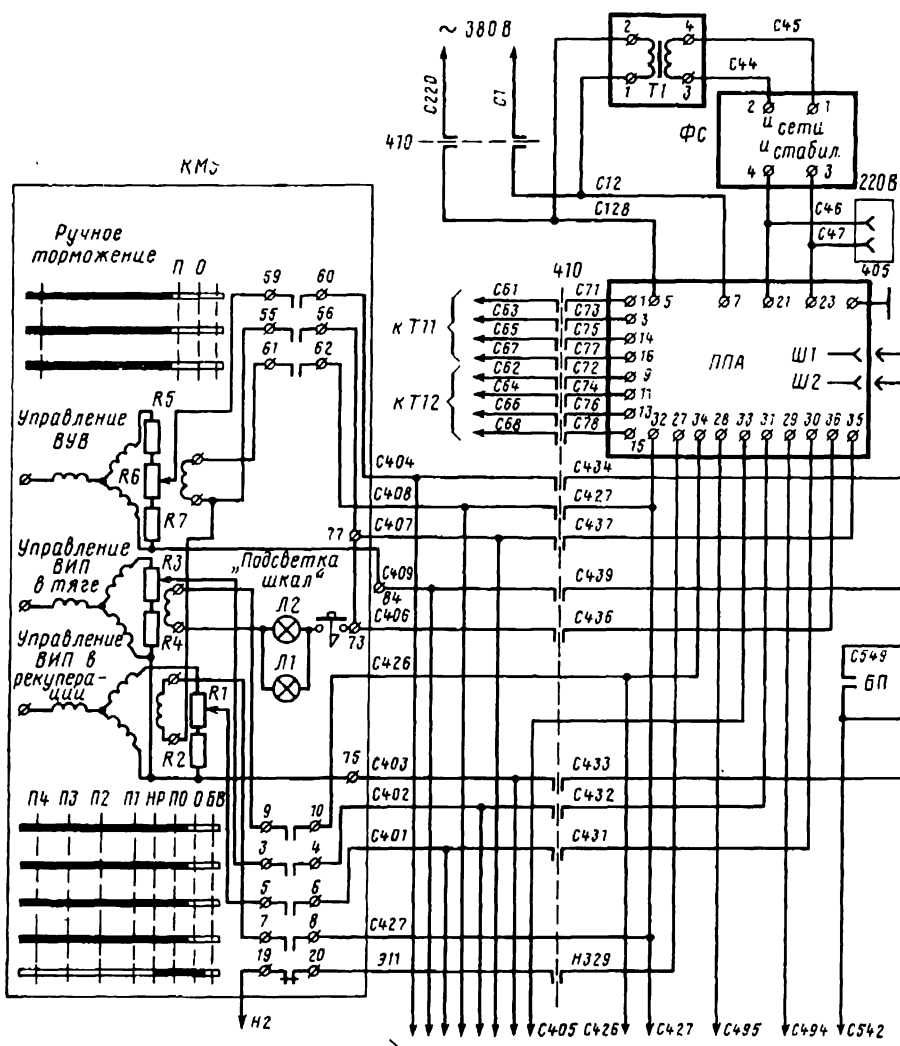


Рис. 26. Схема цепей связи КМЭ

С изменением напряжения на выходе соответствующих сельсинов блок управления 400 осуществляет регулирование угла открытия тиристорov ВП (61, 62, см. рис. 16) в тяговом и тормозном режимах, а также тиристорov ВУВ.

Ниже остановимся на особенностях схемы управления аппаратами от КМЭ в режимах тяги и рекуперации.

Питание цепей управления осуществляется стабилизированным напряжением 50 В от ТРПШ1 с системой выпрямления и регулирования, расположенной на распределительном щите 210, и от аккумуляторной батареи 200. Систему регулирования напряжения 50 В применяют с серийных электровозов ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>т</sup> и поэтому здесь она не рассматривается.

Питание цепей КМЭ осуществляется по проводам *Н1, Э1, Н2* (от ТРПШ1) при соответствующем включении автоматического выключателя *ВА2* на блоке 215, кнопки «Цепи управления» на блоке 223 и установке съемной рукоятки блокировочного устройства тормозов 213 в рабочее положение.

От провода *Э1* получают питание блокировочный переключатель *БП*, тормозные переключатели *ТП 49, 50*, контактор *135* через блокировки реле максимального напряжения *Р* и переключателя *В* распределительного щита ТРПШ2. При этом *БП* и *ТП* устанавливаются в положении *Тяга*.

В нулевом положении рукояток КМЭ контакторы *193, 194*, которыми подается напряжение питания 55 В от ТРПШ2 на транзисторные блоки формирования импульсов (БФИ) ВП 61, 62 и другие аппараты, отключены.

В положениях главного штурвала КМЭ 0 и ПО и положении 0 тормозной рукоятки остается включенным от провода *Э11* реле 264, которое обеспечивает включение главного выключателя (ГВ) 4, быстродействующих выключателей (*БВ*) в цепи тяговых двигателей 51—54 только в нулевом положении главного штурвала и подготавливает цепь питания контакторов *193, 194*.

## 9. ЦЕПИ УПРАВЛЕНИЯ ТОКОПРИЕМНИКАМИ И ГЛАВНЫМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ

Для подъема токоприемника необходимо подать сжатый воздух в цилиндр привода токоприемника включением электропневматического клапана 245 (рис. 27). Для этого на катушку клапана 245 подается напряжение 50 В от распределительного щита 210 по цепи: автоматический выключатель *ВА1* в блоке 215, провод *Н46*, кнопка *Пантографы*, провод *Э15*, блок-контакты пневматического выключателя 232 или блокировочного устройства 235 1-й и 2-й секций, блок-контакты разъединителей секции 126, провод *Э29*, блок-контакт переключателя 410 2-й секции, если включен блок управления ВП 400 1-й секции (или блок-контакт переключателя 410 1-й секции, если включен блок управления 2-й секции), провод *Э37* 1-й секции, кнопка *Пантограф передний (Пантограф задний)*, провод *Э16 (Э17)*. При включенной кнопке *Пантографы* через провод *Э15*, блок-контакты разъединителей 19 и 20, предназначенных для питания тяговых двигателей от сети депо, получает питание катушка



По проводу 337 одновременно с клапаном 245 получают питание цепи управления главного выключателя (ГВ) 4. Это предусмотрено для того, чтобы при нарушении цепи токоприемника ГВ, имеющий меньшее время срабатывания, отключился раньше, чем опустится токоприемник. Отрыв токоприемника от контактного провода в этом случае будет происходить без тока. По проводу 337 кнопкой *Выключение ГВ* подается питание на удерживающую катушку ГВ по цепи: контакт 21—22 главного вала КМЭ, которым обеспечивается отключение ГВ при постановке штурвала в положение *БВ*, блок-контакты переключателей режимов *ПР*, реле заземления 83 цепей *ВУВ* и реле заземления 88 силовых цепей, реле перегрузки вспомогательных цепей 113, реле перегрузки *ВУВ РТВ1* и реле максимального тока *РМТ*.

Кнопкой *Включение ГВ и возврат реле* подается напряжение по проводу 337 на включающую катушку ГВ по цепи: контакты переключателя режимов *ПР*, реле 264, 207, блокировочного переключателя *БП* и собственный размыкающий блок-контакт ГВ (4).

В общей (земляной) точке катушек ГВ включен контакт реле минимального давления *РД*.

Блок-контактом реле 264 осуществляется контроль включения ГВ только в положениях *0* и *ПО* главного штурвала, когда отсутствует ток через тяговые двигатели. Блок-контактами *ПР* обеспечивается отключение ГВ в режиме «Отключение секции», реле 83 и 88 — защита силовых цепей от замыканий на землю. Для повторного включения ГВ в случае его срабатывания необходимо главный штурвал установить в нулевое положение. Блок-контактами реле 113, *РТВ1*, *РМТ* обеспечивается защита электрооборудования электровоза от перегрузок. Реле перегрузки *РТВ1*, реле заземления *ВУВ* 83 устанавливаются только в 1-й секции, поскольку *ВУВ* подключена к обмотке одного силового трансформатора. Работают эти реле только в рекуперативном режиме.

Блок-контактом *БП* отключается цепь питания включающей катушки ГВ в рекуперативном режиме, этим исключается повторное включение ГВ при срабатывании аппаратов защиты, введенных в цепь удерживающей катушки.

Одновременно с включением ГВ по проводу *Н86* получают питание реле 207 и включающие катушки быстродействующих выключателей (*БВ*) 51—54. Реле 207, размыкая цепь включающей катушки ГВ, предотвращает повторное включение ГВ при возможном коротком замыкании в силовой цепи.

## 10. ЦЕПИ УПРАВЛЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ

Удерживающие катушки *БВ* 51—54 получают питание по проводу *Н46* через автоматический выключатель *ВА1* по двум параллельным ветвям, в каждой из которых включены блок-контакты ГВ 4,

переключателей ВИП 81 (82), БП (временно до введения защиты ВИП снятием импульсов управления эти контакты зашунтированы), реле 264, отключателей двигателей ОД1, ОД2 (ОД3, ОД4).

Напряжение на включающие катушки БВ 51—54 подается кнопкой *Включение ГВ и возврат реле* по проводам Э14, Н85, Н86 через блок-контакты переключателей режимов ПР и реле 264 (см. рис. 27).

Блокировками реле 264 осуществляется контроль включения БВ только в положениях 0 и ПО главного штурвала, когда ток якоря двигателя равен нулю. При перемещении главного штурвала КМЭ в рабочее положение реле 264 отключается и катушки БВ удерживаются включенными через блок-контакты контакторов вентиляторов тяговых двигателей 129 и 130, шунтирующих блок-контакты реле 264.

При отключении переключателей ВИП 81 (82) или контакторов вентиляторов 129 (130) отключаются соответствующие катушки БВ: 51, 52 или 53, 54. При отключении одного из разъединителей ОД1 — ОД4 отключается БВ, соответствующий тому же тяговому двигателю.

Конденсаторы 161—164 установлены для защиты блок-контактов ГВ 4 от перенапряжений, возникающих при разрыве блок-контактами большой индуктивности удерживающих катушек БВ.

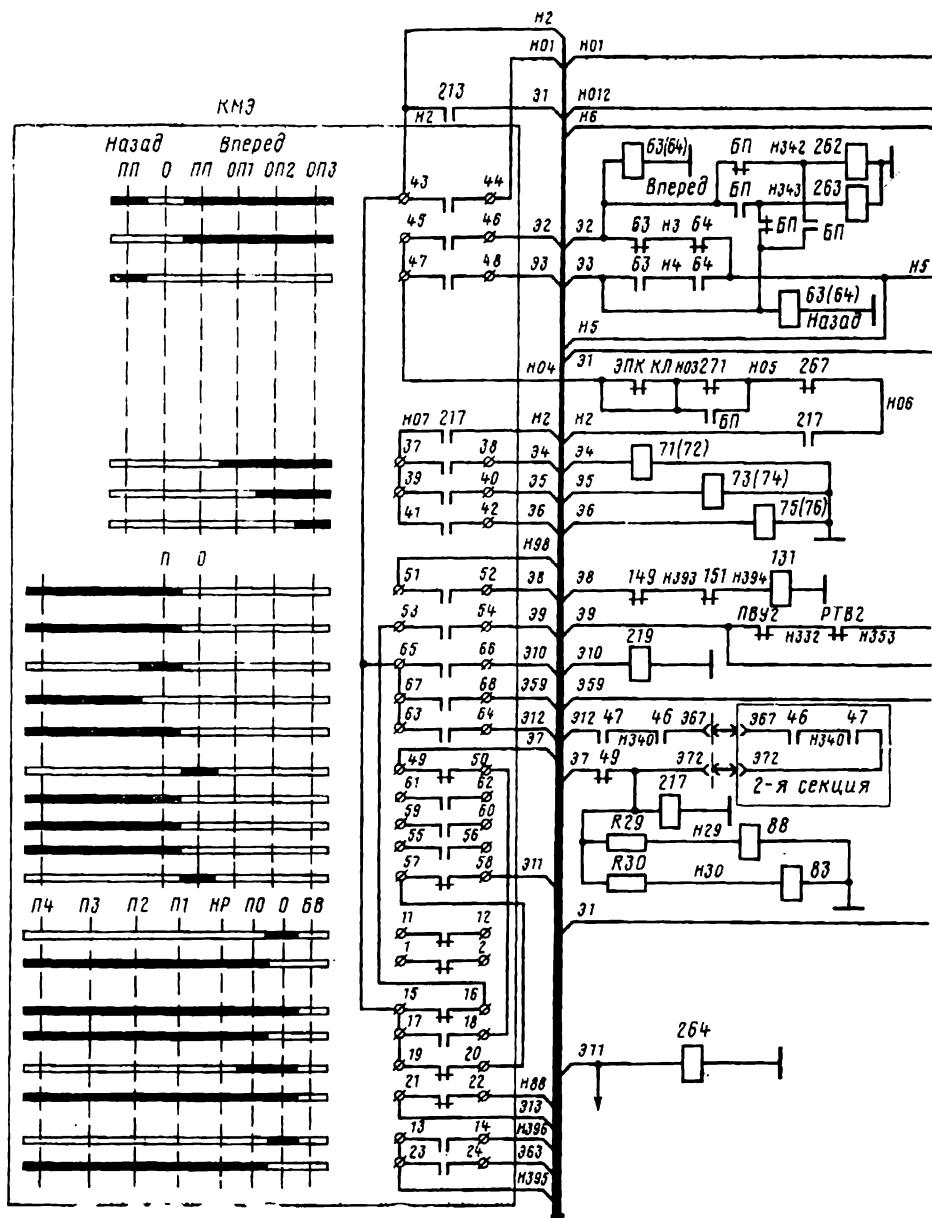
При передвижении электровоза от деповского источника напряжения удерживающие катушки БВ получают питание через блок-контакты разъединителей 19 и 20. Последние шунтируют в этом режиме блок-контакты ГВ 4 и реле 264. С электровоза № 1522 питание удерживающих и отключающих катушек БВ переведено на один провод Н146 от автомата ВА11 «тяговые двигатели» в блоке 215 с целью снижения токовой нагрузки в проводе Н46. При этом в цепь питающих катушек включен замыкающий блок-контакт реле 207.

## 11. ЦЕПИ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТАМИ В РЕЖИМЕ ТЯГИ

После установки реверсивной рукоятки в одно из положений ПП для движения вперед или назад, поднятия токоприемника, включения ГВ, быстродействующих автоматов 51—54, мотор-вентиляторов МВ1 — МВ4 (см. рис. 16) для окончательной подготовки цепей в режиме тяги главный штурвал устанавливают в положение ПО. При этом, кроме реле 264, включается реле 217 (рис. 28) по цепи: провод Н2, контакты 17—18 главного вала, 49—50 тормозного вала, провод Э7, контакт 49, провод Э72.

Одновременно с реле 217 получают питание по проводу Э72 удерживающие катушки реле заземления 83 и 88. С включением реле 217 замыкается цепь питания реверсивных переключателей 63 (64), нагрузочного устройства 262 или 263, контакторов ослабления возбуждения тяговых двигателей 71—76. Реверсивные пере-

ключатели устанавливаются в положение *Вперед* или *Назад* в зависимости от положения реверсивной рукоятки и своими блок-контактами подготавливают цепь питания контакторов 193, 194 по проводам Э2, Н3, Н5 или Э3, Н4, Н5.





Далее через замкнутые блок-контакты контактора 133 масло-насоса охлаждения трансформатора, реле 264, тормозных переключателей 49 и 50, блокировочного переключателя БП, контактора 135, включающего ТРПШ2, контакторов 127—128 мотор-вентиля-

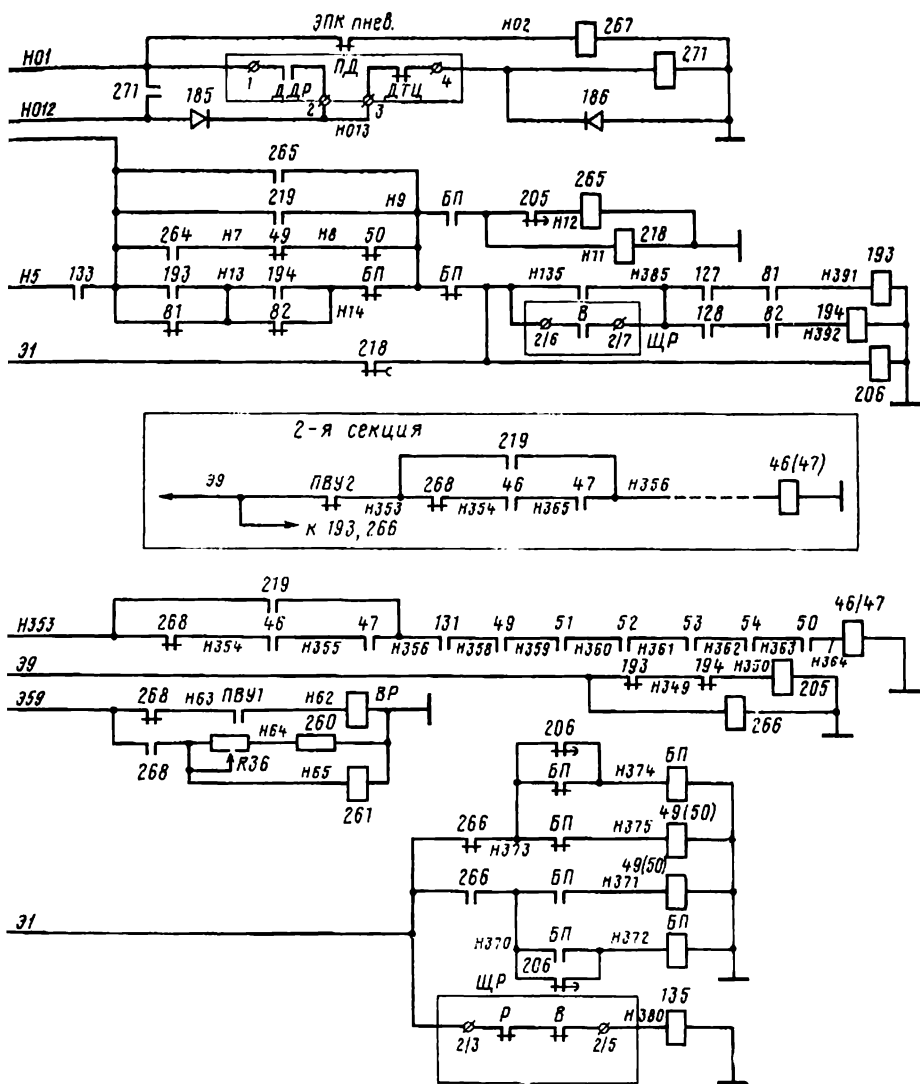


Рис. 28. Схема цепей управления аппаратами от КМЭ

торов охлаждения ВИП, переключателей 81 и 82 включаются контакторы 193 и 194 и реле 206. Последнее размыкает свои контакты в цепи БП.

При перемещении главного штурвала в положения НР, П1 — П4, когда отключается реле 264, контакторы 193 и 194 остаются включенными через собственные блок-контакты.

Блок-контакт контактора 133 шунтирован кнопкой *Низкая температура масла* (провода Н5 — Н6). В зимний период (при температуре ниже —15°С) рекомендуется начинать работу при включенной кнопке *Низкая температура масла* и выключенном мотор-насосе трансформатора, поскольку вязкость масла увеличивается. После прогрева масла необходимо включить мотор-насос трансформатора. Блок-контакты контакторов 193 и 194 шунтированы соответственно блок-контактами переключателей 81, 82, что обеспечивает питание катушки контактора 193 (194) при отключении переключателя 82 (81).

От проводов Э2 и Э3 получают питание клапаны нагрузочных устройств 262 или 263, обеспечивая нагрузку передних по ходу движения электровоза колесных пар тележек.

При включении контакторов 193, 194 их блок-контактами отключается лампа Т, сигнализируя окончание подготовки цепей для работы в тяговом режиме, и подается напряжение 55 В на блоки формирования импульсов (выходные усилители) ВИП 61 и 62 и при дальнейшем перемещении штурвала в положения НР, П1 — П4 осуществляется плавное регулирование напряжения на тяговых двигателях.

При отказах в работе системы охлаждения ВИП (отключены контакторы мотор-вентиляторов 127, 128), нарушении работы маслонасоса (отключен контактор 133), аварийном отключении какого-либо ВИП переключателем 81 (82) соответствующими контакторами 193 (194) снимается питание с выходных усилителей ВИП. Повторное включение контакторов 193 и 194 возможно только в положении П0 главного штурвала.

При аварийном отключении ТРПШ2 на одной из секций блок-контактом контактора 135 разрывается цепь питания контакторов 193, 194. Схема электровоза предусматривает в этом случае переход на питание усилителей всех ВИП от ТРПШ2 другой секции. Для этого на неисправном распределительном щите ШР рубильник В переключается в нижнее положение. Блок-контактом рубильника В восстанавливается цепь питания контакторов 193 и 194.

Для контроля состояния тормозной магистрали служат реле 271 и пневмоэлектрический датчик ПД. Если нарушена плотность тормозной магистрали (обрыв поезда, расцепление рукавов), снижается давление в воздухопроводе. При уменьшении его на 0,2 кгс/см<sup>2</sup> замыкается контакт ДДР пневмодатчика ПД, который включает реле 271. Последнее размыкает цепь питания контакторов 193, 194 (снимает тягу электровоза), подает напряжение на сигнальную лампу ТМ на пульте машиниста и одновременно шунтирует контакт дат-

чика ДДР. Загорание лампы ТМ свидетельствует о нарушении целостности тормозной магистрали.

При снижении давления в тормозной магистрали на 0,6—0,8 кгс/см<sup>2</sup> и более возрастает давление в тормозном цилиндре и срабатывает датчик ДТЦ, который отключает реле 271 и замыканием блок-контакта подготавливает цепь питания контакторов 193 и 194. Реле 271 отключает напряжение с сигнальной лампы ТМ, она гаснет, что сигнализирует о начале пневматического торможения состава.

## 12. ЦЕПИ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТАМИ В РЕЖИМЕ ТОРМОЖЕНИЯ

Для перехода из режима тяги в режим торможения необходимо при нахождении главного штурвала в I—IV зонах регулирования (в зависимости от скорости движения) установить тормозную рукоятку в положение П. При этом теряет питание реле 217 (см. рис. 28), которое отключает контакторы 193 и 194 и реле времени 206. Последнее, отключаясь с выдержкой времени 1—1,5 с, подготавливает переключение блокировочного переключателя БП в положение *Торможение*. Выдержка времени реле 206 обеспечивает переключение силовых цепей (ТП) из режима тяги в режим рекуперативного торможения и наоборот после затухания тока якорей тяговых двигателей.

Контакторы 193, 194, отключаясь, снимают импульсы управления с тиристоров ВИП, а следовательно, токовую нагрузку с ВИП 61 и 62, включают лампу Т на пульте машиниста, реле времени 205 и реле 266. (Реле 205 получает питание по проводу Н2 через контакты 15—16 главного вала КМЭ, 53—54 тормозного вала, провод Э9, блок-контакты контакторов 193 и 194.)

Реле 205 размыкает цепь питания реле 265. Реле 266 своими контактами переводит БП и тормозные переключатели (ТП) 49, 50 из *Тяга* в *Торможение*. БП обеспечивает переключение цепей управления, а ТП — переключение силовых цепей для рекуперативного режима работы. Блок-контакт ТП 50 отключает лампу Т, а 49 включает лампу Р, сигнализируя о ходе сборки цепей.

При переходе в положение *Торможение* блокировочный переключатель выполняет следующие функции:

- снимает напряжение питания с электропневматических клапанов БП (*Тяга*), ТП 49, 50 (*Тяга*) и подает его на соответствующие клапаны БП (*Торможение*) и 49, 50 (*Торможение*);

- снимает напряжение питания с реле времени 211, 212 и подает его на реле времени РВ панелей юза 15, 16, что исключает действие защиты от буксования и вводит в действие защиту от юза;

- размыкает цепь питания включающей катушки главного выключателя 4, что исключает его повторное срабатывание при работе аппаратов защиты;

снимает напряжение питания с электропневматического клапана 262 (или 263) и подает его на клапан 263 (или 262), что обеспечивает включение нагрузочных устройств, задних по ходу движения; отключает счетчик активной энергии в режиме тяги 384 (см. рис. 16) и включает счетчик 383, учитывающий энергию рекуперации, возвращаемую электровозом в контактную сеть;

подготавливает цепь напряжением 380 В для питания выходных усилителей импульсов ВУВ 60;

переводит питание контакторов 193, 194 (см. рис. 28) с проводов Э2, Э3 на провод Э1 через блок-контакт реле времени 218;

исключает шунтирование блок-контактами контакторов 193, 194 (провода Н9 — Н14) контакта реле 219 в цепи реле 265 и 218; подготавливает цепь для питания реле времени 218 и реле 265.

Последнее подает напряжение 380 В на выходные усилители ВУВ; шунтирует блок-контакт реле 271 (провода НО3 — НО5);

обеспечивает необходимые переключения в блоке управления 400 для режима торможения, замыкая провода С542 — С549 (см. рис. 26);

подает напряжение на включающую катушку реле заземления 83 (см. рис. 16), обеспечивая его работу в режиме торможения.

В положении тормозной рукоятки П включаются (провода Н98 — Э8) также контактор 131 мотор-вентилятора МВ5 охлаждения стабилизирующих резисторов и реле 219 (провод Э10), которые своими блок-контактами подготавливают цепь питания контакторов 46, 47, обеспечивающих подключение ВУВ к обмоткам силового трансформатора. Реле 219 одновременно подготавливает цепь питания реле 265 и 218.

Питание катушек контакторов 46, 47 осуществляется по проводу Н2 через контакты 15 — 16 главного вала и 53 — 54 тормозного вала. В цепь питания контакторов 46, 47 введены блок-контакты пневматического выключателя ПВУ2, реле перегрузки ВУВ — РТВ2 (только на 1-й секции), тормозных переключателей 49, 50 и быстродействующих выключателей 51 — 54.

При дальнейшем движении тормозной рукоятки в положение *Ручное торможение*, когда отключается реле 219, контакторы 46, 47 остаются включенными через собственные блок-контакты и реле 268. С включением контакторов 46, 47 на обеих секциях включается реле 217 (по проводам Э72, Э67, Э12), которое подает напряжение питания реле 218, клапанам нагрузочного устройства 263 или 262, клапанам реверсивных переключателей 64, 63. Реле 218 осуществляет включение контакторов 193, 194 и реле 206 по проводу Э1. Контактторы 193 и 194 вновь подадут питание 55 В от ТРПШ2 на БФИ ВИП 61 и 62, отключают сигнальную лампу Т, отключают реле времени 205, которое через 1—1,5 с включает реле 265. Последнее становится на самоподхват, подает питание 380 В на выходные усилители ВУВ и выключает лампу Р на пульте машиниста. Реле 265 также обеспечивает подачу напряжения 380 В на выходные усилители ВУВ с выдержкой времени после включения

контакторов 193 и 194, что необходимо для исключения сбоев в работе ВИП.

Выключение лампы Р свидетельствует об окончании сбора цепей рекуперативного режима. Дальнейшее управление рекуперативным режимом осуществляется перемещением тормозной рукоятки, с помощью которой, изменяя фазу импульсов управления тиристоров ВУВ, плавно регулируется ток возбуждения (в зоне высоких скоростей), а также перемещением главного штурвала из положения *И4* к положению *НР*, при котором изменяется противо-э. д. с. трансформатора (в зоне средних и низких скоростей).

Для прекращения режима рекуперативного торможения тормозная рукоятка устанавливается в положение 0. При этом отключаются контакторы 46, 47, снимая ток возбуждения, контактор 131 мотор-вентилятора блока стабилизирующих резисторов, реле 217 и 266.

Реле 217 отключает реле 265 и 218. Реле 265 снимает напряжение с выходных усилителей ВУВ 60 и включает сигнальную лампу Р на пульте машиниста, которая сигнализирует о разборке цепей торможения. Реле 266 снимает напряжение с катушек клапанов *Торможение* БП и ТП и подготавливает цепь питания для катушек *Тяга* БП и ТП. Реле 218, включаясь с выдержкой времени 2—3 с, отключает контакторы 193 и 194 и реле 206, снимая тем самым питание с выходных усилителей ВИП 61 и 62. Выдержка на отключение контакторов 193 и 194 необходима, чтобы избежать аварийного режима «опрокидывания» инвертора, при котором возникает короткое замыкание генераторов и трансформатора через плечи ВИП. Для предотвращения этого режима при разборке цепей рекуперации вначале необходимо снять ток возбуждения (отключить контакторы 46, 47 и реле 265), а только затем снимать импульсы управления ВИП (отключать контакторы 193 и 194).

Реле 206, включаясь с выдержкой времени, переводит БП, а затем и ТП в режим тяги. Блок-контакт ТП 49 отключает сигнальную лампу Р, а блок-контакт ТП 50 включает лампу Т на пульте. На этом заканчивается переход цепей для подготовки режима тяги. Лампа Р гаснет, сигнализируя об окончании разборки цепей торможения.

Пневматический выключатель *ПВУ2* в цепи контакторов 46, 47 контролирует давление воздуха в тормозных цилиндрах. При давлении 1,3—1,5 кгс/см<sup>2</sup> *ПВУ2* разбирает цепи рекуперации. Разборка цепей торможения возможна также при перегрузке цепей возбуждения (реле *РТВ2*), срабатывании быстродействующих выключателей 51—54 при «опрокидывании» инвертора.

Рассматриваемая схема цепей управления аппаратами внедрена с электровоза ВЛ80Р-1514. Цепи по этой схеме обеспечивают более быстрый переход из режима тяги в режим торможения (2—3 с вместо 7—8 с) за счет уменьшения задержки на отключение реле времени 205 и 206 с 2—3 до 1—1,5 с и исключения промежуточных реле 220 и 270, которые были установлены на электровозах ВЛ80Р

№ 1500—1513. Реле 220 использовалось в подготовительных, а реле 270 — в промежуточных операциях по сбору цепи питания контакторов 193 и 194. С включением реле 270 через его блок-контакт (провода 331—Н390) замыкалась цепь питания контакторов 193 и 194. Кроме того, в новой схеме снят контроль включения контакторов 193, 194 по включению контакторов 127 (128) сразу на обеих секциях, а применен контроль за включением контактора 193 по включению контактора 127, а контактора 194 — соответственно по включению контактора 128.

Измененная схема цепей управления уменьшила число последовательных операций.

Для исключения совместного действия электрического и пневматического тормозов на электровозе в схеме предусмотрены электроблокировочный клапан ВР и электропневматический клапан 261. В режиме тяги клапан ВР пропускает воздух в тормозные цилиндры, а в режиме торможения перекрывает доступ воздуха в тормозные цилиндры и соединяет их с атмосферой. Питание вентиля ВР осуществляется через блок-контакты реле 268 и пневматического выключателя ПВУ1.

При срыве электрического торможения блок-контактами реле 265 включаются лампа Р на пульте машиниста и реле 268, которое включает звуковой сигнал 260, клапан 261 и отключает цепь питания контакторов 46, 47. Через клапан 261 сжатый воздух подается на кран вспомогательного тормоза, который перепускает воздух из питательной магистрали в тормозные цилиндры электровоза. Звуковой сигнал указывает на срыв электрического торможения.

При снижении давления в тормозной магистрали ниже 2,9 — 2,7 кгс/см<sup>2</sup> происходит размыкание контакта ПВУ1, что обеспечивает отключение электрического тормоза. Во время электрического торможения допускается применение пневматического торможения краном вспомогательного тормоза. Однако при давлении в тормозных цилиндрах 1,3—1,5 кгс/см<sup>2</sup> размыкается контакт ПВУ2 и электрическое торможение снимается.

Цепи управления фазорасщепителями, мотор-вентиляторами, цепи освещения, ТРПШ1 на электровозах ВЛ80<sup>р</sup> выполнены аналогично соответствующим цепям электровозов ВЛ80<sup>г</sup> и ВЛ80<sup>к</sup> и здесь не рассматриваются.

### 13. ЦЕПИ ДАТЧИКА СИНХРОНИЗАЦИИ ДС

Для улучшения формы напряжения питания цепей синхронизации аппаратуры управления с сетью в режиме торможения на электровозах ВЛ80<sup>р</sup> с № 1528 устанавливают датчики синхронизации ДС, выполненные на базе синхронного реактивного двигателя СД-90У.

Датчик синхронизации (рис. 29) состоит из двигателя СД, фазосмещающей цепочки резистор R24 — конденсатор 441; демпфирую-



Рассмотрим последовательность работы аппаратов управления при наличии на электровозе датчика синхронизации.

В режиме тяги контактор 201 отключен и питание цепей синхронизации БУВИП80 осуществляется от трансформатора Т12. При этом датчик синхронизации ДС не работает.

При переходе в режим торможения в положении П тормозной рукоятки от провода Э8 получают питание реле времени 203, 204 и реле 202. Последнее включает пусковой конденсатор 442, шунтирует резисторы R23, R67 и подает питание на катушку контактора 201, который подключает двигатель СД к вторичной обмотке трансформатора Т12. При включении контактора 201 его блок-контакт разрывает цепь питания реле 203. Реле 203 и 204, последовательно отключаясь с выдержкой времени 5 с, снимают питание с реле 202, которое отключает пусковой конденсатор 442 и увеличивает сопротивление в цепи питания СД.

За время 5 с двигатель СД запускается, обеспечивая в дальнейшем питание цепей синхронизации БУВИП80 в режиме торможения.

По окончании запуска двигателя СД блок-контакт реле 204 подготавливает цепь питания катушки реле 217, которое, включаясь, позволяет закончить переход цепей в режим торможения, обеспечивая последовательное включение реле времени 218 (см. рис. 28), контакторов 193 и 194, реле 206 и 265. Введение блок-контактов реле 204 в цепь питания реле 217 предотвращает сбой по фазе синхрои́мпульсов в период запуска СД, однако увеличивает время перехода из режима тяги в режим торможения до 7—8 с.

#### 14. ЦЕПИ ЗАЩИТЫ ОТ БУКСОВАНИЯ И ЮЗА

Защита от буксования (в режиме тяги) и от юза (в режиме торможения) реагирует на разбаланс тока по параллельно включенным якорям тяговых двигателей. При возникновении буксования колесных пар тяговых двигателей М1, М2 или М3, М4 срабатывает соответственно реле 43 или 44 (см. рис. 16). Реле буксования 43 (44) включает реле 269 (рис. 30), сигнальную лампу «РБ» на пульте машиниста и электропневматический клапан песочниц 241 или 242. Реле 269 отключает реле времени 211 и 212, которые с выдержкой времени 0,5—0,6 с разрывают соответствующую высоковольтную цепь реле 43 (44). Последние в свою очередь отключают реле 269, сигнальную лампу «РБ» и клапан песочницы 241 (242). Реле 269 вновь подготавливает цепь реле времени 211 (212), которое восстанавливает высоковольтную цепь питания реле буксования 43 (44).

Если процесс буксования не прекратился, реле буксования 43 (44) включается и процесс повторяется. Реле времени 211 (212) и реле 269 исключают нахождение реле буксования во включенном состоянии после прекращения процесса буксования. При аварийных



При юзе срабатывает реле защиты РЗЮ (см. рис. 16) соответственно панели 15 или 16, которое обеспечивает включение реле 269, сигнальной лампы «РБ» и клапана песочниц 241 или 242. Далее последовательность работы аппаратов защиты сохраняется аналогичной при буксовании. Схемой предусмотрена возможность подсыпки песка под колесные пары электровоза при срабатывании автостопа ЭПК-150 и замыканий контактов реле 267 (оно временно отключено по указанию МПС).

Напряжение срабатывания реле *РЗЮ* принято 50 В с тем, чтобы исключить ложные срабатывания защиты при рабочих (допустимых) разбалахах токов по тяговым двигателям. Следует отметить, что из-за разности характеристик двигателей возможны кратковременные срабатывания защиты от юза при входе в режим рекуперативного торможения ( при малых токах возбуждения).

**81, 82, 410**

61

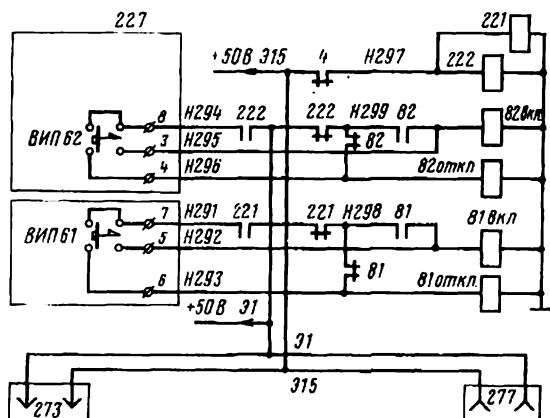


Рис. 31. Схема управления переключателями ВИП 31 и 82

Переключение аппаратов 81, 82 указанными кнопками возможно только при отключенном главном выключателе 4. Это достигается введением в цепь питания реле 221, 222 блок-контакта ГВ 4. При отключенном ГВ блок-контакты реле 221 и 222 создают цепи питания на кнопки ВИП61, ВИП62, которыми осуществляется необходимое переключение аппаратов 81, 82.

При включенном ГВ реле 221 и 222 отключаются, а питание соответствующих клапанов переключателей 81 и 82 осуществляется через их собственные блок-контакты.

С электровоза ВЛ80Р № 1507 в схеме предусматривается дистанционное управление переключателями 410 блоков 400 из любой кабины. Для этого на пультах машиниста имеются тумблеры 397 (398) — Блок управления I секции и Блок управления II секции (рис. 32). Включение переключателя 410 на любой секции возможно

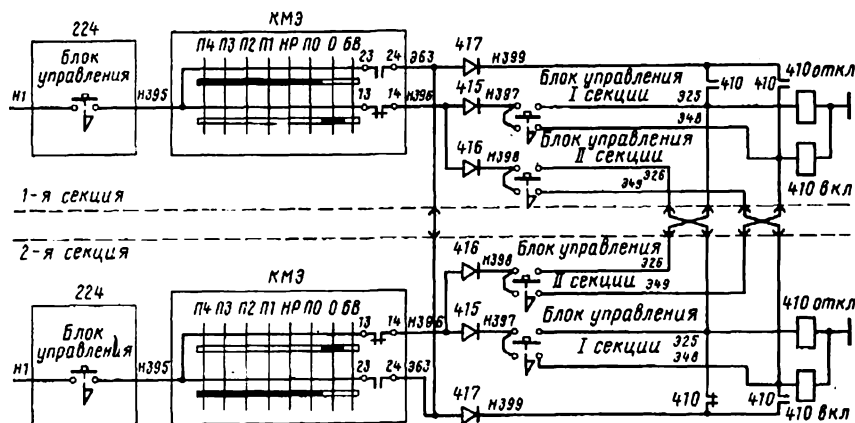


Рис. 32. Схема управления переключателями 410 блока управления

из кабины, в которой включена кнопка *Блок управления* на пульте 224, и только в нулевом положении штурвала контроллера машиниста.

В рабочем положении штурвала *КМЭ* катушки клапанов переключателей получают питание по проводу 363 через собственные блок-контакты.

## 16. ЦЕПИ СИГНАЛИЗАЦИИ

Сигнализация состояния работы оборудования осуществляется сигнальными лампами 301—317 (рис. 33) на панели пульта машиниста и 431—438, установленными в виде отдельного блока в кабине машиниста. Лампы световой сигнализации получают питание по проводу 355 при включении автомата ВА6 на блоке 215 и кнопки «Сигнализация» на блоке 224.

Лампы *ГВ, РЗ, В, ФР, МК, РБ, Тр, ЗБ* сигнализируют о работе соответственно главного выключателя, защит от замыканий на землю, вентиляторов *МВ1—МВ4* (см. рис. 16), расцепите-

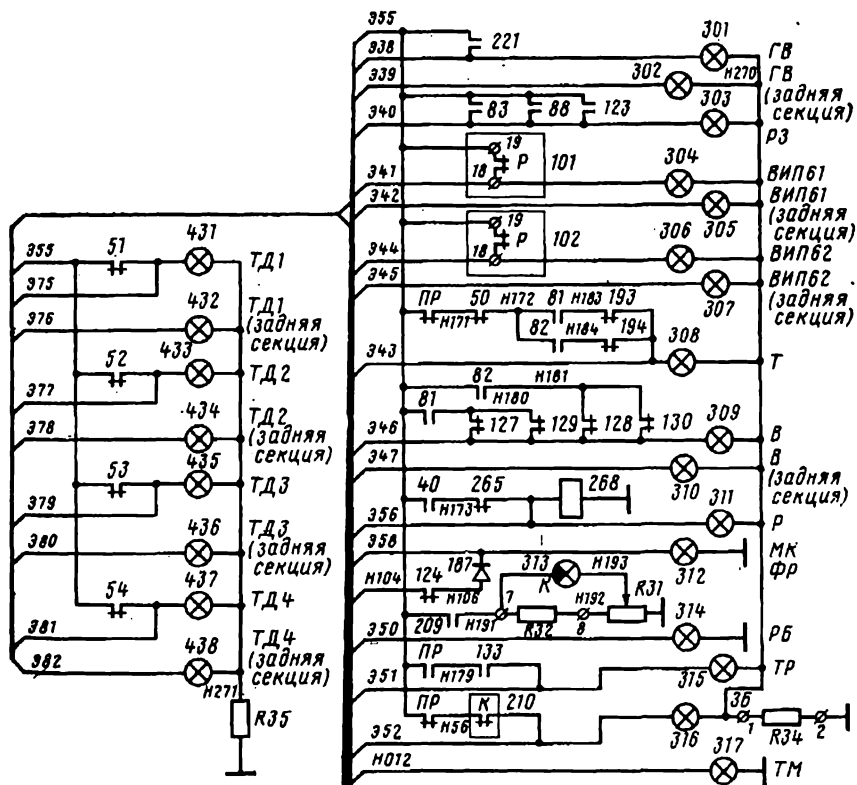


Рис. 33. Схема цепей сигнализации

ля фаз, мотор-компрессора, защит от буксования и юза, электромаслонасоса трансформатора, аккумуляторной батареей, *ТМ* — о нарушении целостности тормозной магистрали. Эти лампы контролируют работу оборудования, установленного на всех электровозах. Дополнительно на электровозе ВЛ80<sup>р</sup> введены сигнальные лампы *Т*, *Р*, *ТД1* — *ТД4*, *ВИП61*, *ВИП62*.

На пульте машиниста установлены два ряда ламп *ГВ*, *ВИП 61*, *ВИП 62*, *В*. Правый ряд относится к 1-й секции, левый — ко 2-й. Световые сигналы ламп: *ФР* — зеленый, *РВ* — белый, а остальных ламп — красный.

Лампой *Т* контролируется сборка цепей в режиме тяги. В цепь питания лампы *Т* введены блок-контакты переключателей *ВИП 61* и *ВИП 62*, а также контакторов *193* и *194*. Загорание лампы сигнализирует о снятии напряжения питания с выходных усилителей *ВИП*.

Лампой *Р* контролируется сборка цепей в режиме торможения. В цепь питания лампы включены блок-контакты тормозного переключателя *ТП49* и реле *265*. Загорание лампы *Р* сигнализирует о снятии напряжения питания с выходных усилителей *ВУВ* и разборке цепей торможения.

Лампы *ТД1* — *ТД4* контролируют работу быстродействующих выключателей *51*—*54* в цепях тяговых двигателей, что достигается введением в цепи питания ламп соответствующих блок-контактов. Загорание лампы сигнализирует об отключении быстродействующего выключателя соответствующего тягового двигателя.

Загорание лампы *ВИП61* или *ВИП62* сигнализирует о выходе из строя тиристора в одном из плеч соответствующего преобразователя. Лампа загорается при замыкании блок-контактов реле *Р* в блоках сигнализации пробоя тиристоров *101* (для *ВИП61*) и *102* (для *ВИП62*).

Сигнал о пробое одиночного тиристора *ВИП 61* или *62* формируется соответственно блоками *101* или *102*, расположенными в высоковольтной камере электровоза над силовым трансформатором.

Каждый блок сигнализации (рис. 34) состоит из двух панелей *П1* (1) и *П2* (2) (рис. 35). Панель *П2* крепится к панели *П1*. На панели *П1* установлены: трансформатор питания *Т1* (5) (см. рис. 34 и 35); трансформаторы-датчики пробоя *Т2* — *Т9* (6); выпрямительные мосты *V5* — *V36* (8), диоды *V1* — *V4* (4), магнитный усилитель *10*, реле пробоя вентилей *К* (12) типа РПВ-396, тумблеры *B1* — *B8* (7); резисторы *R5*, *R6*, *R8*, *R9*, *R21* — *R24* (11). В верхней части панели расположены 13 выводов для подсоединения проводов высокого напряжения от силовой части *ВИП*, в правой части — рейка *13* с выводами для подсоединения цепей сигнализации. На панели *П2* установлены резисторы *R1*, *R4*, *R12* — *R15*, *R17* — *R20*, *R25* — *R28* (3).

Устройство сигнализации о пробое одиночных тиристоров работает следующим образом. Резисторы, шунтирующие силовые

тиристоры в ВИП2-2200М и резисторы в блоках сигнализации  $R17$ ,  $R19$  и  $R21$  (плечо 1),  $R23$ ,  $R25$  и  $R27$  (плечо 2),  $R1$ ,  $R3$  и  $R5$  (плечо 3),  $R8$ ,  $R12$  и  $R14$  (плечо 4),  $R18$ ,  $R20$  и  $R22$  (плечо 5),  $R24$ ,  $R26$  и  $R28$  (плечо 6),  $R2$ ,  $R4$  и  $R6$  (плечо 7) и  $R9$ ,  $R13$  и  $R15$  (плечо 8) образуют мосты, соответствующие номеру плеча силовой схемы ВИП. В равнопотенциальные диагонали мостов включены соответствующие трансформаторы-датчики пробоя. В нормальном состоянии (все тиристоры целы) напряжения на первичных (вторичных) обмотках трансформаторов-датчиков должны быть равны 0.

Разброс параметров резисторов и тиристоров каждого из мостов уравнивается соответствием регулируемым резисторами  $R3$ ,  $R4$ ,  $R12$ ,  $R13$ ,  $R19$ ,  $R20$ ,  $R25$ ,  $R26$  типа ПЭВР-100. При пробое одного тиристора в плече мост теряет равновесие и на выходе транс-

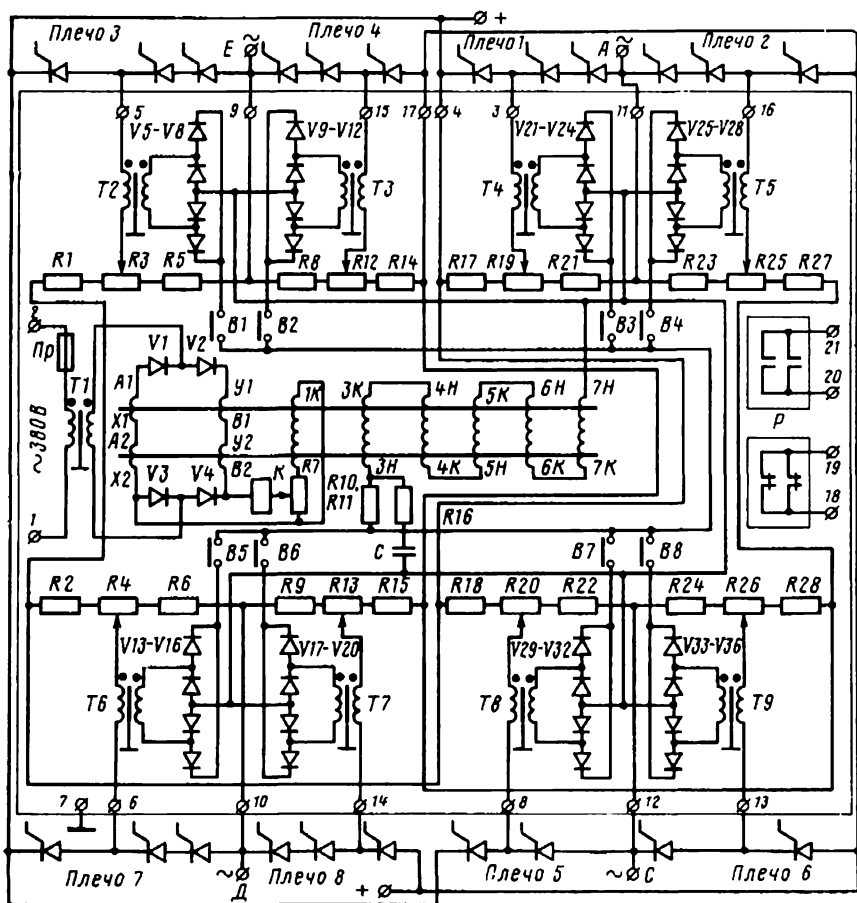


Рис. 34. Схема сигнализации о пробое тиристоров ВИП

форматора-датчика появляется напряжение разбаланса. Обмотки трансформаторов-датчиков нагружены на последовательно включенные обмотки управления  $3K - 3H, 4K - 4H, 5K - 5H, 6K - 6H, 7K - 7H$  магнитного усилителя ТУМ-3А-11 соответственно через выпрямительные мосты  $V21 - V24; V25 - V28; V5 - V8; V29 - V32; V9 - V12; V33 - V36; V13 - V16$  и  $V17 - V20$ , включенные по схеме «ИЛИ».

Цепочка  $R16 - C$  служит для защиты обмоток управления от перенапряжений. Магнитный усилитель ТУМ-3А-11 работает в релейном режиме. При достижении уставки магнитного усилителя срабатывает реле  $K$ , которое блок-контактом замыкает цепь питания ламп сигнализации ВП61, ВП62 (см. рис. 33) на пульте машиниста электропоезда, и выпадает бленкер реле  $K$  в соответствующем блоке защиты. Для быстрого выявления поврежденного плеча предусмотрены тумблеры  $B1 - B8$ .

Настройку защиты осуществляют при помощи высокоомного вольтметра или ампервольтметра, подключаемого параллельно первичной или вторичной обмотке трансформатора-датчика. Если прибор показывает напряжение разбаланса, то необходимо резисторами  $R3, R12, R13, R19, R20, R24, R25$  или  $R26$  уравновесить мосты соответствующих плеч ВП.

При выходе из строя одного тиристора в плече, о чем сигнализирует загорание ламп ВП61 или ВП62, работоспособность преобразователя сохраняется. Машинист имеет право следовать дальше до прибытия в депо, где вышедший из строя тиристор должен быть заменен. Однако, если вес поезда позволяет вести его на шести тяговых двигателях, то рекомендуется отключить переключателем 81 или 82 ВП с вышедшим из строя тиристором.

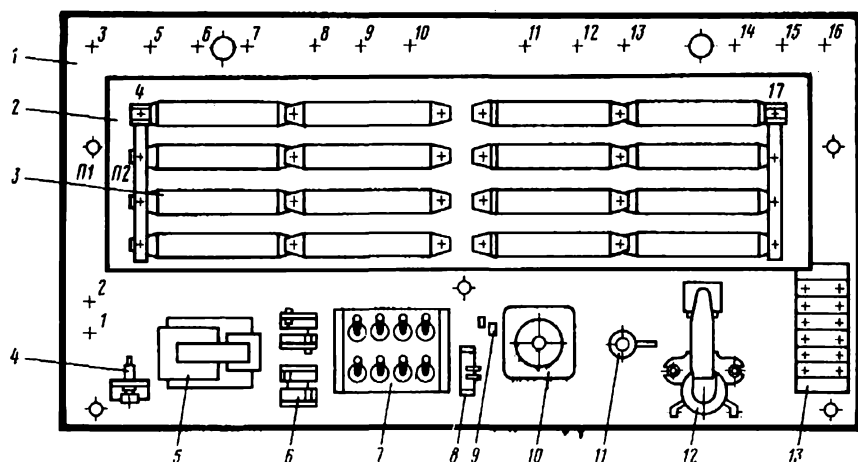


Рис. 35. Панель сигнализации о пробое тиристоров ВПЦ

Защита ВВП 61 и 62 при сквозном пробое плеча осуществляется реле перегрузки *РТ1 — РТ6* (см. рис. 16), которые отключают главный выключатель.

## 17. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗОМ

При управлении электровозом ВЛ80<sup>р</sup> в режиме тяги машинист должен выполнить следующие основные операции:

- поднять задний по ходу движения токоприемник;
- включить главный выключатель;
- запустить вспомогательные машины;
- включить необходимые буферные фонари и освещение;
- реверсивную рукоятку установить в положение, соответствующее направлению движения;

главный штурвал контроллера машиниста перевести в положение *ПО*, на котором осуществляется сбор цепей в тяговом режиме. В положении *ПО* штурвал задержать до выключения сигнальной лампы *Т* (см. рис. 33);

перевести штурвал в положение *НР*. Плавным передвижением из положения *НР* в направлении *П1* задать ток тяговых двигателей, при котором обеспечивается трогание поезда с места.

После трогания для разгона поезда следует поддерживать ток тяговых двигателей постоянным, передвигая плавно главный штурвал в положения *П1 — П4*. Пусковой ток, время разгона электровоза до необходимой скорости зависят от веса поезда, профиля и состояния пути.

По мере возрастания скорости в случае возникновения буксования целесообразно снизить пусковой ток. Опыт эксплуатации электровозов ВЛ80<sup>р</sup> на Северо-Кавказской дороге показывает, что пусковой ток тяговых двигателей во избежание буксования целесообразно поддерживать при трогании 1200 А, в конце I зоны — 1100 А, II — 1000 А, III — 975 А, IV — 950 А. Длительный ток должен быть 800—820 А.

Для увеличения скорости движения необходимо главный штурвал КМЭ передвигать в сторону положения *П4*, контролируя по приборам ток и напряжение на двигателях. Дальнейшее увеличение скорости может быть достигнуто за счет применения ступеней ослабления возбуждения тяговых двигателей. Для улучшения энергетических показателей электровоза рекомендуется ступени ослабления при необходимости применять в положениях главного штурвала, близких к положениям *П2, П3, П4*. Для уменьшения скорости движения необходимо, выключив ступени ослабления возбуждения, главный штурвал плавно передвигать в сторону положения *О*. В положении *О* тяга снимается полностью, так как отключаются контакторы 193 и 194.

Управляя электровозом в режиме рекуперативного торможения, надо иметь в виду следующие особенности выбора режима работы электровоза. Зону регулирования для применения рекуперативного

торможения необходимо выбирать в зависимости от скорости движения. При 80—60 км/ч рекомендуется применять IV зону регулирования, при 65—40 км/ч — III, при 40—20 км/ч — II, при 20—0 км/ч — I.

Тормозные характеристики электровоза на всех зонах являются непрерывными и перекрывают друг друга, что облегчает выбор режима ведения поезда. Конец зоны регулирования (по положению главного штурвала КМЭ) соответствует большим скоростям ведения поезда.

При необходимости торможения, выбрав, не снимая тяги, зону, соответствующую скорости, устанавливают тормозную рукоятку в положение *П*. После сбора цепей рекуперации (загорается, а затем гаснет лампа *Р* на пульте машиниста), плавно увеличивая ток возбуждения тормозной рукояткой, осуществляют вход в режим рекуперации и задают необходимые по условиям ведения поезда токи якоря и возбуждения. По условиям коммутации двигателей при высоких скоростях движения ток возбуждения не должен быть ниже 0,43 тока якоря.

На электровозах, оборудованных блоком противокомпаундирования БПК, допускается более быстрый перевод тормозной рукоятки в зону *Торможение*, так как плавный вход в режим торможения обеспечивается в течение 7—8 с автоматически БПК.

При необходимости дальнейшего снижения скорости, установив максимальный ток возбуждения, тормозное усилие, а следовательно, и ток рекуперации можно поддерживать, плавно вращая штурвал КМЭ в сторону низких зон регулирования.

Для остановочного торможения по мере движения штурвала на I зоне к положению *НР* осуществляется переход в режим противовключения тяговых двигателей.

Такой способ управления электровозом в режиме рекуперации является основным. Однако в некоторых случаях можно применять и другой порядок перехода в режим торможения. Например, перед сбором цепей торможения главный штурвал устанавливают в положение *П1*. При этом плавно уменьшается ток режима тяги и затем уже собирают цепи торможения переводом тормозной рукоятки в положение *П*. В этом случае перед началом регулирования тока возбуждения главный штурвал необходимо вернуть на зону, соответствующую скорости движения. Дальнейшие операции по управлению остаются аналогичными.

Необходимо избегать сборки цепей торможения: в пределах I зоны при высоких скоростях, так как возникающий режим противовключения двигателей приведет к срабатыванию быстродействующих выключателей.

Допускается также независимо от скорости движения всегда осуществлять сбор цепей торможения на высшей IV зоне регулирования (в положении штурвала *П4*). Если скорость соответствует высшей зоне, то, увеличивая ток возбуждения, задают режим торможения. Если же скорость движения не соответствует высшей зоне



регулирования, то, установив ток возбуждения 600—700 А, необходимо, вращая штурвал в сторону низшей зоны, войти в режим торможения.

Если перед применением рекуперативного торможения электровоз следовал на выбеге, то собрать цепи торможения возможно без предварительного сбора цепей тяги. Для этого, включив все вентиляторы, необходимо резким движением перевести главный штурвал из положения *О* через положение *ПО*. Убедившись, что на двигателях нет нагрузки, переводят штурвал в положение *П4*.

При резком перемещении главной рукоятки через положение *ПО* теряет питание реле 264 (см. рис. 28 и не успевают включиться контакторы 193 и 194. Далее устанавливают тормозную рукоятку в положение *П*. Цепи торможения собираются в последовательности, аналогичной ранее рассмотренной, с той лишь разницей, что контакторы 193 и 194 оказались отключенными раньше. После окончания сборки цепей задают необходимый режим торможения.

Для прекращения рекуперативного торможения в первую очередь необходимо тормозную рукоятку установить в нулевое положение, а затем перевести в положение *О* главный штурвал.

## IV

### УСТРОЙСТВО И РАБОТА ТИРИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

#### 18. СИЛОВЫЕ ТИРИСТОРЫ

Для выпрямительно-инверторных преобразователей электровозов ВЛ80<sup>р</sup> применены силовые тиристоры Т2-320 таблеточной конструкции (рис. 36) и несколько модификаций охладителей к ним. Эти тиристоры предназначены для работы в условиях эксплуатации подвижного состава, имеют высокую надежность и необходимые технические характеристики (табл. 1).

При повреждении тиристор ремонту не подлежит и должен быть заменен. Характер возможных повреждений тиристора и способы их обнаружения приведены в главе VII. В рабочем состоянии таблетка должна быть сжата определенным усилием и от нее должно интенсивно отводиться тепло, возникающее при прохождении силового тока. Эти функции выполняет охладитель с прижимным устройством. Таблеточные тиристоры Т2-320 в преобразователях электровозов ВЛ80<sup>р</sup> применяют с тремя типами охладителей.

На последних партиях электровозов ВЛ80<sup>р</sup> в силовых преобразователях применены экструзионные охладители (рис. 37), которые имеют высокие точность изготовления и качество, что позволило на тех же таблетках получить на 10—15% больший предельный ток. Тиристор закрывается изоляционной крышкой. Контроль нажатия

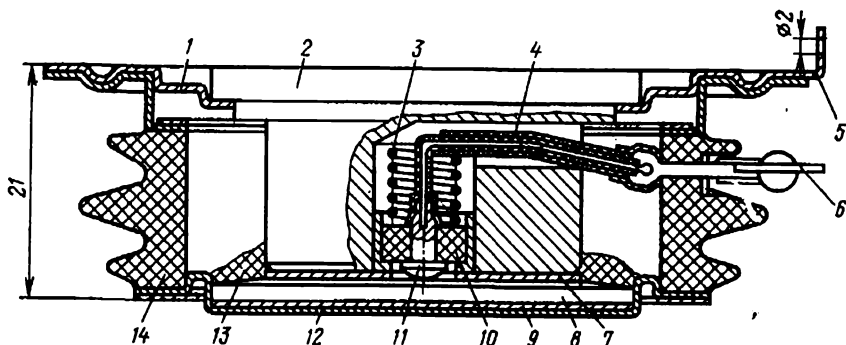


Рис. 36. Тиристор Т2-320:

1 — манжета (катод); 2 — медное основание; 3 — пружина; 4 — управляющий вывод; 5 — ушко; 6 — наконечник управляющего вывода; 7, 9 — прокладки; 8 — выпрямительный элемент; 10 — изоляционная втулка; 11 — стержень со сферической головкой; 12 — металлическая крышка (анод); 13 — изолирующее кольцо; 14 — корпус-изолятор

Таблица 1

Показатель	Тип тиристора	
	Т2-320	ТЛ200
Предельный ток с применяемым охладителем, А . . . . .	320	200
Класс . . . . .	14—15	6—10
Максимальное допустимое напряжение повторяющееся (амплитуда), кВ	1,4—1,5	0,6—1,0
Система охлаждения . . . . .	Воздушная принудительная	
Скорость охлаждающего воздуха между ребрами охладителя, м/с . .	Не менее 12	
Время восстановления запирающей способности не более, мкс . . . . .	150	100
Прямое падение напряжения, В . .	0,6—0,78	0,6—0,85
Допустимая максимальная скорость нарастания напряжения, В/мкс . .	200	200
Допустимая максимальная скорость нарастания прямого тока, А/мкс . .	70	70
Время включения тиристора не более, мкс . . . . .	30	15
Максимальная допустимая амплитуда тока перегрузки 10 мс после номинальной нагрузки, кА . . . . .	7,5	2,5
Диапазон рабочей температуры на корпусе, °С . . . . .	От +85 до —50	
Усилие сжатия таблетки, кгс . . .	800—1200	—
Закручивающий момент, кгс·м . .	—	5,0
Допустимое значение импульса обратного тока, А . . . . .	—	6
Минимальная амплитуда тока управления, А . . . . .	0,8	0,5
Минимальная длительность тока управления, мкс . . . . .	700	500
Минимальная допустимая скорость нарастания тока управления, А/мкс	0,2	0,1
Максимальная мощность цепи управления, Вт . . . . .	25	20
Масса тиристора с охладителем, кг	3,8	1,1
Диаметр шайбы, мм . . . . .	40	16

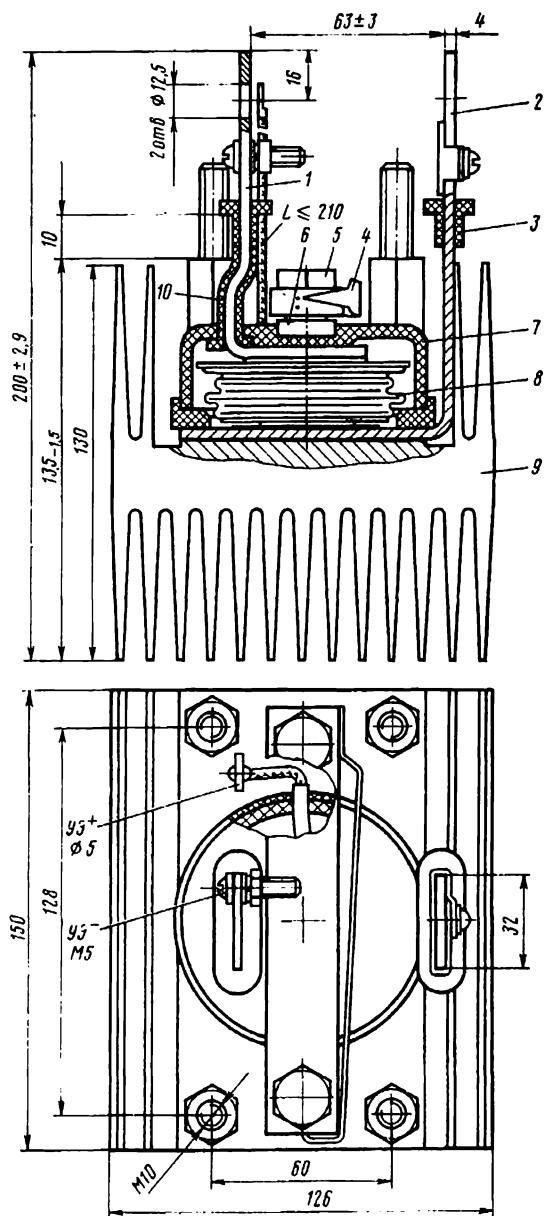


Рис. 37. Тиристор Т2-320 с экструзионным охладителем и прижимным устройством:

1 — катодная шина; 2 — анодная шина; 3, 10 — резиновые изоляторы; 4 — стрелочный указатель; 5 — траверса; 6 — пятка; 7 — изоляционный колпак; 8 — тиристор; 9 — охладитель

на таблетку осуществляется с помощью стрелочного указателя. Маркировочную бирку крепят к выводной шине. На пяти электро-возах выпуска конца 1976 г. установлены несколько преобразователей, собранных на тиристорах Т2-320 с охладителями измененного («елочка») профиля, более простых в изготовлении, но позволяющих снимать несколько меньший ток. Конструкции самого тиристора и прижимного устройства не претерпели изменений. Выпрямительные установки возбуждения всех выпущенных электровозов ВЛ80<sup>р</sup> собраны на тиристорах ТЛ200 (или ТЛ2-200). Первые три электровоза на таких тиристорах имели и выпрямительно-инверторные преобразователи.

Тиристоры ТЛ200 имеют более низкие параметры, чем таблеточные тиристоры (см. табл. 1), а их конструкция существенно отличается от последних [1, 2]. Основные технические данные тиристора помещены в индивидуальном или групповом паспорте на прибор, а сокращенные — написаны на корпусе (дата выпуска, тип, класс, группы по допустимым скоростям нарастания напряжения и тока и по времени выключения, прямое падение напряжения в сотых долях вольт).

При работе электровоза тиристоры осуществляют несколько миллионов включений и выключений в сутки и могут работать много лет без снижения своих качеств. Однако тиристоры боятся перегрузок и перенапряжений и поэтому нуждаются в защите от аварийных режимов. В электрических схемах с этой целью предусматривают специальные устройства. В электровозных преобразователях одновременно работает много тиристоров, так как мощность одного прибора ограничена, причем они соединяются в последовательные и параллельные цепи. Для обеспечения надежной продолжительной работы тиристоры подбирают по техническим характеристикам (классу, времени выключения, прямому падению напряжения и др.) и предусматривают специальные схемы. Преобразователи комплектуют тиристорами с минимальным разбросом по суммарному падению напряжения в параллельных ветвях. В идеальном случае эти значения должны совпадать до сотых долей вольт. В эксплуатации допускается заменять тиристоры при условии, что максимально допустимый разброс по суммарному падению напряжения параллельных ветвей не должен превышать  $0,02 n$  (где  $n$  — число последовательно включенных тиристоров в данном плече). При этом тиристоры подбирают по двум точкам вольт-амперных характеристик — при предельном токе и  $\frac{1}{4}$  предельного. Это обеспечивает хорошее де-

ление тока по параллельным ветвям. Важным условием нормальной работы тиристора является подача на его управляющий электрод импульсов управления, строго определенных по току и напряжению, а также по крутизне нарастания ( $0,2 \text{ А/мкс}$ ) (рис. 38). Превышение нормированных значений может вызвать повреждение цепи управления, а снижение их — привести к задержке включения тиристора, повышенным потерям в нем и как следствие к поврежде-

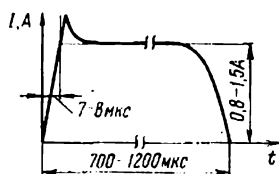


Рис. 38. Форма импульса тока управления тиристора

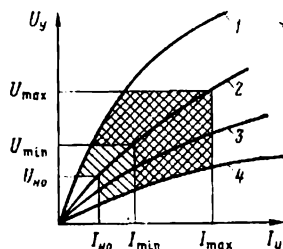


Рис. 39. Вольт-амперные характеристики управления тиристора

нию данного тиристора или перегрузке других тиристоров преобразователя. Кроме того, тиристоры не должны отпираться импульсами, поступающими или наведенными в цепях управления от различных электромагнитных процессов в электрических цепях. В соответствии с этими требованиями система управления тиристорами должна обеспечить на всех тиристорах преобразователей импульсы управления, удовлетворяющие вольт-амперным характеристикам управления (рис. 39) различного наклона (кривые 1—4). При этом параметры импульсов управления не должны быть меньше  $U_{\min}$ ,  $I_{\min}$  и больше  $U_{\max}$ ,  $I_{\max}$ . А все возможные помехи в цепях управления не должны превышать значения тока и напряжения неотпирания цепей управления ( $I_{\text{но}}$ ,  $U_{\text{но}}$ ).

На рис. 39 область параметров импульсов управления, гарантирующих бесперебойную работу тиристоров во всех температурных условиях, показана двойной штриховкой. Область гарантированного неотпирания тиристоров не заштрихована, а область резервная (на разброс параметров и величин) — показана одинарной штриховкой.

Следует иметь в виду, что указанные области имеют различные размеры для тех или иных типов тиристоров. При изменении температуры области изменяются для одних и тех же типов тиристоров. При увеличении температуры области управления уменьшаются, т. е. необходимые значения напряжения и тока управления снижаются, а при снижении, наоборот, увеличиваются. Таким образом, наиболее тяжелые условия отпирания тиристоров возникают зимой, во время больших морозов. Ложные же отпирания тиристоров от помех наиболее вероятны летом, во время жаркой погоды.

## 19. СХЕМА СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ ВИП

Каждое плечо ВИП (рис. 40)\* собрано из семи параллельных рядов тиристоров Т2-320, которые работают одновременно и обеспечивают протекание рабочих токов в обмотках якорей двух тяговых

\* Рисунок помещен в конце книги на вклейке.

двигателей — 1760 А в часовом режиме и 3100 А в режиме 15-минутного пуска.

Плечи 1, 2, 7, 8 имеют по 3 последовательно включенных тиристора 15-го класса, плечи 3, 4 — по 3 14-го класса, а плечи 5 и 6 — по 2 тиристора 14-го класса.

Для улучшения деления тока по параллельно включенным тиристорам в каждый ряд двух смежных плеч включены индуктивные делители тока. Кроме того, для этой же цели производится подбор тиристоров по прямому падению напряжения, описанный выше. Рис. 41 поясняет включение всех индуктивных делителей ВИП.

Равномерное деление напряжений между последовательно включенными тиристорами каждого плеча, а также снятие коммутационных перенапряжений обеспечиваются включением емкостно-омических блоков выравнивания напряжений *БВН1* и *БВН2*. Каждый из них состоит из одинаковых ячеек, число которых соответствует числу последовательно включенных тиристоров. Ячейка состоит (см. рис. 40) из шунтирующих резисторов (*R1* и *R3*) и включенной параллельно им емкостно-омической цепочки *C1—R5* (для одной ячейки *БВН2*).

Оборудование ВИП рассчитано так, что при выходе из строя одного тиристора он может продолжать работать без ограничения мощности до захода электровоза в депо.

Для упрощения вспомогательных цепей управления и защиты между всеми средними рядами тиристоров, работающих параллельно, включены резисторы связи *R225—R231* (для плеча 5), которые имеют малое сопротивление (около 0,1 Ом). Эти резисторы образуют контуры тока для нормальной работы блоков выравнивания напряжений (*БВН*) и цепей управления тиристорами. Схема включения резисторов связи выбрана так, что при случайном повреждении одного из резисторов прерывается цепь управления только одного параллельного ряда тиристоров, в то время как остальные шесть рядов работают нормально. На электровозах ВЛ80Р до № 1512 применя-

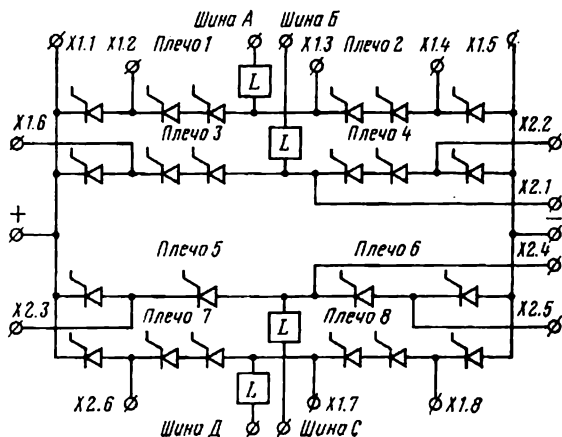


Рис. 41. Упрощенная схема включения индуктивных делителей ВИП

лась схема, при которой повреждение одного резистора связи могло привести к отказу нескольких цепей силовых тиристоров.

Конденсаторы *C85—C98* подключены к цепям управления каждого тиристора для исключения влияния помех на ложное открытие тиристора без поступления рабочего импульса управления.

В цепи управления каждого тиристора установлены раздаточные резисторы (*R85—R98*), служащие для выравнивания токов импульсов управления, и диоды *V239—V252*, предназначенные для обеспечения правильной полярности импульсов управления и подавления помех.

Каждое плечо ВИП работает в последовательности, определяемой диаграммой включения тиристорov на четырех зонах в тяговом и тормозном режимах электровоза (выпрямительный и инверторный режимы работы ВИП). На выводы управления всех тиристорov плеча одновременно подаются отпирающие импульсы тока большой крутизны. Благодаря БВИ потенциальные условия на последовательно включенных тиристорах примерно одинаковы, что также создает условия их синхронной работы.

Подбор тиристорov по прямому падению напряжения и индуктивные делители тока обеспечивают распределение токов по параллельным рядам равномерно в пределах  $\pm 10\%$ .

Для сигнализации машинисту о пробое тиристора ВИП или повреждении БВИ и цепей управления служит устройство, описанное в параграфе 16.

## 20. СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ УПРАВЛЕНИЯ ВИП

Блок формирования импульсов управления (БФИ) включает в себя для каждого плеча ВИП один предварительный каскад *ПК* и два или три (по числу последовательно включенных силовых тиристорov плеча ВИП) выходных каскада *ВК*. На рис. 42, *a* в качестве примера показана схема БФИ и БИТ для 7-го плеча ВИП. Для остальных плеч ВИП схемы построены аналогично.

БФИ представляет собой двухкаскадный усилитель на транзисторах с трансформаторным выходом в виде БИТ и трансформаторной связью между каскадами.

Работа выходного усилителя протекает следующим образом. От блока питания на вход (провода *1* и *2*) подается постоянное напряжение 55 В. В соответствии с алгоритмом управления от БУВИП на вывод *X4.9* поступают импульсы управления, которые через цепь помехоподавления *V2*, *V11*, *R2* и *R5* подаются на базу транзистора *V14 ПК*. Транзистор отпирается и ток протекает по цепи: «плюс» блока питания, провод *1*, сдвоенный разъем, предохранитель *F*, провод *3*, обмотка межкаскадного трансформатора *T K1—H1*, провод *12*, коллектор *K*, эмиттер *Э* транзистора *V14*, диоды *V7—V9*, провод *2*, «минус» блока питания. При этом во всех пяти вторичных



обмотках трансформатора  $T$  образуются усиленные импульсы, длительность которых определяется временем насыщения  $T$ . Обмотка  $H3-K3$  служит для образования положительной обратной связи, обмотка  $H2-K2$  — для отсечки (сокращения длительности) импульсов управления в инверторном режиме работы ВИП. Это необходимо, чтобы предотвратить возможный срыв работы ВИП при слишком длительном импульсе управления. Импульсы с этой обмотки поступают на выводы  $X3$  соответствующих плеч. По цепи:  $R9$ , провод 25, стабилитрон  $V12$ , провод 24, диод  $V5$  отпирается шунтирующий тиристор  $V15$  и транзистор  $V14$  запирается.

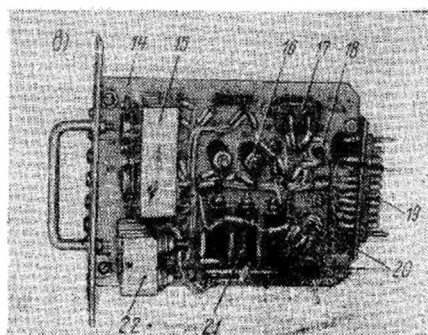
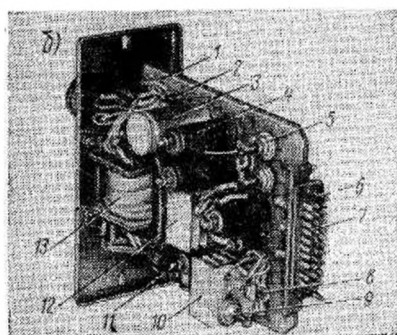
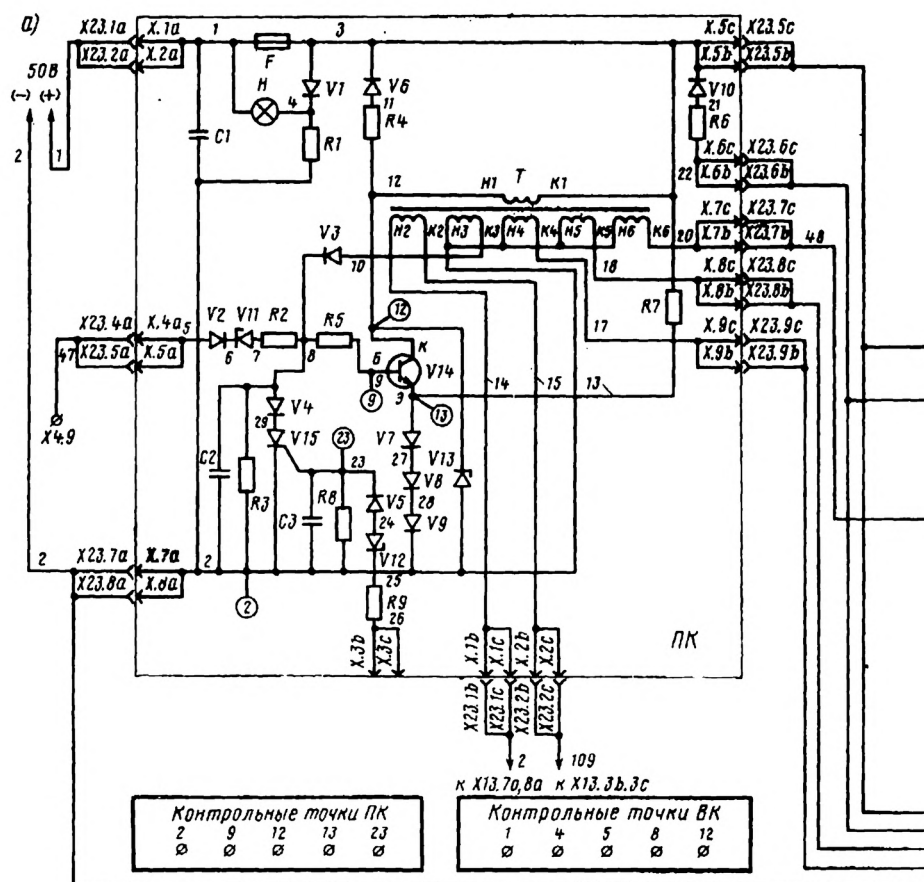
С остальных трех обмоток  $T$  ( $H4-K4$ ,  $H5-K5$ ,  $H6-K6$ ) импульсы управления подаются на базы работающих попарно-параллельно транзисторов  $BK$  ( $V8$  и  $V9$ ), в которых происходит второе усиление импульсов. Каждая пара транзисторов обеспечивает импульсы управления на один ряд силовых тириستоров ВИП.

Рассмотрим процесс образования импульса управления на  $БИТ1$ . После подачи импульса управления со вторичной обмотки  $T$  через ограничивающие резисторы  $R2$  и  $R3$  на базы транзисторов соответственно  $V8$  и  $V9$  они отпираются. «Плюс» источника питания по проводу 1 проходит по цепи  $BK$ : провод 1, резистор  $R1$ , конденсатор  $C1$ , диод  $V3$ , провод 2 (минус). Конденсатор  $C1$  заряжается и находится в таком состоянии, пока транзисторы  $V8$  и  $V9$  заперты. Как только они отпираются, конденсатор  $C1$  разряжается на первичную обмотку  $H1-K1$  импульсного трансформатора  $T4$  по цепи: диод  $V2$ , транзисторы  $V8$ ,  $V9$ , диоды  $V5$ ,  $V6$ , провод 12, сдвоенные разъемы, обмотка  $K1-H1$ , разъемы,  $C1$ . При этом на обмотке  $T4$  образуется короткий импульс с крутым передним фронтом, что необходимо для надежного и одновременного отпирания силовых тиристоров данного плеча ВИП.

Одновременно с образованием короткого импульса происходит формирование и менее крутого, но более длительного импульса управления по цепи: «плюс» источника, провод 1, первичная обмотка импульсного трансформатора  $T1$ ,  $H1-K1$ , коллектор—эмиттер транзисторов  $V8$ ,  $V9$ , диоды  $V5$ ,  $V6$ , провода 12, 2, «минус» источника энергии. Увеличенная длительность импульсов управления необходима, чтобы обеспечить нормальную работу силовых тиристоров. Оба импульса управления накладываются друг на друга во вторичной цепи импульсных трансформаторов и подаются на управляющие выводы силовых тиристоров.

Резистор  $R4$  и диод  $V6$  образуют контур гашения противо-э. д. с. трансформатора  $T$ . Диоды  $V7$ ,  $V8$ ,  $V9$  в эмиттерной цепи транзистора  $V14$  служат для создания отрицательного смещения и обеспечения надежной работы транзистора. С этой же целью в эмиттерные цепи транзисторов  $BK$  включены резисторы  $R5$ ,  $R6$  и диоды  $V5$ ,  $V6$ . Диод  $V1$  шунтирует переход  $B-E$  транзисторов в обратном направлении.

Большое внимание в блоках БФИ и БИТ уделено подавлению возможных помех, чтобы избежать образования ложных импульсов



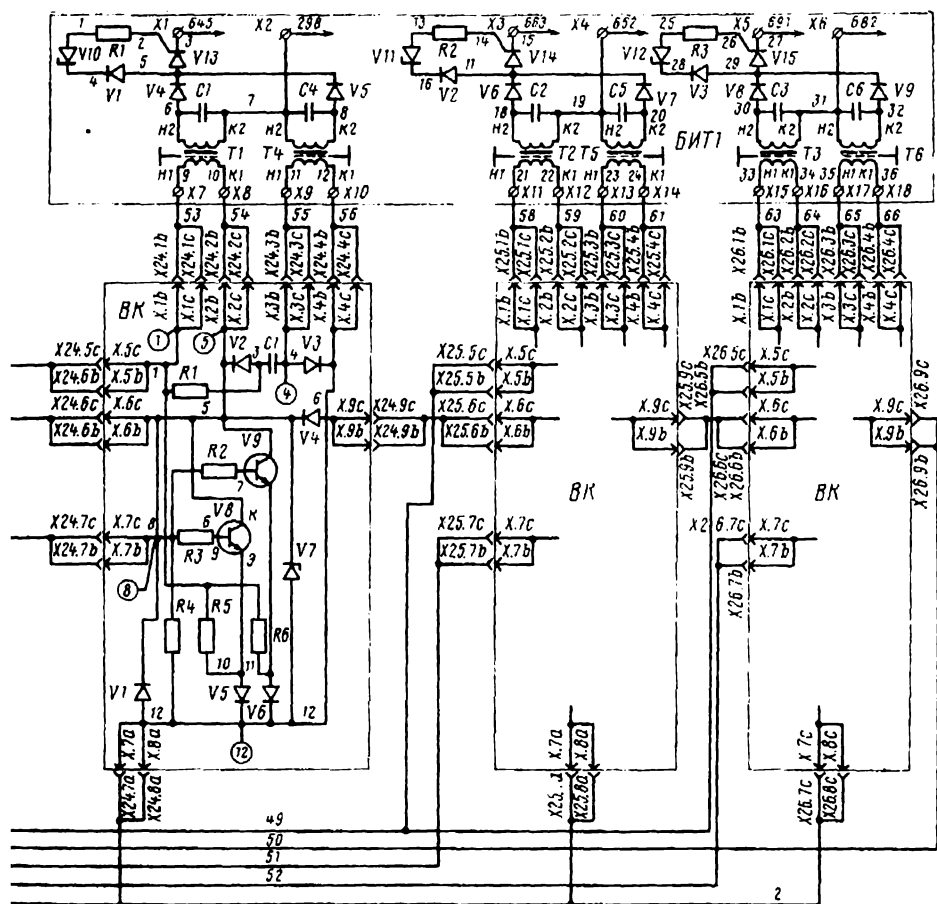
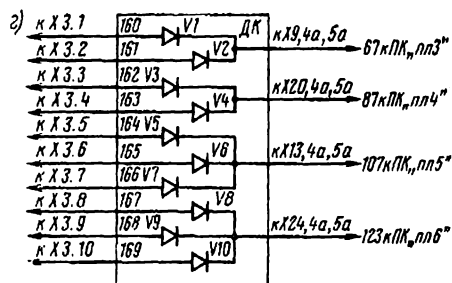


Рис. 42. Схема БФИ и БИТ плеча ВИП (а), кассеты ПК (б) и ВК (в) и схема диодного коммутатора (г):

1 — изоляционная панель; 2 — диод; 3 — конденсатор; 4 — резистор; 5, 9 — диоды; 6 — направляющие штыри; 7 — ножные выводы; 8 — стабилитрон; 10 — охладитель; 11 — предохранитель; 12 — транзистор с охладителем; 13 — трансформатор; 14 — панель; 15 — охладитель с диодом и стабилитроном; 16 — резистор; 17 — конденсатор; 18, 20 — диоды; 19 — ножные выводы; 21 — резистор; 22 — охладитель с транзисторами



управления или предупредить пропуски импульсов, так как эти режимы могут вызвать в силовой цепи броски или провалы тока. Так, между первичными и вторичными обмотками трансформаторов предусмотрены экранирующие заземленные обмотки (экраны), вторичные обмотки шунтированы конденсаторами  $C1$ ,  $C4$ ; на выходе БИТ имеются цепочки помехоподавления, состоящие из диодов  $V4$ ,  $V5$  и тиристора  $V13$ , в цепи управления которого также имеется защита от помех в виде диода  $V1$  и стабилитрона  $V10$ . Тиристор включения отсечки импульсов управления  $\alpha_{per}$  в моменты отпирания ВИП в инверторном режиме (при угле  $\beta$ ) также имеет цепочки помехоподавления — конденсатор  $C3$ , резистор  $R8$ , диод  $V5$  и стабилитрон  $V12$ .

От токов короткого замыкания и перегрузки предусмотрена защита цепей плавким предохранителем  $F$ , при перегорании которого загорается сигнальная лампа  $H$ .

Для удобства обслуживания в эксплуатации в кассетах (блоках) ПК и ВК (рис. 42, б и в) имеются контрольные точки, выведенные на лицевую сторону панелей. Места подсоединения контрольных точек указаны на рис. 42, а кружками.

Для согласования выходов цепей БУВИП с входами ПК БФИ служит диодный коммутатор (рис. 42, г), имеющий 10 диодов  $V1—V10$ .

Правильность работы БФИ и БИТ можно проверить по формам напряжения на соответствующих элементах (рис. 43). На вход выходных транзисторных усилителей (каскад ПК) подаются от БУ ВИП импульсы управления (рис. 43, а) длительностью не менее 50 мкс трапецеидальной формы. В базовой цепи транзистора  $V14$  (см. рис. 42, а) импульс расширяется до 700—1200 мкс и теряет крутизну фронта (рис. 43, б). Аналогичную форму и длительность имеют базовые импульсы на транзисторах  $V8$  и  $V9$  в ВК (рис. 43, в). Форма напряжений на коллекторах транзисторов  $V8$ ,  $V9$ ,  $V14$  также одинакова (рис. 43, г). Напряжения на импульсных трансформаторах  $T1$  и  $T4$  (рис. 43, д и е) складываются и образуют выходной импульс, поступающий на управляющие выводы тиристоров (рис. 43, ж).

Следует иметь в виду, что в режиме рекуперации на некоторых плечах силовых преобразователей длительность импульсов управления искусственно сокращается для предотвращения возможности «опрокидывания» инвертора до начала зоны коммутации. В других режимах указанные параметры импульсов должны обеспечивать системой формирования.

Блок питания БФИ представляет собой (см. рис. 16) трансформатор, регулируемый подмагничиванием шунтов (ТРПШ), и регулятор напряжения (панель РЩ). В отличие от обычной конструкции в блоке питания БФИ установлен дополнительный мощный блок конденсаторов для уменьшения колебаний напряжения при формировании импульсов управления на большом числе силовых тиристоров.

Блок защиты ВИП от пониженного напряжения цепей питания БФИ (рис. 44) служит для предотвращения подачи на силовые тиристоры преобразователя импульсов управления малой амплитуды тока. Такой режим опасен тем, что при определенном значении импульсов часть силовых тириستоров включится в работу, а часть может остаться запертой. При этом образуются аварийные контуры токов через резисторы связи и последние выгорают. Включение ВИП с вышедшими из строя резисторами связи приводит к повреждению силовых тириستоров. В связи с этим при понижении напряжения питания ниже допустимого значения необходимо мгновенно снять импульсы управления с ВИП, чтобы предотвратить указанный аварийный режим. Принцип работы заключается в работе транзисторного ключа на катушку быстродействующего исполнительного реле  $K$ . В диапазоне нормальных значений напряжения источника питания (49—61 В) транзистор  $V3$  включается по цепи: «плюс» источника, провод 1, регулируемый резистор  $R1$  (служит для подстройки уровня срабатывания реле), стабилитроны  $V1$  и  $V2$ , база транзистора  $V3$ , эмиттер, провод 2, «минус» источника.

В коллекторно-эмиттерную цепь включена катушка реле  $K$ . Группа параллельных контактов реле  $K$  подключает общий минусовый провод, идущий от катушек контакторов 193 и 194 (см. рис. 16) и становится возможной нормальная работа преобразователя.

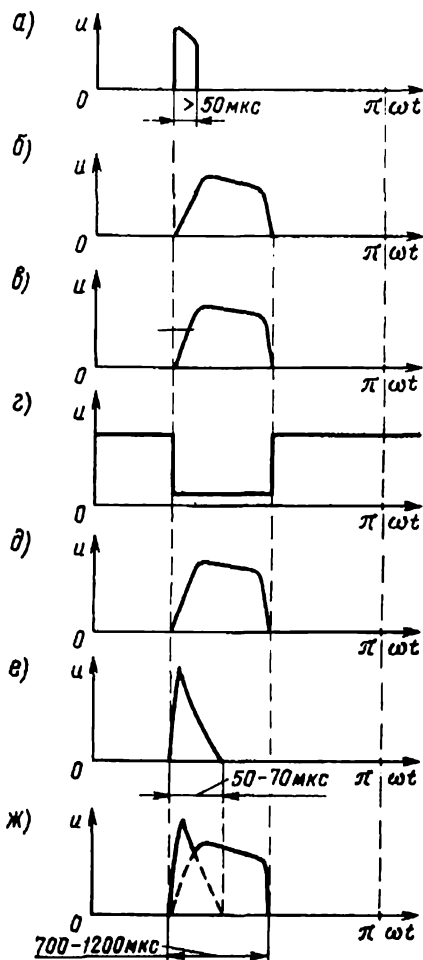


Рис. 43. Формы напряжения на элементах БФИ и БИТ

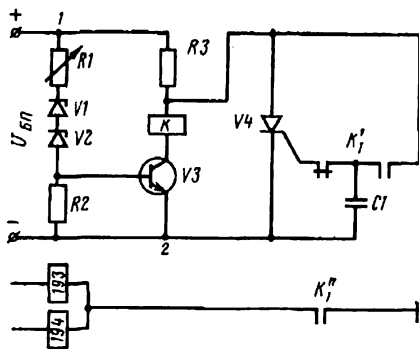


Рис. 44. Схема блока защиты от пониженного напряжения

Одновременно начинает заряжаться конденсатор  $C1$  по цепи: «плюс» источника, провод 1, резистор  $R3$ , замыкающий контакт реле  $K1$ , конденсатор  $C1$ , провод 2, «минус» источника. Тиристор  $V4$  при этом заперт.

При понижении уровня напряжения питания цепей до опасного значения транзистор  $V3$  запирается и якорь реле  $K1$  отпадает. При этом его контакты размыкают цепь питания контакторов 193 и 194 и замыкают цепь управления тиристора  $V4$ . Последний отпирается и шунтирует катушку реле  $K$ .

Для повторного включения реле и сборки цепей управления необходимо перевести рукоятки КМЭ в положение 0 и повысить напряжение питания до такого значения, чтобы стабилитроны  $V1$  и  $V2$  позволили включиться транзистору  $V3$ .

## 21. КОНСТРУКЦИЯ ВИП И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Выпрямительно-инверторный преобразователь ВИП2-2200М (рис. 45) выполнен в виде сварного каркаса 1 из профильной стали, в котором крепятся все другие блоки и элементы. С лицевой и обратной сторон расположены одинарные 2 и двойные 4 тиристорные блоки. Сбоку шкафа смонтированы блоки выравнивания напряжения

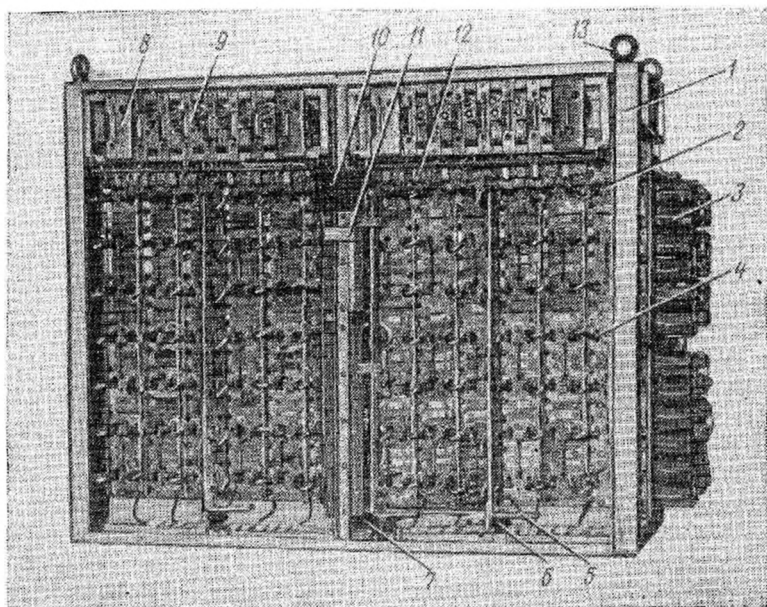


Рис. 45. Выпрямительно-инверторный преобразователь ВИП2-2200М

(БВН) 3. Тиристорные блоки подключены к шинам 5, укрепленным на изоляторах 6. Индуктивные делители тока 7 установлены с обоих краев и в центре ВВП. Сверху шкафа смонтированы выемные кассеты БФИ — предварительного каскада 8 и выходного каскада 9. Под кассетами БФИ расположены блоки импульсных трансформаторов БИТ 12.

В верхней части средней стойки шкафа крепится табличка 10, на которой приведены данные о расположении плеч и маркировке тиристоров. Под табличкой имеется заводской щиток 11 с основными техническими данными ВВП. Сверху шкафа предусмотрены четыре рым-болта 13, которые предназначены для подъема ВВП при транспортировке и монтаже на электровозе.

Силовые тиристоры Т2-320 собраны в ВВП в съемные блоки (рис. 46). На изоляционной панели 1 с помощью четырех шпилек, ввернутых в каждый охладитель тиристора, уголков 3, гаек 8 и пружинных шайб 9 крепятся два (или один в одинарном блоке) тиристора 6 с охладителями. Для уплотнения соединения предусмотрена стеклотекстолитовая прокладка 10. Тиристорный блок монти-

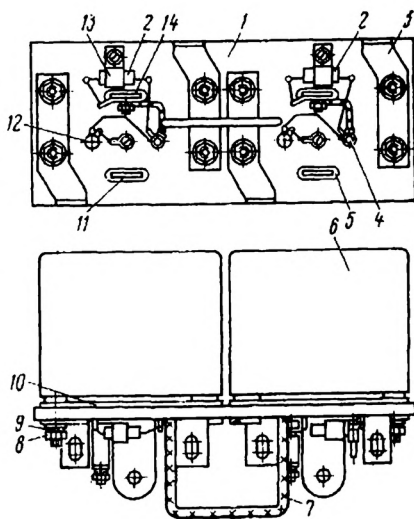


Рис. 46. Тиристорный блок ВВП

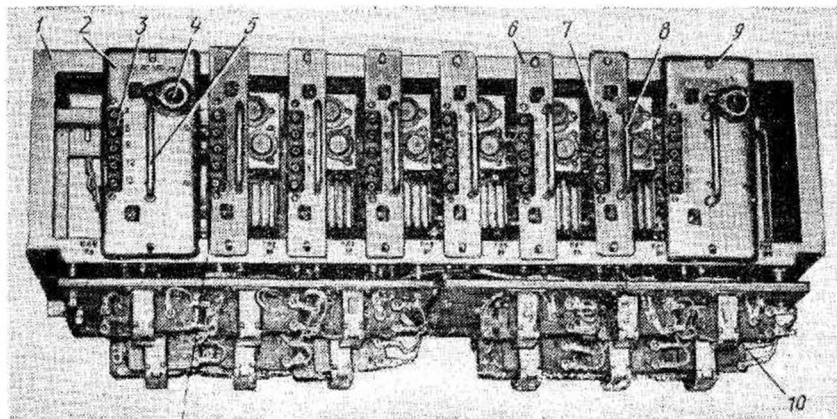


Рис. 47. Блок БФИ и БИТ

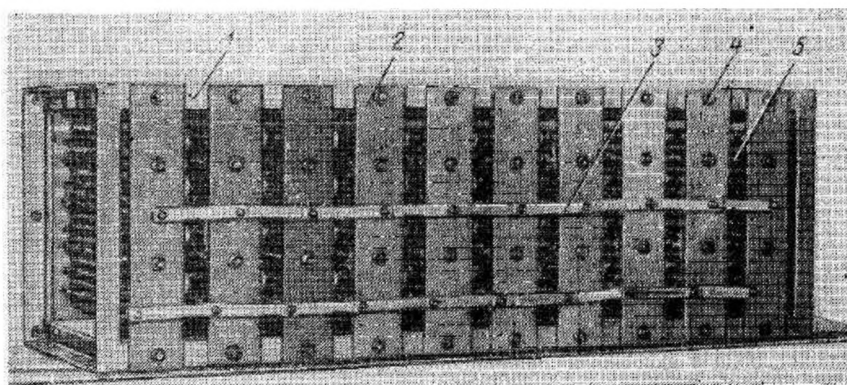


Рис. 48. Блок конденсаторов БК:

1 — каркас; 2 — панель конденсаторов; 3 — соединительная шина; 4 — болт крепления; 5 — конденсаторы

туется в ВИП путем крепления болтами уголков 3. Анодные 11 и катодные 14 шины тиристоров имеют резиновые уплотняющие прокладки 5.

На лицевой части панели крепятся детали цепей управляющих электродов тиристоров: конденсатор 2 скобой 13, резисторы 12 и диоды 4. Для удобства монтажа и демонтажа блока предусмотрена ручка 7. Блок формирования импульсов управления (рис. 47) представляет собой стальной каркас 1, в который вставлены кассеты ПК 2 с выводами контрольных точек 3, сигнальной лампой 4 и ручкой 5, а также кассеты ВК 6 с выводами контрольных точек 7 и ручками 8. Кассеты крепятся к каркасу винтами 9. Снизу блока крепятся импульсные трансформаторы 10.

Блок конденсаторов (рис. 48) собран из 10 блоков, каждый из которых содержит по 80 конденсаторов К50-3А. Блоки соединены шинками и крепятся к каркасу болтами.

ВИП имеет следующие технические данные:

Номинальное напряжение переменного тока . . . . .	1230 В
Пределы изменения напряжения переменного тока . . . . .	860—1427 В
Наибольшее длительно допустимое напряжение (амплитуда) . . . . .	2000 В
Наибольшее кратковременно допустимое напряжение (амплитуда) . . . . .	3000 В
Номинальная мощность . . . . .	2200 кВт
Номинальный выпрямленный ток . . . . .	1760 А
Наибольшее значение выпрямленного тока при пуске в течение 15 мин . . . . .	3100 А
Коэффициент полезного действия не менее . . . . .	98%
Допустимый кратковременный ток перегрузки . . . . .	18 кА
Число тиристоров Т2-320 (Т500) . . . . .	154 (110)



Сопротивление электрической изоляции в холодном состоянии . . . . .	30 МОм
Номинальное выпрямленное напряжение питания БФИ . . . . .	55 В
Пределы изменения напряжения питания БФИ . . . . .	49—61 В
Максимальный выпрямленный ток БП . . . . .	60 А
Параметры импульсов управления на входе БФИ: напряжение (амплитуда) не менее . . . . .	20 В
Амплитуда тока не менее . . . . .	3,2 (0,8×4) А
Длительность импульсов тока на уровне 0,5 амплитуды не менее . . . . .	50 мкс
Скорость нарастания тока управления не менее . . . . .	0,1 А/мкс
Габариты ВИП2-2200М (ширина, глубина, высота) . . . . .	2100×980×1590 мм
То же ВИП3-2200М . . . . .	1920×860×1590 мм
Масса ВИП2 . . . . .	1600 кг
» ВИП3 . . . . .	2100 кг
Масса блока конденсаторов . . . . .	105 кг

## 22. ВЫПРЯМИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ВОЗБУЖДЕНИЯ

Каждое из двух плеч выпрямительной установки возбуждения (рис. 49) содержит 12 силовых тиристоров ТЛ200 ( $V1 \div V12$ ), соединенных по два последовательно и по шесть параллельно. Деление напряжения между последовательно соединенными рядами осуществляется с помощью емкостно-омических цепочек  $C1-R11$  и  $C2-R12$ . Равномерное деление тока по параллельно включенным тиристорам достигается индуктивными делителями  $ID1-ID6$ , а также соответствующим подбором прямых вольт-амперных характеристик. Между каждыми двумя параллельными тиристорами включены резисторы связи  $R1-R10$  малого сопротивления, которые объединяют равнопотенциальные точки схемы и служат для образования общих цепей управления и защиты от перенапряжений.

Управление силовыми тиристорами ВУВ происходит следующим образом. В рабочий для данного плеча ВУВ полупериод питающего напряжения вторичной обмотки силового трансформатора (см. рис. 16)  $a7-x4$  ( $a6-a7$ ) одновременно на все 12 тиристоры (см. рис. 49) подаются импульсы управления через вторичные обмотки импульсного трансформатора  $T$  (БИТ). Тиристоры отпираются и проводят ток возбуждения. В зависимости от момента отпирания тиристоров изменяется выпрямленное напряжение, а следовательно, и ток возбуждения.

В каждой цепи управляющего электрода тиристора стоит добавочный выравнивающий резистор ( $R13-R24$ ).

Рассмотрим порядок формирования импульсов управления в БФИ ВУВ, поскольку он построен по другому принципу, чем БФИ ВИП. В нерабочий для данного плеча ВУВ полупериод питающего напряжения на вторичной обмотке  $a1-x1$  трансформатора  $T2$  воз-

никает импульс управления, отпирающий зарядный тиристор  $V13$ . Через него от вторичной обмотки трансформатора  $T1$  заряжаются конденсаторы  $C4$  и  $C5$ . В момент, когда необходимо отпереть силовые тиристоры ВУВ, от БУВИП на выводы  $14$  и  $15$  подается импульс управления, который отпирает рабочий тиристор  $V14$ . При этом начинается разряд конденсаторов  $C4$  и  $C5$ . В первый момент (до заряда конденсатора  $C3$ ) ток проходит по цепи: обмотка  $K-H$  трансформатора  $T$ , конденсатор  $C3$ ,  $V14$ ,  $C4$ ,  $C5$ , образуя крутой передний фронт импульсов управления. Это необходимо для надежного одновременного отпирания всех тиристоров.

После заряда конденсатора  $C3$  ток проходит по цепи: обмотка  $K_0-H_0$ , регулировочные резисторы  $R28$ ,  $R29$ , диод  $V15$ , тиристор  $V14$ , конденсаторы  $C4-C5$ . В этот отрезок полупериода напряжения формируется необходимая длительность импульса управления. Диод  $V16$  и экранирующая обмотка  $T$  между первичной и вторичной обмотками служат для предупреждения возникновения помех. Сформированный на первичной обмотке  $T$  импульс управления трансформируется на все вторичные обмотки и далее на управляющие электроды тиристоров. Цепи прохождения импульсов управления, например, для  $V4$ : от  $K2$  через резистор  $R16$  и диод  $V17$ ; для  $V3$ : от  $K9$  через  $R15$ , резисторы связи  $R4$  и  $R6$ , диод  $V18$ .

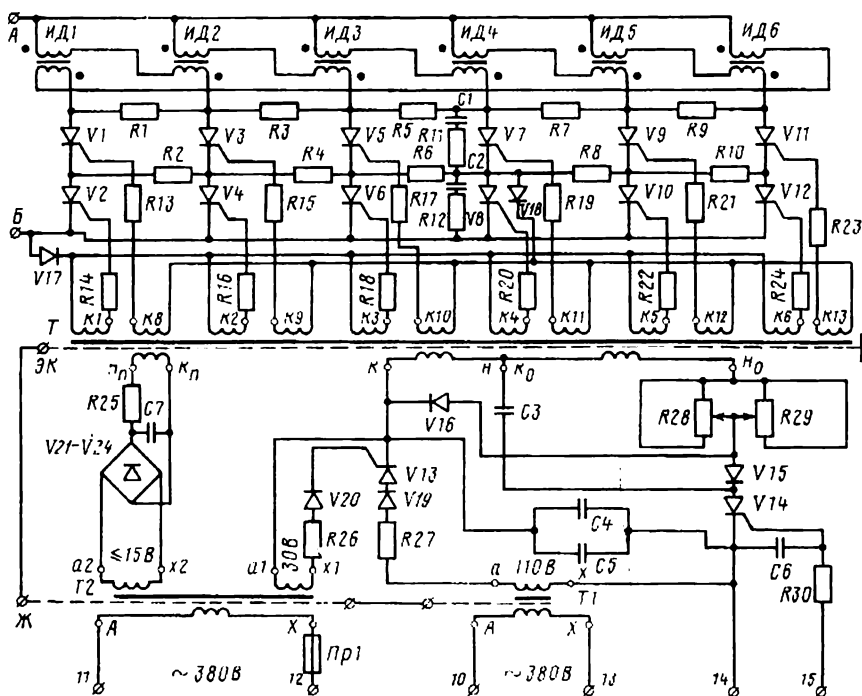


Рис. 49. Схема ВУВ

Момент отпирания тиристоров ВУВ задается рукояткой возбуждения контроллера машиниста, которая не имеет фиксированных положений. Изменение момента отпирания происходит плавно во всем диапазоне поворота рукоятки. Ток возбуждения контролируется по амперметру возбуждения 99 (см. рис. 16), расположенному на пульте управления в каждой кабине машиниста.

Цепи ВУВ защищены реле перегрузки *РТВ1*, *РТВ2*, которые воздействуют на отключение электропневматических контакторов 46, 47 (от *РТВ2*) и на удерживающую катушку воздушного выключателя (от *РТВ1*). От замыкания на землю цепи ВУВ защищены реле заземления 83, которое отключает ГВ, размыкая цепь его удерживающей катушки.

Конструкция плеча ВУВ представляет собой изоляционную панель, к которой крепятся шесть рядов тиристоров ТЛ200 по два в каждом ряду. Здесь же расположены индуктивные делители и БФИ. Панель укреплена на изоляторах в вертикальном положении. Ряды тиристоров закрыты изоляционным кожухом, образующим канал воздушного принудительного охлаждения.

ВУВ имеет следующие технические данные:

Номинальное напряжение плеча (эффективное)	175 В
Длительный выпрямленный ток	850 А
Максимальный выпрямительный ток 20-минутного режима	1300 А
Номинальное обратное напряжение	580 В
Рабочее напряжение выводов относительно земли, цепей управления и питания	2000 В
Расход охлаждающего воздуха	17 м <sup>3</sup> /мин
Допустимое перенапряжение на выводах А — Б	1500 В
Пределы регулирования выпрямленного напряжения	0 — 130 В

## ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЬНО-ИНВЕРТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

### 23. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

Электронная система управления ВИП выполняет следующие основные функции:

плавное четырехзонное регулирование напряжения на двигателях в режиме тяги;

плавное четырехзонное регулирование противо-э.д.с. вторичной обмотки трансформатора в режиме торможения;

плавное регулирование (ручное) тока возбуждения в режиме торможения;

распределение импульсов управления по плечам ВИП согласно алгоритму управления выходными усилителями блока 400 (рис. 50);

синхронный с моментом времени  $\pi/2$  перевод нагрузки с одной секции трансформатора на другую без бросков тока в силовых выпрямительных мостах;

остановочное торможение в режиме противовключения тяговых двигателей на I зоне регулирования изменением угла опережения вентилей инвертора  $\beta$  (обозначения углов регулирования см. рис. 13);

автоматическое регулирование в инверторном режиме угла опережения  $\beta$  по углу коммутации на постоянство угла погасания вентилей  $\delta$ ;

плавное нарастание тормозного тока в момент «входа» в режим рекуперативного торможения.

Кроме этих функций, обеспечивающих заданные тяговые и тормозные характеристики электровоза, система управления выполняет следующие функции, направленные на повышение надежности работы тириستоров:

1) автоматическое ограничение в режиме тяги минимального угла открытия  $\alpha_{0a}$  в контуре коммутации с малым напряжением по углу коммутации  $\gamma'_0$  в контуре с большим напряжением;

2) автоматическое ограничение в режиме тяги угла регулирования  $\alpha_{per}$  по суммарному углу основной коммутации  $\gamma_0 = \gamma'_0 + \gamma''_0$  (здесь  $\gamma''_0$  — угол коммутации тока в контуре с меньшим напряжением) или только по углу  $\gamma'_0$ ;

3) автоматическую задержку фазы импульсов управления  $\alpha_0$  по мгновенному значению напряжения на тяговой обмотке силового трансформатора. Это обеспечивает создание необходимых для надежного открытия тиристоров потенциальных условий;

4) автоматическое запрещение выдачи импульсов  $\alpha_{рег}$  в интервале угла открытия от  $\pi - \beta$  до  $\pi$  в режиме рекуперации.

Система управления (рис. 51) состоит из блока управления БУВИП-80, панели питания ПП, контроллера машиниста КМЭ, датчиков угла коммутации  $D\gamma$  и тока якорей двигателей ДТ, блока измерения БИ-940, блока противокомпаундирования БПК, датчиков напряжения тяговой обмотки (П2, М1).

Основные функциональные элементы аппаратуры управления выполнены в виде залитых компаундом модулей, размещенных в кассетах шкафа.

Блок БУВИП-80 выполнен в виде металлического каркаса 1 с легкосъемными кассетами 2 (рис. 52, а). Внизу шкафа имеется рейка 3 с выводами (клеммник) и панель контрольных точек 4. Сбоку шкафа предусмотрены вентиляционные решетки 5. В шкафу использованы 14 кассет. Одна кассета (нижняя правая) запасная, а другая двойная. Две кассеты БПК, расположенные отдельно от шкафа, на рис. 52 не показаны. Всего в аппаратуре управления имеется 13 типов кассет.

Каждая кассета (рис. 52, б и в) представляет собой рамную конструкцию, состоящую из металлических задней 6 и передней 14 с биркой 10 панелей, жестко соединенных между собой двумя металлическими трубками 7 и двумя направляющими планками 15. Лицевая панель герметизирована резиновой прокладкой 11.

Режим	Зона	У сель сигн. в	Номера выходных усилителей БУВИП													
			1	2	3	4	5	6	7	8	3'	4'	5'	6'	5''	6''
Тяга	I	0-10				●	○			●						●
	II	10-20	●		●	●	○		○							
	III	20-30			●					○				●		
	IV	30-40	●		●	●			○					●		
Рекуперация	IV	0-10		○					○		○		●			
	III	10-20			○		●		○							
	II	20-30		○						○		●			○	
	I	30-40			●	●		●							○	○

Рис. 50. Алгоритм работы выходных усилителей блока управления преобразователями

○ импульсы  $\alpha_0$  в тяге и  $\beta$  в рекуперации;      ● импульсы  $\alpha_{03}$ , задержанные относительно  $\alpha_0$ ;  
 ● фаза регулируется ( $\alpha_{рег}$ );      □ импульс управления отсутствует

Внутри рамной конструкции укреплены различные изоляционные панели, например 8, 16, 18, 19, на которых монтируются различные элементы (транзисторы, резисторы, стабилитроны и т. д.), а также узлы — модули 17. На передней стороне кассеты имеются рукоятка 12 для удобства выемки, а также контрольные точки 13.

На задней стороне кассеты (рис. 52, в) установлены разъемы 21 типа РП14 с дублированными ламелями, с помощью которых осуществляется электрическое соединение между кассетами БУВИП, панелью питания и другими цепями. В гнезда шкафа кассета вставляется с помощью двух больших направляющих 20, а каждый разъем — своей парой направляющих 22. В гнезде кассета фиксируется пружинным запором 9. Все кассеты механически взаимозаменяемы.

В состав БУВИП-80 входят следующие блоки (кассеты) (см. рис. 51) (в скобках указаны обозначения для электровозов до № 1522):

БИ (Н) — измерительный; БЛ — логики; УФУ-014, УФУ-011 — фазового управления; БФИ (ФИ) — формирования импульсов;

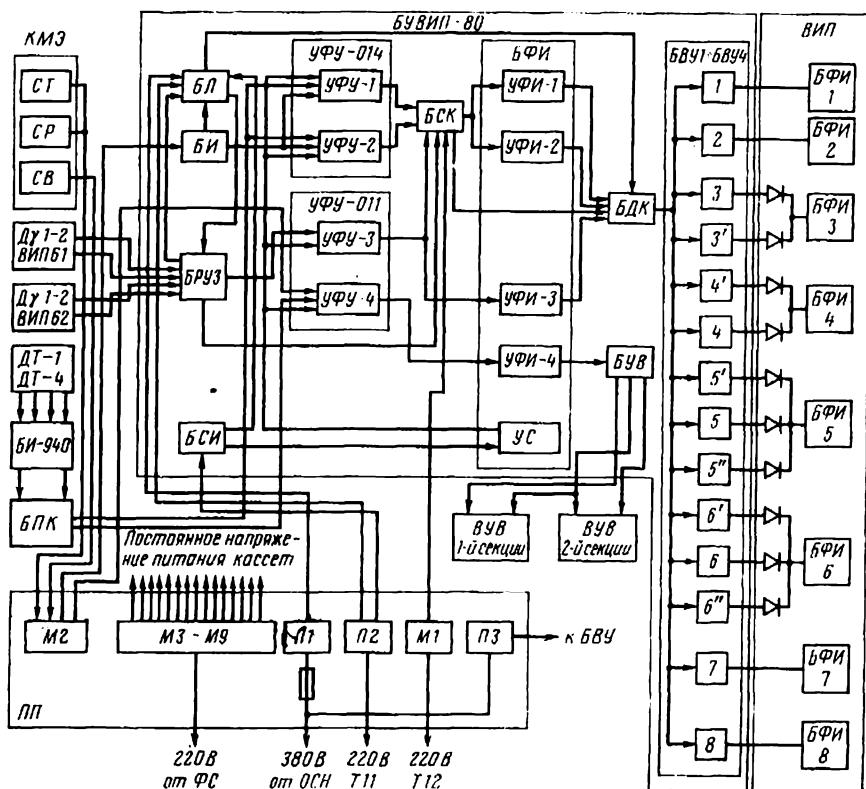
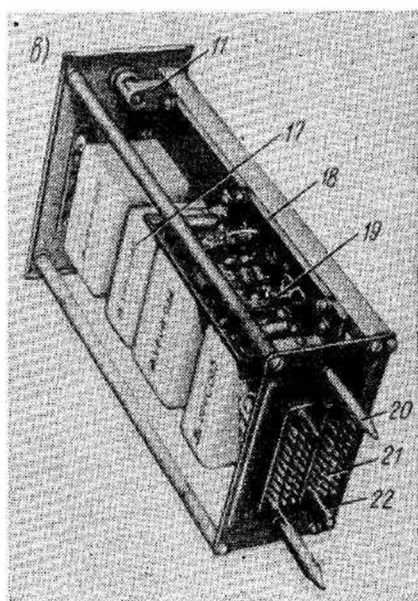
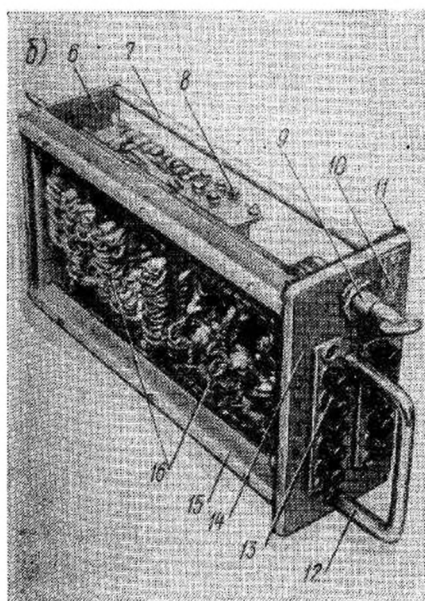
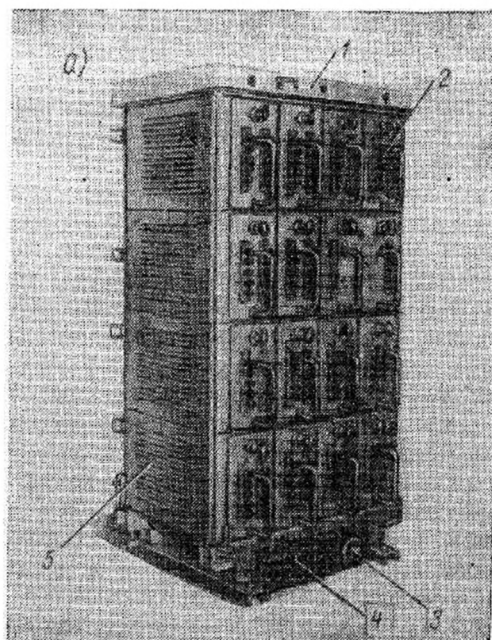


Рис. 51. Структурная схема системы управления преобразователями

Рис. 52. Общий вид бло-  
ка управления БУВИП-80  
(а) и кассет (б) и (в)



*БСК* — слежения за углами коммутации; *БДК* — диодных коммутаторов; *БВУ-1—БВУ-4* — выходных усилителей; *БСИ(БС)* — синхронизации работы аппаратуры управления с напряжением сети; *БРУЗ (АРТЭ)* — автоматического регулирования рекуперативного торможения на постоянство угла погасания  $\delta$ ; *БУВ* — управления возбудителем.

Панель питания *ПП* (рис. 53) соединена со шкафом *БУВИП-80* шлангами из многожильного экранированного провода через разъемы *СШР60П45ЭЦЗ*.

Рассмотрим назначение и взаимодействие основных блоков системы управления *ВИП* по структурной схеме (см. рис. 51). При повороте главного штурвала и тормозной рукоятки *КМЭ* напряжение на выходе соответствующих сельсинов изменяется пропорционально углу поворота (см. рис. 25). Напряжение с сельсинов *Управление ВИП в тяге (СТ)* и *Управление ВИП в рекуперации (СР)*, выпрямленное в *ПП*, подается на входы блоков *БИ* и *УФУ-014*. Последний преобразует напряжение управления в регулируемые по фазе импульсы напряжения. Эти импульсы после усиления промежуточными усилителями блока *БФИ* группируются блоком *БДК* совместно с блоком *БЛ* в соответствии с алгоритмом управления

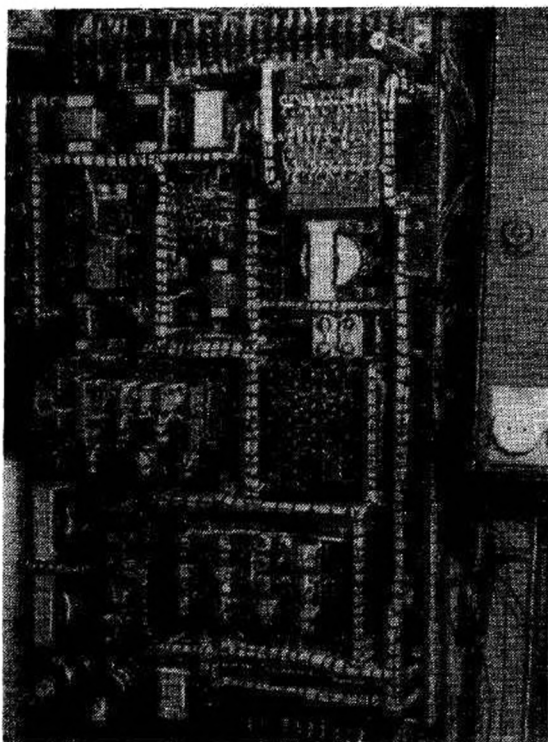


Рис. 53. Панель питания



(см. рис. 50) и подаются на выходные усилители *БВУ-1—БВУ-4*, где усиливаются до значений, необходимых для управления блоками формирования импульсов *БФИ ВИП*.

При нулевом напряжении на выходе сельсина *СТ* блок *БИ*, находясь в исходном состоянии, позволяет блоку *БЛ* через *БДК* сгруппировать на входе *БВУ-1—БВУ-4* импульсы управления, соответствующие алгоритму работы плеч *ВИП* на I зоне регулирования. Импульсы  $\alpha_{\text{рег}}$ , регулируемые по фазе, формируются блоком *УФУ-1* и преобразуются блоком *БСК* и промежуточным усилителем *УФИ-1*. Импульсы, соответствующие по фазе минимальному углу открытия тиристоров  $\alpha_0$ , формируются блоком *УФУ-3* и усилителем *УФИ-3*. Импульсы  $\alpha_{\text{ов}}$ , задержанные по фазе относительно  $\alpha_0$  на угол коммутации тока  $\gamma_0$  в контуре коммутации с большим напряжением, поступают с *БСК*. При увеличении напряжения на выходе сельсина *СТ* с 0 до 10 В на выходе *БВУИП-80* фаза импульсов  $\alpha_{\text{рег}}$  изменяется от  $\alpha_{\text{рег max}}$  до  $\alpha_{\text{рег min}}$ , что соответствует увеличению напряжения на двигателях от 0 до 0,25 номинального значения ( $U_{\text{дн}}$ ).

При напряжении управления 10 В в блоке *БИ* срабатывает 1-й пороговый элемент (*ПЭ1*), который подает команду (напряжение) на блок *БЛ*, позволяющий через *БДК* сгруппировать на входе *БВУ* импульсы управления, соответствующие II зоне. Импульсы  $\alpha_{\text{рег}}$  на II зоне поступают от *УФУ-2* через *БСК*. Блок *БСК* ограничивает фазу  $\alpha_{\text{рег}}$  на значение угла  $\gamma_0$ . При увеличении напряжения сельсина *СТ* от 10 до 20 В фаза импульсов  $\alpha_{\text{рег}}$  изменяется от  $\alpha_{\text{рег max}}$  до  $\alpha_{\text{рег min}}$  на 1-м и 2-м плечах *ВИП*, что соответствует увеличению напряжения двигателей с  $0,25 U_{\text{дн}}$  до  $0,5 U_{\text{дн}}$ . При напряжении управления  $U_{\text{упр}} = 20$  В срабатывает 2-й пороговый элемент (*ПЭ2*) в блоке *БИ* и подает команду на блок *БЛ*, который через *БДК* группирует импульсы управления, соответствующие III зоне регулирования и позволяющие осуществить перевод нагрузки с двух малых секций силового трансформатора на равновеликую большую секцию. При изменении напряжения управления от 20 до 30 В фаза импульсов на 3-м и 4-м плечах *ВИП* регулируется от  $\alpha_{\text{рег max}}$  до  $\alpha_{\text{рег min}}$ , что соответствует увеличению напряжения на двигателях с  $0,5 U_{\text{дн}}$  до  $0,75 U_{\text{дн}}$ . При  $U_{\text{упр}} = 30$  В срабатывает *ПЭ3* в блоке *БИ*, выдающий команду на блок *БЛ*, который через *БДК* обеспечивает на *БВУ* алгоритм управления, соответствующий IV зоне. При изменении напряжения от 30 до 40 В фаза импульсов на 1-м и 2-м плечах *ВИП* регулируется *УФУ-2* от  $\alpha_{\text{рег max}}$  до  $\alpha_{\text{рег min}}$  и напряжение на двигателях увеличивается с  $0,75 U_{\text{дн}}$  до  $U_{\text{дн}}$ .

Регулирование противо-э.д.с. трансформатора в режиме рекуперации осуществляется сельсином *СР*, напряжение которого изменяет фазу импульсов на выходе *УФУ-1* и *УФУ-2* и суммируется с напряжением блока *БПК*. *УФУ-3* в режиме рекуперации формирует импульсы, по фазе соответствующие углу опережения  $\beta$ . Взаимодействие блоков системы в режиме рекуперации аналогично режиму тяги. Однако на выходе *БВУ* обеспечивается алгоритм управления, необходимый для режима рекуперации.

Регулирование тока возбуждения в режиме торможения осуществляется сельсином *Управление ВУВ*, напряжение которого выпрямленное в *ПП*, изменяет фазу импульсов на выходе *УФУ-4*. Эти импульсы усиливаются промежуточным усилителем *УФИ-4* и подаются на вход блока управления возбуждением *БУВ*, который формирует импульсы управления, подаваемые на усилители *ВУВ* обеих секций.

## 24. СХЕМЫ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

**Измерительный блок.** Блок *БИ (Н)* предназначен для измерения напряжения управления, поступающего с сельсинов-датчиков, регистрации окончания зон регулирования и подачи команды перехода с одной зоны на другую в зависимости от напряжения управления.

Измерительный блок *БИ (Н)* (рис. 54) содержит:

узел быстродействующего («синхронного») перехода со *II* на *III* зону в момент времени  $\pi/2$  (микросхемы *D1—D5*);

входное устройство пороговых элементов;

пороговые элементы (модуль *E1*);

логический узел (модуль *E2*);

усилитель (модуль *E3*);

релейный узел (модуль *K*);

функциональный преобразователь напряжения управления (модуль *E4*);

цепь загрузки источника управления (сельсина) после синхронного перехода (резисторы *R22, R23, R24*) и цепь постоянной дополнительной нагрузки источника управления (резисторы *R13, R14*);

дополнительный узел питания (стабилитрон *V8*, конденсаторы *C3—C5*).

Напряжение управления с сельсинов *СТ* или *СП* (см. рис. 51), выпрямленное в панели питания, подается по проводам *A51, A21* (см. рис. 54) на входное устройство блока *БИ*.

Входное устройство выполнено на резисторах *R1, R2, R4—R6, R8—R10, R12* и стабилитронах *V1—V6* панели *П1*, резисторах *R3, R7, R11* панели *П2* и предназначено для ограничения напряжения на входе пороговых элементов на уровне не более 1,5 В при изменении напряжения управления на входе от 0 до 40 В. Выходное напряжение, снимаемое с резисторов *R3, R7* и *R11*, подается соответственно на входы *1, 15* и *1'* трех пороговых элементов *ПЭ1—ПЭ3* модуля *E1*.

Пороговые элементы предназначены для сравнения входного и опорного напряжений. Опорное напряжение подается на входы *2, 14* и *2'* модуля *E1*. На выходе порогового элемента появляется сигнал напряжения, если входное напряжение равно опорному или превышает его.

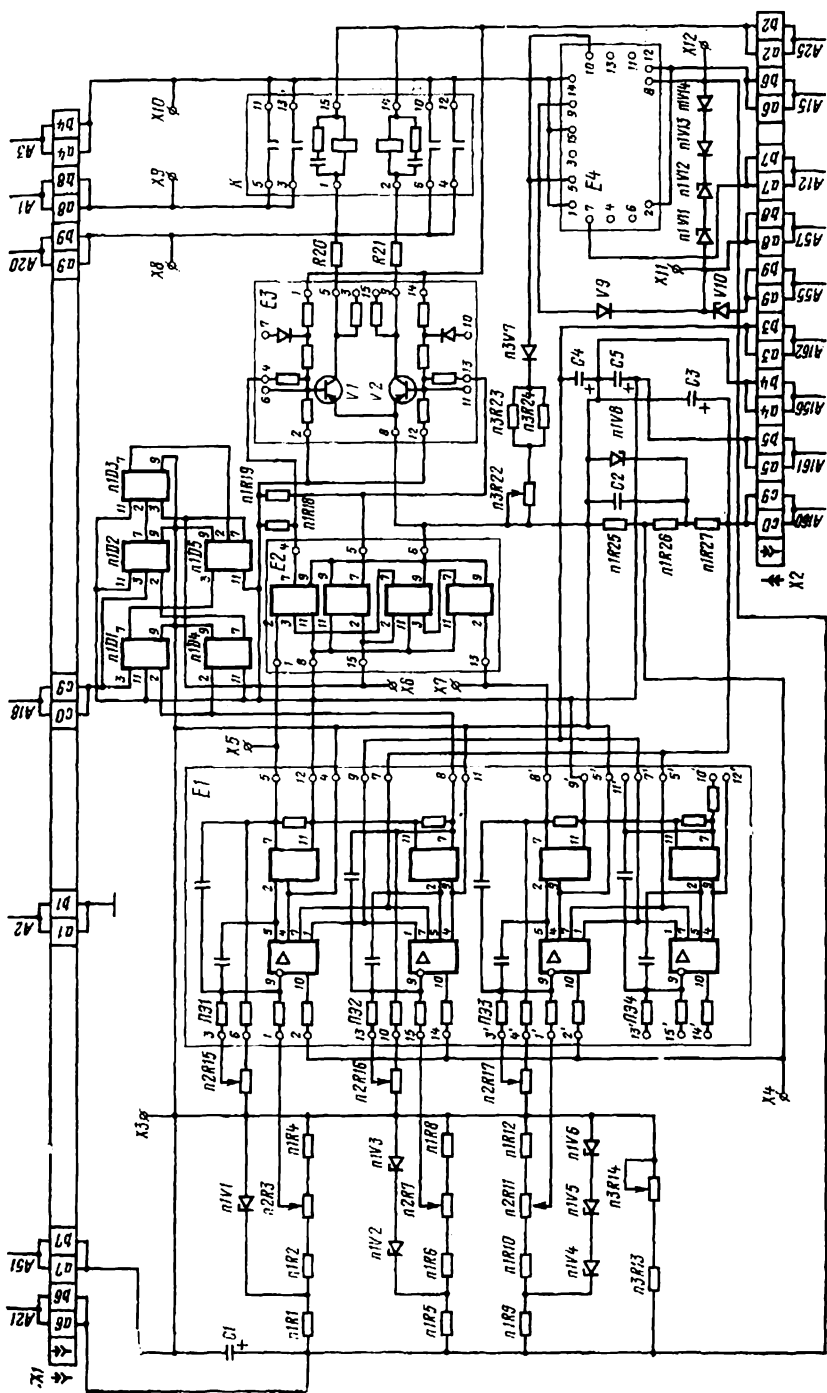


Рис. 54. Принципиальная схема измерительного блока БИ

Пороговые элементы выполнены на основе интегральных микросхем (операционных усилителей 1УТ401А и логических элементов 1ЛБ212А) и имеют модульное исполнение «0 — орган». Пороговый элемент ПЭ4 в модуле Е1 является резервным.

Увеличение напряжения на резисторах  $R3$ ,  $R7$  и  $R11$  при изменении напряжения управления происходит до уровня срабатывания стабилитронов  $V1$ ;  $V2—V3$ ;  $V4—V6$  соответственно. Алгоритм работы основных узлов блока БИ при изменении напряжения  $U_{упр}$  от 0 до 40 В поясняется рис. 55.

При  $U_{упр} < 10$  В опорное напряжение на входе пороговых элементов больше входного напряжения, снимаемого с резисторов  $R3$ ,  $R7$  и  $R11$ . Поэтому на выходах 5 операционных усилителей модуля Е1 возникает положительное напряжение, которое открывает соответствующие логические элементы «И—НЕ» в модуле Е1. В результате на выходах 5, 8 и 8' пороговых элементов ПЭ1, ПЭ2 и ПЭ3 возникает напряжение менее 0,4 В, которого недостаточно для включения цепи питания катушек реле К.

Обе контактные группы магнитоуправляемых реле К разомкнуты, что позволяет блоку БЛ обеспечить алгоритм работы выходных усилителей, соответствующий I зоне регулирования.

При  $U_{упр} = 10$  В срабатывает пороговый элемент ПЭ1, так как входное напряжение, снимаемое с резистора  $R3$ ,  $U_{R3} \geq U_{оп}$ . При этом меняет знак напряжение на выходе операционного усилителя, которое, закрывая логический элемент «И—НЕ», позволяет на выходе 5 модуля Е1 получить выходное напряжение 3,5 В. Это на-

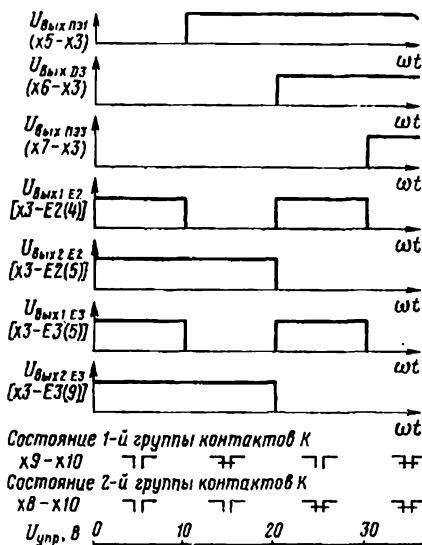


Рис. 55. Алгоритм работы основных узлов измерительного блока БИ

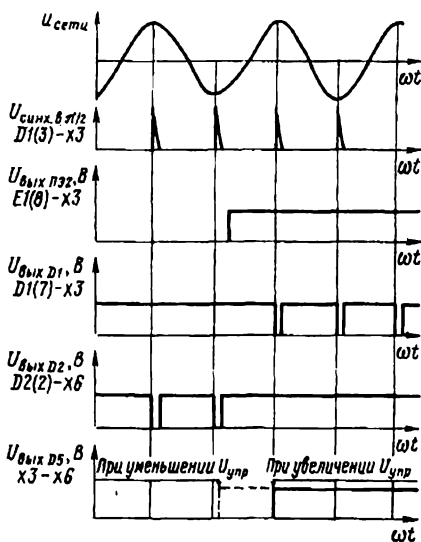


Рис. 56. Алгоритм работы элементов узла синхронизации блока БИ

пряжение подается на вход 1 модуля *E2*. Логический узел *E2* (Л-069) обеспечивает необходимый алгоритм работы двух групп магнитоуправляемых контактов реле *K* от трех пороговых элементов модуля *E1*. Узел *E2* выполнен на логических элементах 1ЛБ212А («И—НЕ»).

При поступлении на вход 1 модуля *E2* напряжения срабатывает первый логический элемент и снимает положительное напряжение с базы транзистора *V1* модуля *E3*. Транзистор *V1* открывается. Узел *E3* предназначен для усиления сигнала до значения, необходимого для срабатывания магнитоуправляемого реле *K*. Усилитель выполнен на модуле ТЭ-104, представляющем собой двойной инвертор.

При открытии транзистора *V1* ток протекает по цепи: источник питания, эмиттер-коллектор транзистора *V1* модуля *E3*, резистор *R20*; катушка реле с выводами 1—15 модуля *K*; источник питания. В результате замыкаются контакты 5—11 и 3—13 и подается открывающее напряжение от источника питания на базу транзистора *V1* модуля *E1* в блоке логики *БЛ* по цепи: провод *A3*; контакты 3—13, 11—5 реле модуля *K* блока *БИ*, провод *A1*, база-эмиттер транзистора *V1* модуля *E1* в блоке *БЛ*, провод *A21*.

Подача напряжения на модуль *E1* блока *БЛ* является командой для осуществления перехода с I на II зону регулирования.

При  $U_{\text{упр}} = 20$  В срабатывает *ПЭ2*, так как входное напряжение, снимаемое с резистора *R7*,  $U_{R7} \geq U_{\text{оп}}$ . При срабатывании *ПЭ2* на выходе 8 модуля *E1* возникает напряжение 3,5 В, которое подается на входы 2 логических элементов *D1*, *D4* узла синхронизации.

Узел синхронизации позволяет осуществить переход со II на III зону и обратно в момент времени  $\pi/2$ , что обеспечивает перевод нагрузки с двух малых секций силового трансформатора на одну большую без провалов тока.

Выполнен узел на интегральных микросхемах *D1—D5* типа 1ЛБ212А (2ЛБ172Б). *D1*, *D2* и *D4* выполняют логические функции «И—НЕ», а *D3* и *D5* соединены по схеме триггера. На входы 3 элементов *D1* и *D2* подаются импульсы синхронизации, по фазе соответствующие углу  $\pi/2$ , формируемые узлом, установленным в панели питания *ПП*.

Алгоритм работы элементов узла синхронизации поясняется рис. 56. Исходное состояние логических элементов таково, что на выходе 7 *D5* напряжение равно нулю. После срабатывания *ПЭ2* и последующим за ним поступлением на второй вход 3 *D1* импульса синхронизации в  $\pi/2$  узел срабатывает, и на выходе 7 *D5* (6) появляется напряжение 3,5 В. Напряжение подается на вход 15 логического узла *E2* и открывает второй элемент модуля *E2*. Первый элемент при этом закрывается. На выходе 4 модуля *E2* появляется напряжение, закрывающее транзистор *V1* модуля *E3*, а на выходе 5 — напряжение, открывающее транзистор *V2* модуля *E3*. Катушка герконов реле *K* с выводами 1—15 обесточивается, а в катушке с выводами 2—14 появляется ток, что вызывает размыкание контактов 5—11, 3—13 и замыкание контактов 6—10, 4—12. При этом подается открывающее напряжение на базу транзистора *V1* модуля *E2*

блока логики *БЛ*. Напряжение на блок *БЛ* подается по цепи: провод *А3*, контакты 6—10, 4—12 реле модуля *К* блока *БИ*, провод *А20*, выводы 14—8 модуля *Е2* блока *БЛ*, провод *А21*.

Подача напряжения на модуль *Е2* блока *БЛ* вызывает срабатывание инвертора синхронного перехода (транзистор *VI* в модуле *Е2* открывается, а *V2* — закрывается), что обеспечивает условия для перехода со II на III зону регулирования.

При  $U_{упр} = 30$  В входное напряжение ПЭЗ  $U_{R11} \geq U_{оп}$ , что вызывает срабатывание ПЭЗ. На выходе 8' модуля *Е1* появляется напряжение 3,5 В, которое подается на вход 13 модуля *Е2*. С выхода 4 модуля *Е2* снимается положительный потенциал, отпирающий транзистор *VI* в модуле *Е3*. Транзисторы *V1* и *V2* в модуле *Е3* открыты. Это обеспечивает протекание тока по обем катушкам модуля *К* и замыкание обеих контактных групп. При этом подается напряжение для открытия транзисторов *V1* модулей *Е1* и *Е2* в блоке *БЛ*, что обеспечивает переход с III на IV зону регулирования.

При срабатывании инвертора синхронного перехода ( $U_{упр} = 20$  В) в блоке логики *БЛ* (модуль *Е2*) сигнал с него по проводу *А12* подается на функциональный преобразователь напряжения управления в блоке *БИ*. Преобразователь выполнен на двойном инверторе ТЭ-104 (*Е4*), стабилитронах *V10*, *V11*, *V12* и диодах *V13*, *V14* и предназначен для преобразования плавно увеличивающегося с поворотом штурвала КМЭ напряжения управления от 0 до 40 В в пилообразное напряжение (рис. 57), изменяющееся от 0 до 20 В и от 0 до 10 В, подаваемое на входы блока УФУ-014. Такое преобразование и позволяет использовать для регулирования угла открытия  $\alpha_{рег}$  УФУ-1 и УФУ-2 при четырехзонном регулировании напряжения. Рассмотрим по схеме рис. 58, как это достигается. Напряжение

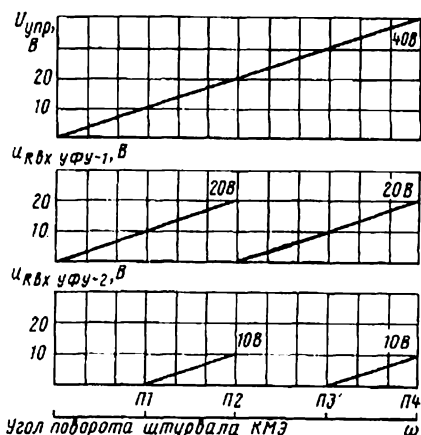
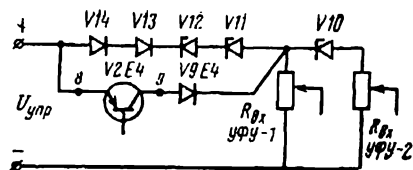


Рис. 57. Диаграммы напряжений на элементах функционального преобразователя

управления с функционального преобразователя поступает по проводам *А51—А57*, *А51—А55* (см. рис. 54) соответственно на входы 8 в УФУ-1 и УФУ-2 в блоке УФУ-014 (см. рис. 64). На I и II зонах регулирования стабилитроны *V11*, *V12* и диоды *V13*, *V14* шунтированы открытым транзистором *V2* и диодом *V5* модуля *Е4*.

На I зоне напряжение управления, приложенное к входу УФУ-1, изменяется от 0 до 10 В. Регулирование фазы импульсов осуществляется УФУ-1. При  $U_{упр} = 10$  В срабатывает стабилитрон *V10*, имеющий напряжение стабилизации 10 В. При дальнейшем увеличении напря-

Рис. 58. Упрощенная схема функционального преобразователя



жения от 10 до 20 В, поскольку на  $V10$  падает напряжение 10 В, на входе  $УФУ-2$  напряжение возрастает от 0 до 10 В. Регулирование фазы импульсов на II зоне выполняет  $УФУ-2$ .

При  $U_{упр} = 20$  В напряжение с модуля  $E2$  блока логики  $БЛ$ , поступающее по проводу  $A12$  на модуль  $E4$  блока  $БИ$ , открывает в нем транзистор  $V1$ . При этом транзистор  $V2$  закрывается и в цепь управления включаются стабилитроны  $V11$ ,  $V12$  с напряжением стабилизации 20 В. При увеличении напряжения управления от 20 до 30 В на входе  $УФУ-1$  напряжение вновь возрастает плавно от 0 до 10 В, следовательно, на III зоне регулирование фазы импульсов выполняется снова  $УФУ-1$ .

При  $U_{упр} = 30$  В срабатывает стабилитрон  $V10$ . При увеличении напряжения от 30 до 40 В на нем падает 10 В, на входе  $УФУ-2$  напряжение управления опять изменяется от 0 до 10 В (см. рис. 57). Поэтому на IV зоне регулирование осуществляется так же, как на II зоне, с помощью  $УФУ-2$ .

В цепи транзисторов модуля  $E4$  включены резисторы  $R22$ ,  $R23$  и  $R24$  (см. рис. 54), которые дополнительно загружают сельсин после перехода со II на III зону, чтобы избежать бросков фазы импульсов управления.

Резисторы  $R3$ ,  $R7$  и  $R11$  предназначены для регулировки уставки срабатывания пороговых элементов  $ПЭ1$ ,  $ПЭ2$  и  $ПЭ3$  соответственно, резисторы  $R15$ ,  $R16$  и  $R17$  — для регулировки коэффициентов возврата соответственно  $ПЭ1$ ,  $ПЭ2$ ,  $ПЭ3$ ; резистор  $R14$  — для выравнивания вольт-амперных характеристик нагрузки сельсина разных блоков и резистор  $R22$  — для выравнивания загрузки сельсина при синхронном переходе.

**Блок логики.** Этот блок в соответствии с командами, поступающими с блока  $БИ$ , обеспечивает распределение импульсов управления по зонам регулирования, синхронный быстродействующий перевод нагрузки с двух малых секций на одну равновеликую секцию трансформатора, распределение импульсов по полупериодам питающего напряжения и выдает команду на переключение различных групп датчиков угла коммутации при переходе со II на III зону регулирования. Эти функции выполняются с помощью кодовых тиристоров  $V1$ ,  $V2$  (рис. 59), тиристоров синхронного перехода  $V3$ ,  $V4$ , тиристоров фазового распределения  $V7$ ,  $V8$  и соответствующих им узлов управления  $E1$ ,  $E2$  и  $E3$ . Узлы управления тиристорами выполнены на двойном инверторе модульного исполнения ТЭ-104.

Узел  $E1$  управляет кодовыми тиристорами  $V1$  и  $V2$ , при открытии которых запрещается, а при закрытии разрешается прохожде-

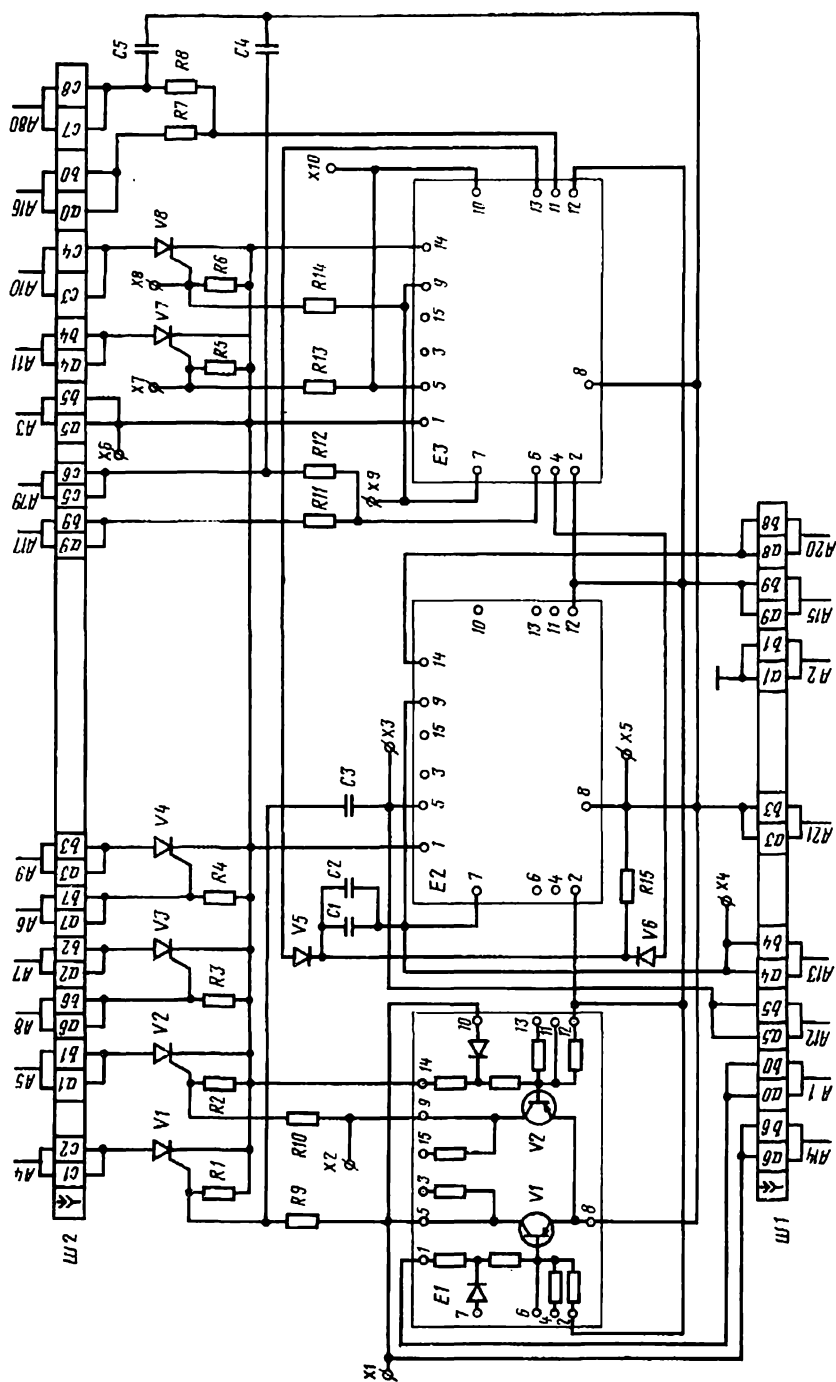


Рис. 59. Принципиальная схема блока логики БЛ



ние импульсов управления через *БДК* (см. рис. 51) по соответствующим зонам регулирования.

Узел *Е2* управляет тиристорами *V3*, *V4* (см. рис. 59), при переключении которых осуществляется синхронный переход со II зоны регулирования на III и обратно в момент времени  $\pi/2$ .

Узел *Е3* управляет тиристорами *V7* и *V8*, при переключении которых через *БДК* обеспечивается распределение импульсов управления по полупериодам во всех зонах регулирования.

Блок *БЛ* работает следующим образом. При изменении напряжения управления от 0 до 10 В с блока *БИ* по проводу *A1* не подается отрицательный потенциал для открытия транзистора *V1* в *Е1* (контакты реле модуля *K* в блоке *БИ* разомкнуты, см. рис. 54). Транзистор *V1* (см. рис. 59) закрыт, а *V2* — открыт и на управляющий электрод тиристора *V2* подается импульс. Тиристор *V2* открывается, шунтируя приходящие с выхода усилителей *УФИ* блока *БФИ* через *БДК* импульсы управления и запрещает их прохождение на входы *БВУ* (см. рис. 51). Через управляющий электрод тиристора *V1* (см. рис. 59) ток не протекает, что позволяет через *БДК* на входах *БВУ* группировать импульсы управления, соответствующие I зоне регулирования. При  $U_{упр} = 10$  В с блока *БИ* подается напряжение на вход *I Е1*. Транзистор *V1* открывается, *V2* — закрывается, при этом импульсы управления, соответствующие I зоне регулирования, запрещаются, а импульсы управления, соответствующие II зоне регулирования, через *БДК* подаются на входы *БВУ*.

При  $U_{упр} = 20$  В с блока *БИ* по проводу *A20* подается напряжение на вход *14* модуля *Е2*, которое переключает двойной инвертор из одного устойчивого состояния в другое. При этом транзистор *V1* модуля *Е2* закрывается, а *V2* — открывается и ток управления протекает через управляющий электрод тиристора *V3* по цепи: вывод 9 модуля *Е2*, провод *A13*, катушка герконов с выводом *1—15* модуля *K1* в блоке *БРУЗ*, провод *A8*, управляющий электрод тиристора *V3*. При протекании тока управления через тиристор *V3* импульсы управления, поступающие через *БДК* на анод *V3*, запрещаются. Через управляющий электрод тиристора *V4* ток не протекает, поэтому импульсы управления проходят на входы *БВУ* как на III, так и на IV зонах регулирования. Дальнейший выбор алгоритма управления для III или IV зоны осуществляется кодовыми тиристорами (рис. 60).

Включение катушек герконов модуля *K1* блока *БРУЗ* в коллекторные цепи транзисторов инвертора *Е2* позволяет при синхронном переходе переключать *БРУЗ* с одной группы датчиков угла коммутации на другую.

Ток управления тиристорами фазового распределения *V7* и *V8* (см. рис. 59) создается модулем *Е3*, на входы которого поступают запускающие синхронные импульсы частотой 50 Гц с блока синхронизации *БСИ* по проводам *A79*, *A80* и *A21*. Одновременно по проводам *A17*, *A16* и *A21* с панели питания *ПП*, в которой на панели

П2 размещен дополнительный узел управления фазораспределителем, поступает трапецеидальное напряжение. Распределение импульсов управления по полупериодам тиристорами V7 и V8 осуществляется через БДК. Алгоритм работы тиристоров V1—V4 блока БЛ поясняется рис. 60, тиристоров V7, V8—рис. 61.

**Блоки фазового управления УФУ-014, УФУ-011.** Они выполнены на базе однотипных одноканальных узлов фазового управления (УФУ) с вертикальным управлением, предназначенных для преобразования напряжения управления в последовательность импульсов, фаза которых изменяется пропорционально этому напряжению. УФУ (рис. 62), состоящий из генератора пилообразного напряжения, синхронизированного с сетью, схемы сравнения и нуль-органа, выполнен в виде двух модулей УФУ-С и УФУ-И. В модуле УФУ-С помещен узел, синхронизирующий работу узла фазового управления с сетью. Когда тиристор V2 закрыт, конденсатор C2 заряжается от источника питания через резистор R1 и обмотку трансформатора T1. Узел запускается внешними импульсами синхронизации с частотой 100 Гц, формируемыми в момент перехода напряжения сети через нуль блоками БСИ и БФИ (см. рис. 51). При подаче импульса тиристор V2 (см. рис. 62) открывается, конденсатор C2 разряжается через тиристор и обмотку трансформатора T1. В момент разряда на обмотках 3—4, 5—6 T1 формируются импульсы сброса заряда емкости генератора пилообразного напряжения и импульсы возврата нуль-органа в первоначальное состояние.

Генератор пилообразных напряжений, схема сравнения и нуль-орган помещены в модуле УФУ-И. При закрытом транзисторе V13

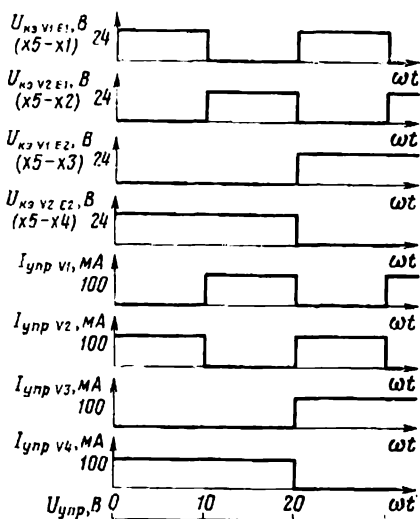


Рис. 60. Алгоритм работы тиристоров V1—V4 блока логики

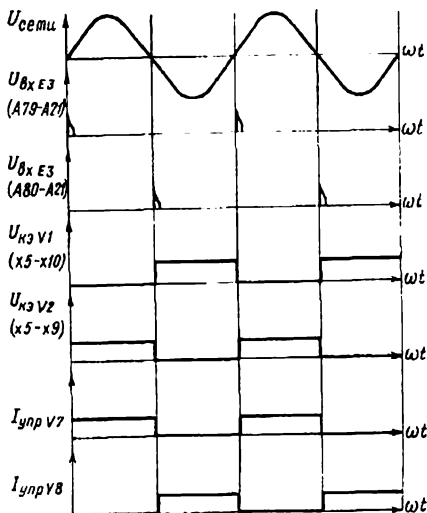


Рис. 61. Алгоритм работы тиристоров фазораспределения V7 и V8 блока логики

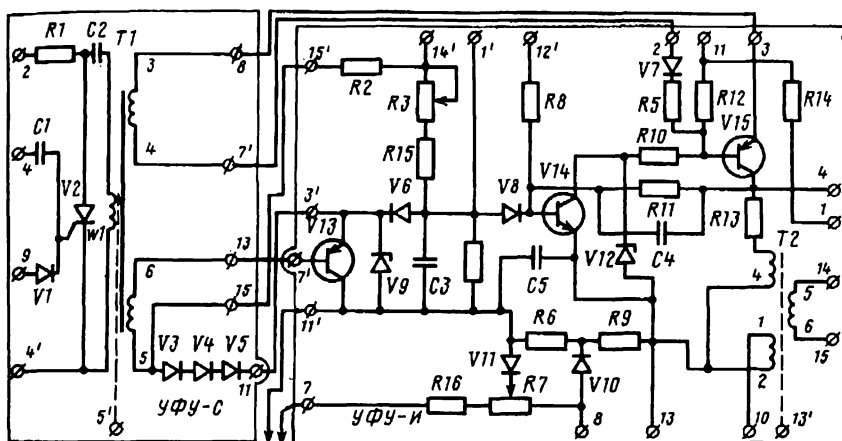


Рис. 62. Принципиальная схема одноканального узла фазового управления

конденсатор  $C3$  заряжается через резисторы  $R3$  и  $R15$ . В момент открытия транзистора  $V13$  конденсатор  $C3$  разряжается через него. Параметры резисторов  $R3$ ,  $R15$  и конденсатора  $C3$  выбраны так, чтобы заряд  $C3$  происходил на линейном участке экспоненты (рис. 63).

Нуль-орган выполнен по схеме триггера на прямом  $V15$  (см. рис. 62) и обратном  $V14$  транзисторах. В исходном состоянии транзисторы закрыты. пилообразное напряжение  $U_{\text{св}}$  открывает транзистор  $V14$ , при этом на базу транзистора  $V15$  подается отрицательный потенциал, транзистор  $V15$  открывается и через резистор  $R11$  поддерживается в открытом состоянии транзистор  $V14$ . В момент разряда конденсатора  $C3$  на базу транзистора  $V15$  подается положительный потенциал, который закрывает транзистор  $V15$ , вследствие чего обрывается цепь эмиттерного тока транзистора  $V14$  и оба транзистора закрываются. Нуль-орган возвращается в исходное положение. В момент открытия нуля-органа трансформируется импульс на выходной обмотке трансформатора  $T2$ .

Схема сравнения выполнена на резисторах  $R6$  и  $R9$ . Для реализации прямой регулировочной характеристики на резистор  $R6$  подается напряжение управления  $U_{\text{упр}}$ . Чем больше  $U_{\text{упр}}$ , тем выше пилообразное напряжение, при котором бу-

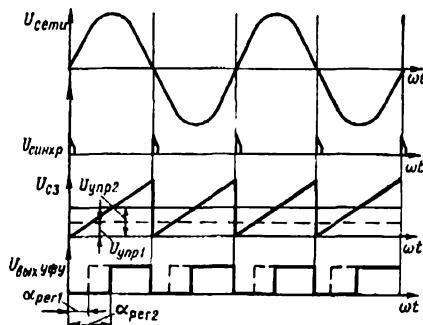


Рис. 63. Диаграммы напряжений, иллюстрирующие принцип работы УФУ

дет срабатывать нуль-орган. С изменением  $U_{упр}$  меняется момент срабатывания нуль-органа относительно напряжения сети (см. рис. 63).

Для получения обратной характеристики на резистор  $R7$  подается напряжение, запирающее полностью пилообразное напряжение. Напряжение управления, подаваемое на резистор  $R9$ , является отпирающим. При изменении управляющего напряжения от 0 до  $U_{упр\ max}$  фаза выходных импульсов меняется от максимальной ( $\alpha_{рег\ max}$ ) до минимальной ( $\alpha_{рег\ min}$ ). УФУ обеспечивает диапазон регулирования фазы 5—175° эл. при изменении напряжения управления на входе от 0 до 10 В.

В системе управления БУВИП (см. рис. 51) узлы фазового управления размещены в блоках УФУ-014 и УФУ-011. Блок УФУ-014 (рис. 64) содержит два канала: УФУ-1 и УФУ-2, формирующих импульсы управления, фаза переднего фронта которых регулируется в зависимости от напряжения управления, поступающего с сельсинов СТ или СР (см. рис. 51). На УФУ-1 напряжение управления подается на выводы 8, 13' модуля  $E1$  (см. рис. 64). Для синхронизации работы первого канала с сетью используется модуль  $E2$ . УФУ-1 работает в режиме регулирования фазы на I и III зонах.

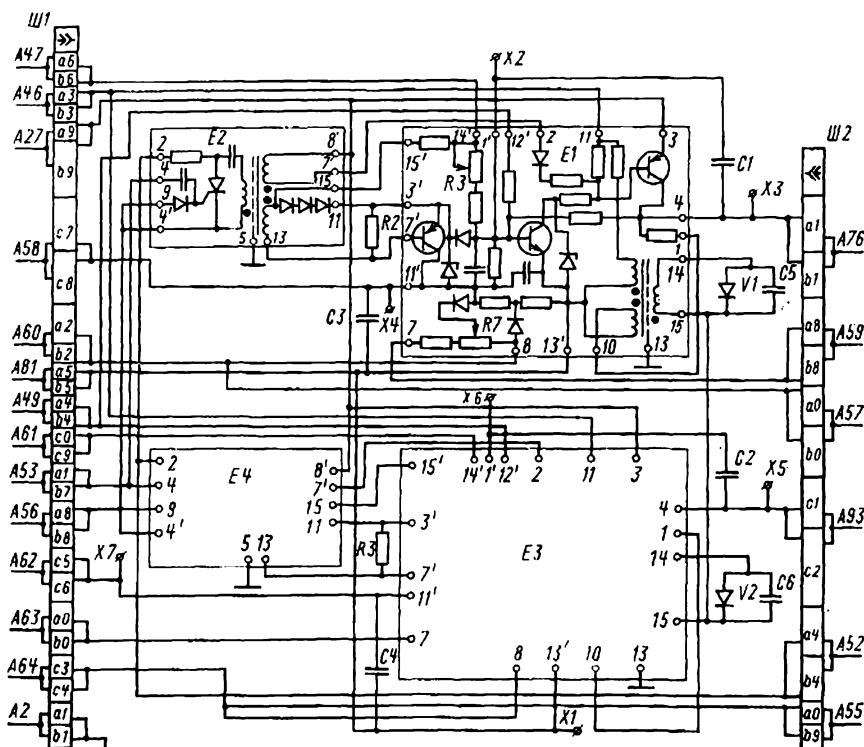


Рис. 64. Принципиальная схема блока УФУ-014

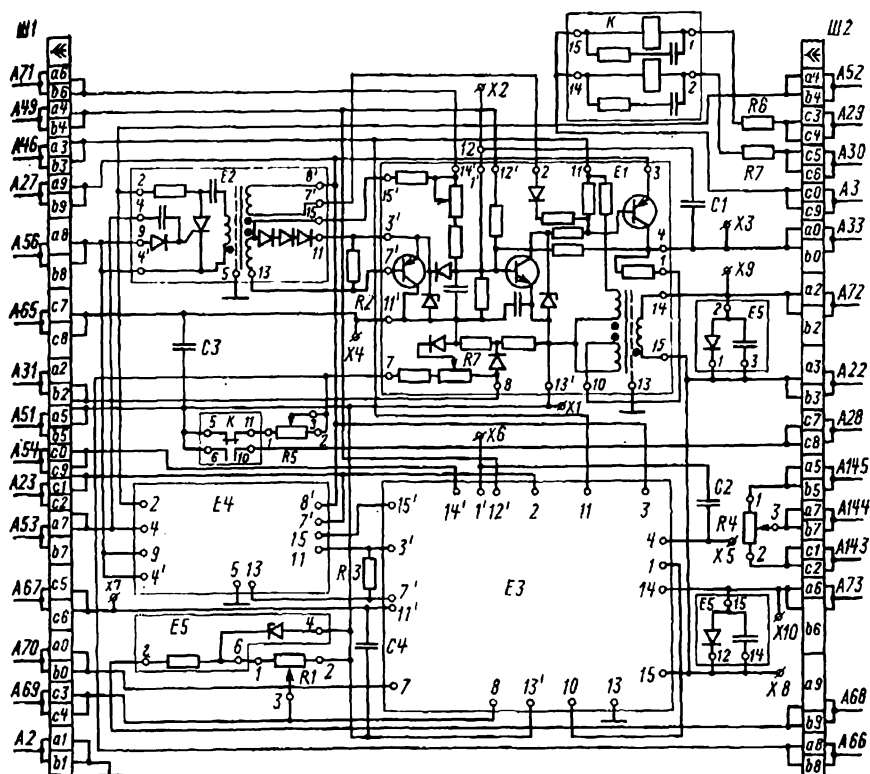


Рис. 65. Принципиальная схема блока УФУ-011

На УФУ-2 напряжение управления подается через стабилитрон  $V_{10}$  блока БИ на выводы 8 и 13' модуля  $E_3$ , формирующего импульсы управления, фаза переднего фронта которых изменяется от  $\alpha_{\text{per max}}$  до  $\alpha_{\text{per min}}$  при изменении  $U_{\text{упр}}$  от 10 до 20 В (на II зоне) и от 30 до 40 В (на IV зоне). Синхронизация работы второго канала УФУ с сетью осуществляется модулем  $E_4$  типа УФУ-С.

Блок УФУ-011 (рис. 65) также состоит из двух каналов. Первый канал (УФУ-3) состоит из модулей  $E_1$  типа УФУ-И и  $E_2$  типа УФУ-С и обеспечивает формирование импульсов управления, соответствующих по фазе переднего фронта углу открытия  $\alpha_0$  в режиме тяги или углу опережения  $\beta$  в режиме рекуперации. Установка начального угла  $\beta_0 = \delta$  осуществляется регулировкой сопротивления переменного резистора  $R_7$  модуля  $E_1$ , а установка угла  $\alpha_0$  — изменением сопротивления резистора  $R_5$ , включенного по схеме релюста, через который напряжение подается на выводы 7 и 13' модуля  $E_1$  через размыкающие контакты реле модуля  $K$ .

В режиме рекуперации напряжение управления снимается с блока БРУЗ и подается по проводам А28 и А31 на модуль  $E_1$ .

Второй канал (*УФУ-4*) состоит из модулей *Е3* типа *УФУ-И* и *Е4* типа *УФУ-С*, блока ограничения фазы *БОФ* (*Е5*) и резистора *Р1*. *УФУ-4* обеспечивает формирование импульсов управления, фаза которых регулируется напряжением, поступающим с фильтра сельсина возбуждения на выводы *8* и *13'* модуля *Е3* через модуль *Е5* и резистор *Р1*. *УФУ-4* совместно с усилительным блоком *БУВ* и *ВУВ* (см. рис. 51) позволяет регулировать ток возбуждения тяговых двигателей в режиме рекуперации посредством поворота рукоятки тормозного вала *КМЭ*.

Фаза импульсов управления возбудителем ограничивается блоком *БОФ*, так как его стабилитрон (см. рис. 65) ограничивает напряжение управления на *УФУ-4* напряжением его стабилизации. С резистора *Р1*, шунтирующего стабилитрон, снимается часть ограниченного на стабилитроне напряжения управления и подается на вход модуля *Е3*.

**Блок формирователей импульсов БФИ.** Он обеспечивает промежуточное усиление импульсов с выходов блоков *УФУ*, *БСК* и *БСИ* (см. рис. 51). Блок *БФИ* (рис. 66) состоит из промежуточных усилителей *Е1—Е4*, выполненных на базе модулей *УФИ-060*, и узла *Е5* усиления импульсов синхронизации с сетью, выполненного на базе усилителя *Т-403*.

Транзисторы усилителя *Т-403* открываются при подаче отрицательного потенциала импульсами на их базы по проводам *А31* и *А32* с выхода блока синхронизации *БСИ* и обеспечивает их усиление до значения, необходимого для открытия тиристоров в модулях *УФУ-С* блоков *УФУ-014* и *УФУ-011* (импульсы подаются на эти блоки по проводу *А53*).

Усилители *Е4—Е2* предназначены для усиления импульсов напряжения, поступаемых с блока *БСК* по проводам *А48*, *А50*, *А82*, *А22*. На усилитель *Е1* поступают импульсы по проводам *А22* и *А73* с блока *УФУ-011* (*УФУ-4*).

Рассмотрим работу усилителя *УФИ-060* по схеме модуля *Е1*. В исходном состоянии (отсутствует сигнал на входе) транзистор *В1* открыт, тиристор *В2* закрыт, конденсатор *С2* заряжается по цепи: провод *А89* источника питания, резистор *Р5*, выводы *8'* и *15*, обмотка импульсного трансформатора *Т1*, резистор *Р7*, провод *А22* источника питания. При подаче на вход (выводы *2'* и *9'*) сигнала транзистор *В1* закрывается. Ток проходит по цепи: провод *А89*, резисторы *Р3* и *Р4*, управляющий электрод тиристора *В2*, резистор *Р7*, провод *А22*. Тиристор *В2* открывается и конденсатор *С2*, разряжаясь через обмотку трансформатора *Т1*, формирует выходной импульс амплитудой 22 В и длительностью 25 мкс. После исчезновения входного сигнала за счет смещения на резисторе *Р2* цепи *Е1* возвращаются в исходное состояние. Выходные импульсы *Е2—Е4* через контакты реле *К1* и *К2* и блок *БДК* подаются на вход выходных усилителей блоков *БВУ*. Реле *К1* и *К2* обеспечивают работу *БВУ* соответственно в режимах тяги и рекуперации.

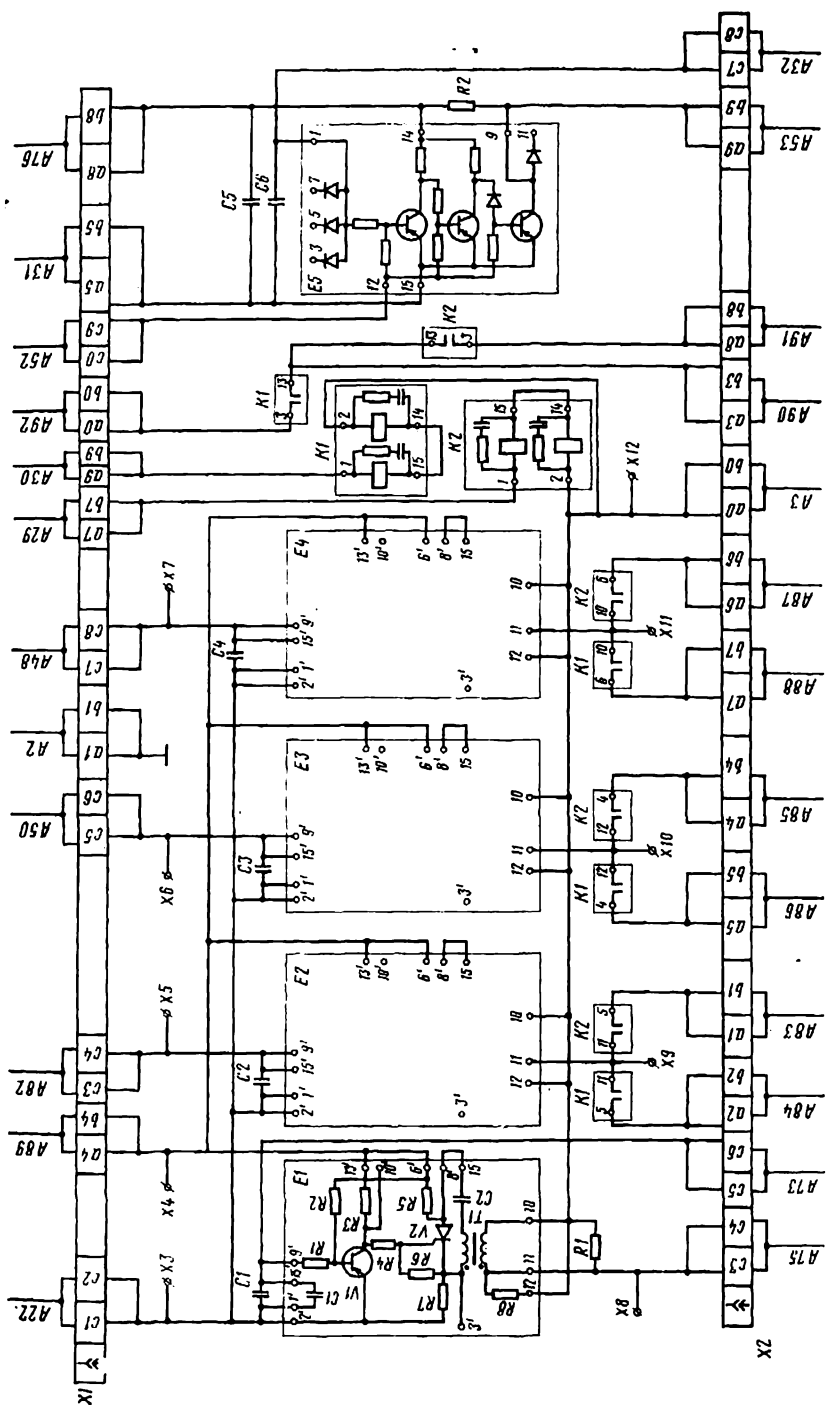


Рис. 66. Принципиальная схема блока формирователей импульсов БФИ

**Блок синхронизации БСИ.** Он предназначен для синхронизации с напряжением питающей сети узлов фазового управления (в блоках УФУ-014 и УФУ-011) и фазораспределителя в блоке БЛ (см. рис. 51).

Чтобы исключить влияние на фазовую характеристику УФУ искажений напряжения сети, вызванных работой соседних электровозов на линии в выпрямительном и инверторном режимах, применена синхронизация УФУ в момент времени  $\omega t = \pi$  напряжения тяговой обмотки. Получая питание от трансформатора Т12 (1200/220 В), БСИ формирует импульсы в момент перехода напряжения тяговой обмотки силового трансформатора через нуль.

Напряжение 220 В с Т12, ограниченное резисторами R48, R49 в панели питания, по проводам А146 и А147 (рис. 67) подается на измерительный узел (А1, А2) БСИ. Последний выполнен на операционных усилителях 1УТ401А и обеспечивает измерение напряжения сети на уровне, близком к нулю (к моменту времени  $\pi$ ). Диоды V1—V4 ограничивают напряжение на входе операционных усилителей до уровня падения напряжения в них.

Алгоритм работы узлов БСИ поясняется рис. 68. Усилители А1 и А2 срабатывают в различные полупериоды напряжения сети. Напряжение с их выходов 5 подается на узел переключения D1, выполненный на микросхеме 2ЛБ172Б. Узел D1 позволяет получить импульсы на выходах 8 и 11, которые затем дифференцируются цепочками C12—R13 и C13—R14. Узел согласования D2, выполненный также на микросхеме 2ЛБ172Б, преобразовывает импульсы, снимаемые с резисторов R14, R13, в прямоугольные. С выходов 2 и 11

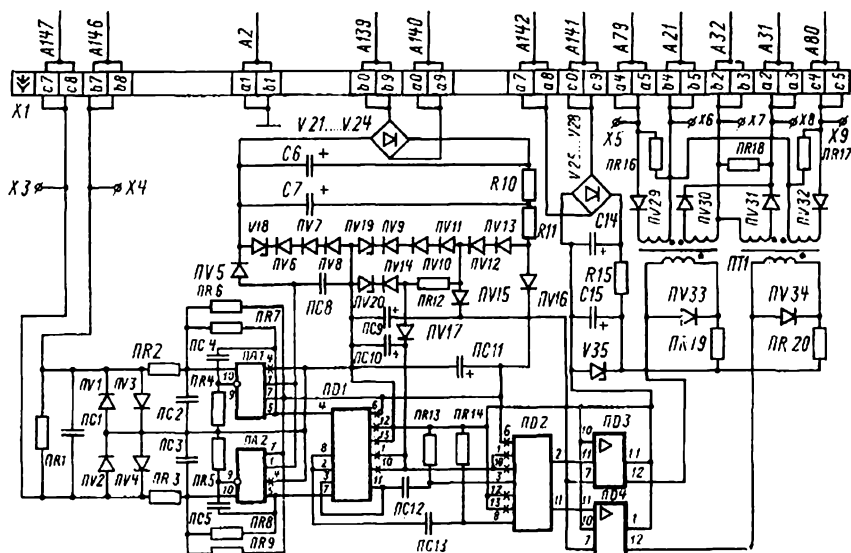


Рис. 67. Принципиальная схема блока синхронизации БСИ



$D2$  прямоугольные импульсы подаются на входы  $11$  формирователей импульсов синхронизации  $D3$  и  $D4$ . Усилители  $D3$  и  $D4$  выполнены на формирователях тока КТ462А и импульсных выходных трансформаторах  $T1$ ,  $T2$  типа МИТ4. Схема включения вторичных обмоток  $T1$  и  $T2$  позволяет получить на выходе БСИ импульсы синхронизации частотой 100 и 50 Гц. На контрольных точках  $x5$  —  $x6$ ,  $x9$  —  $x6$  формируются импульсы частотой 50 Гц, амплитудой 10 — 15 В, которые по проводам  $A79$ ,  $A21$  и  $A80$ ,  $A21$  подаются на модуль  $E3$  фазораспределителя блока БЛ (см. рис. 59).

На контрольных точках  $x8$  —  $x7$  (см. рис. 67) БСИ формируются импульсы частотой 100 Гц, амплитудой 10 — 15 В, которые по проводам  $A31$  и  $A32$  подаются в блок БФИ для промежуточного усиления.

Питание узлов БСИ осуществляется от мостов  $V21$  —  $V24$ ,  $V25$  —  $V28$  и фильтров  $C7$ ,  $C6$  и  $C14$ ,  $C15$ . Стабилизация напряжения питания обеспечивается стабилитронами  $V18$ ,  $V19$  и  $V35$ . На выпрямительные мосты по проводам  $A139$ ,  $140$  и  $A141$ ,  $142$  с панели питания подается переменное напряжение 20 В. Первый выпрямительный мост позволяет получить напряжение + 6 В, — 6 В для питания микросхем, а второй + 18 В для питания узла формирования импульсов.

Применение микросхем в блоке БСИ позволяет получить малую фазовую погрешность синхроимпульсов относительно момента времени  $\omega t = \pi$ .

Однако возникающие в режиме рекуперативного торможения высокочастотные колебания в кривой напряжения тяговой обмотки трансформатора могут приводить к сбоям в цепях синхронизации, особенно на высоких скоростях движения и при консольной схеме питания участка. Сбой по фазе выдачи синхроимпульсов приводит в этих случаях к броскам силового тока и «копрокидыванию» инвертора.

Для исключения влияния искаженной формы напряжения сети на работу цепей синхронизации в режиме торможения на электровозах с № 1528 устанавливают дополнительно к блоку БСИ датчик синхронизации ДС (см. параграф 13), выполненный на базе синхронного двигателя СД90У4.

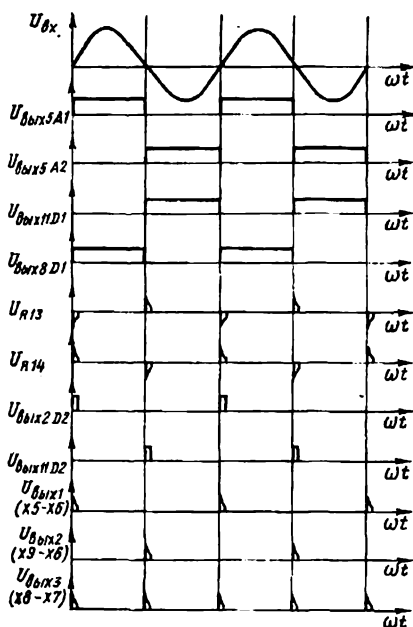


Рис. 68. Алгоритмы работы узлов блока синхронизации

Во время провалов напряжения питания, вызванных коммутацией токов и высокочастотными колебаниями, датчик синхронизации поддерживает значение напряжения на прежнем уровне, которое подается на блок *БСИ*. Это обеспечивает стабильность фазы синхроимпульсов во всех режимах работы электровоза.

**Блок слежения за углами коммутации БСК.** Блок *БСК* (рис. 69) запрещает подачу импульсов управления на тиристоры ВІП в моменты, когда анодное напряжение на них недостаточно для открытия последовательно-параллельно включенных тириستоров. Такие условия могут возникнуть, если импульс управления ограниченной длительности (например, 700 мкс) попадает в зону коммутации тока, в интервале которой анодное напряжение близко к нулю. Если при этом длительность импульсов управления меньше угла коммутации, то возможно нарушение параллельной работы тиристоров. Аналогичные условия могут возникать также при подаче импульсов управления  $\alpha_0$  на тиристоры в контуре с меньшим напряжением, поскольку коммутация тока в контурах с большим и малым напряжениями происходит неодновременно. Кроме того, нарушение параллельной работы тиристоров возможно при открытии тиристоров при малых значениях углов  $\alpha_0$  и сильных искажениях напряжения в контактной сети, вызванных параллельно работающими электровозами в режиме тяги или аварией в системе энергоснабжения.

Для обеспечения надежной параллельной работы тиристоров в принятой на электровозе 8-плечевой схеме ВІП блок *БСК* выполняет функции 1—4 (см. с. 88, 89).

Для выполнения необходимых логических операций в блок *БСК* вводятся сигналы датчиков угла коммутации, преобразованные в блоке *БРУЗ* и сигналы с выходов *УФУ*, а также напряжение тяговой обмотки через разделительный трансформатор *T11* (1200/220 В).

Блок *БСК* выполнен на логических элементах *D1—D3*, *D6—D8*, *D9*, *D11*, *D12* (см. рис. 69) типа 2ЛБ172Б, усилителях *A* типа 1УТ401А и *D4*, *D5*, *D10*, *D13* типа 1УТ464, инверторах на транзисторах *V4* и *V10*, одновибраторе на транзисторах *V11*, *V12* типа КТ315Г, усилителе *E1* типа *УФИ-060* и импульсных трансформаторах *T1—T5*. Питание *БСК* осуществляется постоянным напряжением 6,9, 50, 75 В.

По функциональному признаку *БСК* разделяется на три канала. 1-й функциональный канал ограничивает в режиме тяги фазу импульсов  $\alpha_{\text{рег}}$ , формируемых *УФУ-1* и *УФУ-2* блока *УФУ-014* (см. рис. 51), по углу суммарной основной коммутации  $\gamma_0$  и запрещает подачу импульсов  $\alpha_{\text{рег}}$  в режиме рекуперации в интервале углов от  $\pi - \beta$  до  $\pi$ . Он состоит из:

инвертора на транзисторе *V4* (см. рис. 69), обеспечивающего инвертирование сигналов датчиков угла коммутации, преобразованных в *БРУЗ*, в напряжение  $U_{\gamma\text{и}}$ ;

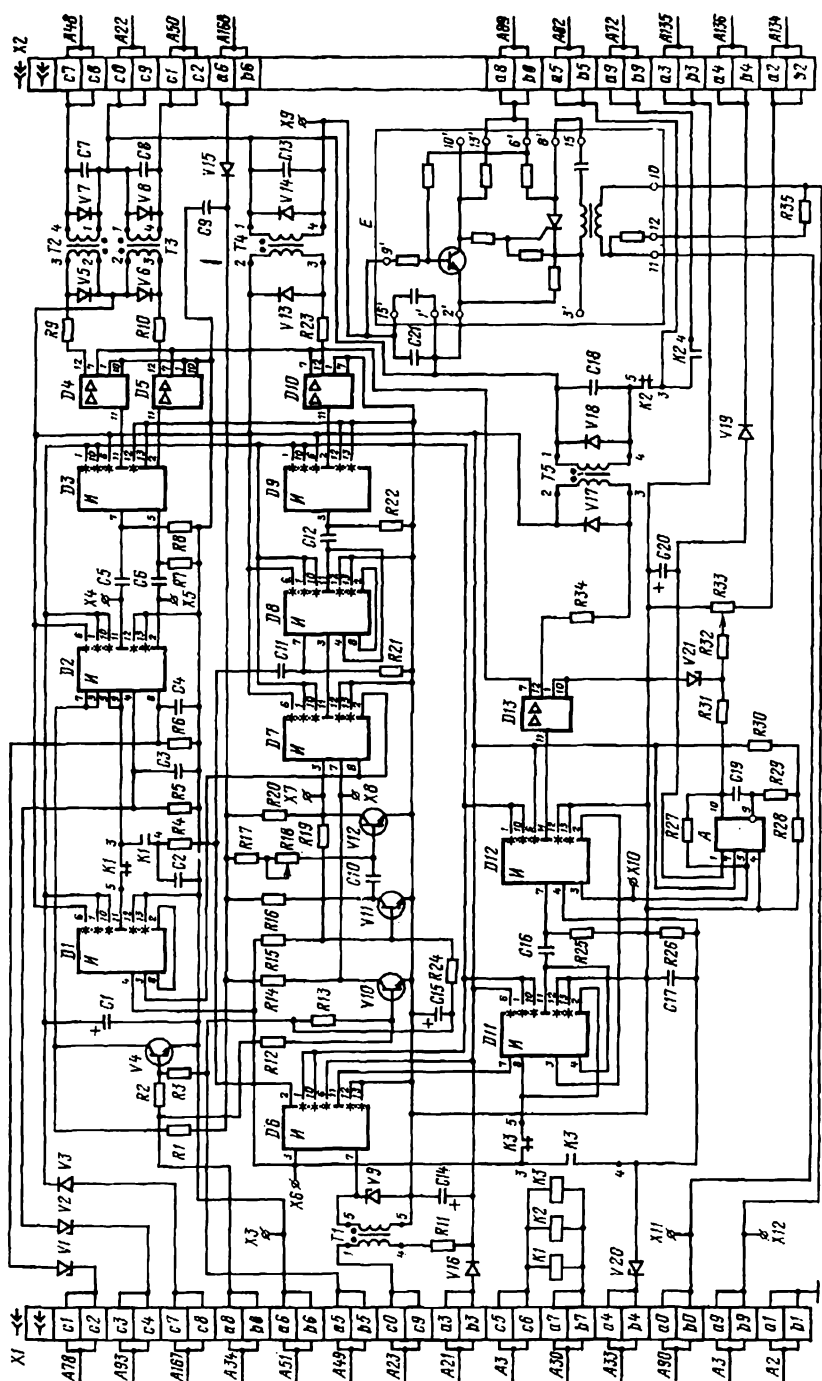


Рис. 69. Принципиальная схема блока слежения за углами коммутации

логического узла  $D6$ , обеспечивающего инвертирование напряжения с выхода  $УФУ-3$  в режиме рекуперации в напряжение  $U_B$ : узла  $D1$ , обеспечивающего запрет импульсов  $\alpha_{\text{рег}}$  в интервале времени от 0 до  $\alpha_{03}$  (напряжение  $U_{\alpha 03}$  в режиме тяги);

узла  $D2$ , осуществляющего сравнение напряжения  $U_{\alpha \text{рег}}$  с выходов  $УФУ-1$ ,  $УФУ-2$  с напряжениями  $U_{\gamma и}$  и  $U_{\alpha 03}$  (в режиме тяги) или  $U_B$  (в режиме рекуперации);

формирователей импульсов  $\alpha_{\text{рег}}$ , выполненных на микросхемах  $D3$ ,  $D4$ ,  $D5$  и трансформаторах  $T2$  и  $T3$ .

В режиме тяги 1-й функциональный канал работает следующим образом. На входы 4 и 8 логического узла  $D2$  подается напряжение  $U_{\alpha \text{рег}}$  (рис. 70, а) с выхода  $УФУ-1$  и  $УФУ-2$ ; на входы 7 и 3 — напряжение  $U_{\gamma и}$ , инвертированное транзистором  $V4$ ; на входы 5 и 9 — напряжение  $U_{\alpha 03}$  с выхода  $D1$  через контакт 3—5 реле  $K1$  (см. рис. 69).  $D2$  содержит две независимые друг от друга цепочки «И — НЕ», одна из которых работает на I и III зонах регулирования и управляется сигналом с  $УФУ-1$  по проводу  $A78$ , а другая — на II и IV зонах и управляется сигналом с  $УФУ-2$  по проводу  $A93$ . Наличие на входах  $D2$  напряжения  $U_{\gamma и}$  и  $U_{\alpha 03}$  обеспечивает соответственно запрет на прохождение импульсов  $\alpha_{\text{рег}}$  в момент коммутации тока и в интервале времени от 0 до  $\alpha_{03}$ .

С выходов 2 и 11  $D2$  напряжение результата сравнения через дифференцирующие цепочки  $C5-R8$ ,  $C6-R7$  поступает на входы 5 и 7 микросхемы  $D3$ , осуществляющей согласование с формирователями тока  $D4$ ,  $D5$ . В результате дифференцирования  $U_{\text{вых}}$   $D2$  на вход  $D3$

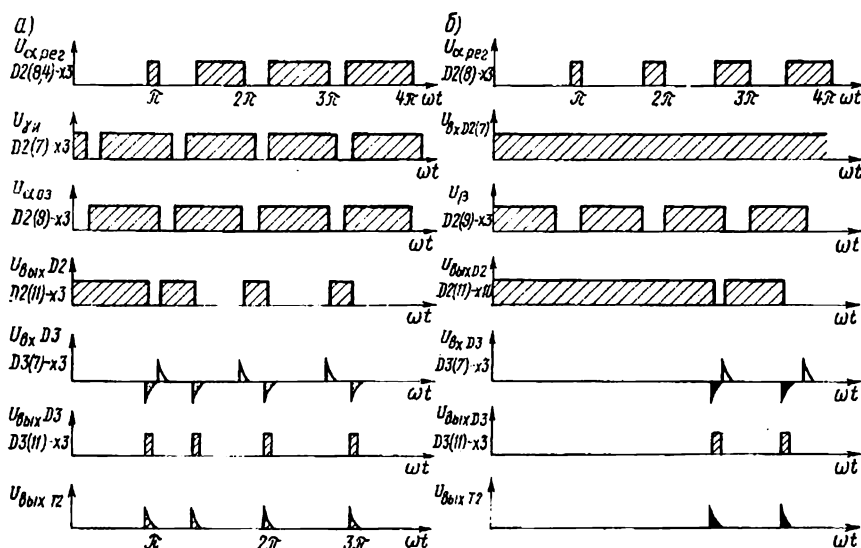


Рис. 70. Диаграммы напряжений на элементах 1-го функционального канала БСК в режимах тяги (а) и рекуперативного торможения (б)

подаются разнополярные импульсы. Обратный импульс является рабочим и определяет конечную фазу импульса  $\alpha_{\text{рег}}$ .

При поступлении импульсов с выходов 2, 11 D3 усилители D4, D5 открываются и на вторичных обмотках трансформаторов T2 и T3 формируют импульсы управления  $\alpha_{\text{рег}}$ , поступающие далее на соответствующие входы модулей УФИ-060 в блоке БФИ по проводам A48, A22 и A50, A22.

Сравнение напряжений на D2 позволяет получить импульсы управления  $\alpha_{\text{рег}}$ , минимальная (конечная) фаза которых будет ограничиваться окончанием суммарной коммутации тока, протекающей в момент, соответствующий углу  $\alpha_0$ .

В режиме рекуперации (рис. 70, б) на входы 5, 9 D2 вместо напряжения  $U_{\alpha_0}$  с выхода микросхемы D1 подается через контакты 3—4 реле K1, напряжение  $U_{\beta}$ , инвертированное микросхемой D6. На вход 3 D6 через контакты 3—4 реле K3 по проводу A33 подается напряжение с выхода УФУ-3. В режиме рекуперации транзистор V4 закрыт, так как сигналы с датчиков угла коммутации не поступают на его вход. Поэтому на входы 3, 7 D2 (см. рис. 69) подается постоянное напряжение.

Наличие напряжения  $U_{\beta}$  (см. рис. 70, б) на входе D2 позволяет запретить выдачу импульсов  $\alpha_{\text{рег}}$  в интервале от  $\pi - \beta$  до  $\pi$ . Задерживающая цепочка R4, C2 (см. рис. 69) в цепи напряжения  $U_{\beta}$ , инвертированного D6, исключает выдачу ложного импульса  $\alpha_{\text{рег}}$  в момент перехода напряжения сети через нуль.

Второй функциональный канал автоматически ограничивает в режиме тяги фазу импульсов  $\alpha_0$ , подаваемых на тиристоры в контуре коммутации с меньшим напряжением по углу коммутации  $\gamma'_0$  в контуре с большим напряжением. Выполнение этой функции возлагается на инвертор и одновибратор с транзисторами V10—V12, логические элементы D7—D10, усилитель E, трансформатор T4.

Цепи 2-го канала работают следующим образом. На вход одновибратора V11, V12 подается напряжение  $U_{\alpha_0}$  (рис. 71, а) с выхода 2 D11 через размыкающий контакт реле K3 (см. рис. 69) и резистор R15. Одновибратор задерживает напряжение на 200 мкс ( $U_{\text{кз}V12}$  на рис. 71, а). Напряжение задержки  $U_{\text{кз}V12}$  подается на вход 3 одной из половин D7, инвертируется и поступает на вход 8 второй половины D7. На вход 7 второй половины D7 подается напряжение с датчиков угла коммутации, инвертированное транзистором V10. В результате сравнения напряжений на выходе 11 D7 появляется напряжение  $U_{\text{вых}D7}$  (см. рис. 71, а), которое подается на вход 3 триггера D8. На другой вход 7 D8 поступают разнополярные импульсы с дифференцирующей цепочки C11, R21, которая осуществляет дифференцирование инвертированного D6 напряжения  $U_{\alpha_0}$  ( $U_{2D6}$ ). Триггер D8 запускается обратным импульсом (на рис. 71, а импульс затемнен), поступающим на вход 7 в момент  $\alpha_0$ . Выключение триггера осуществляется выходным напряжением D7 (см. рис. 69 и 71) в момент окончания коммутации тока в контуре с большим напряжением. Поэтому на выходе 11 триггера D8 по-

является напряжение  $U_{\text{вых} D8}$ , длительность которого равна углу коммутации тока  $\gamma'_0$ . Триггер обеспечивает выделение сигнала по длительности, пропорционального углу  $\gamma'_0$ , несмотря на то, что датчики коммутации одновременно могут измерять углы коммутации в других контурах коммутации. Напряжение, поступающее с выхода 11 D8, дифференцируется цепочкой C12, R22. Обратный импульс подается на вход 3 D9. С выхода 2 D9 импульс напряжения, фаза которого соответствует моменту окончания коммутации тока  $\gamma'_0$  в I контуре ВИП поступает на вход 11 усилителя D10. Транзистор в D10 открывается, формируя на трансформаторе T4 выходной импульс  $\alpha_{\text{ос}}$ , задержанный на угол  $\gamma'_0$ . Импульсы  $\alpha_{\text{ос}}$  усиливаются модулем E (см. рис. 69) и далее через БДК подаются на соответствующие выходные усилители БВУ.

В режиме рекуперации второй функциональный канал блока слежения формирует импульсы управления  $\beta_3$ , задержанные на 200 мкс по сравнению с  $\beta$ , для чего на вход 3 D6 и мультивибратор с транзисторами V11, V12 подается напряжение  $U_\beta$  (см. рис. 70, б) с выхода УФУ-3 через замыкающий контакт 4—3 реле K3 (см. рис. 69).

Формирование импульсов  $\beta_3$  было вызвано необходимостью обеспечить в тиристорной системе выходных усилителей ВИП отсечку длительности регулируемых по фазе импульсов по углу  $\beta_3$ .

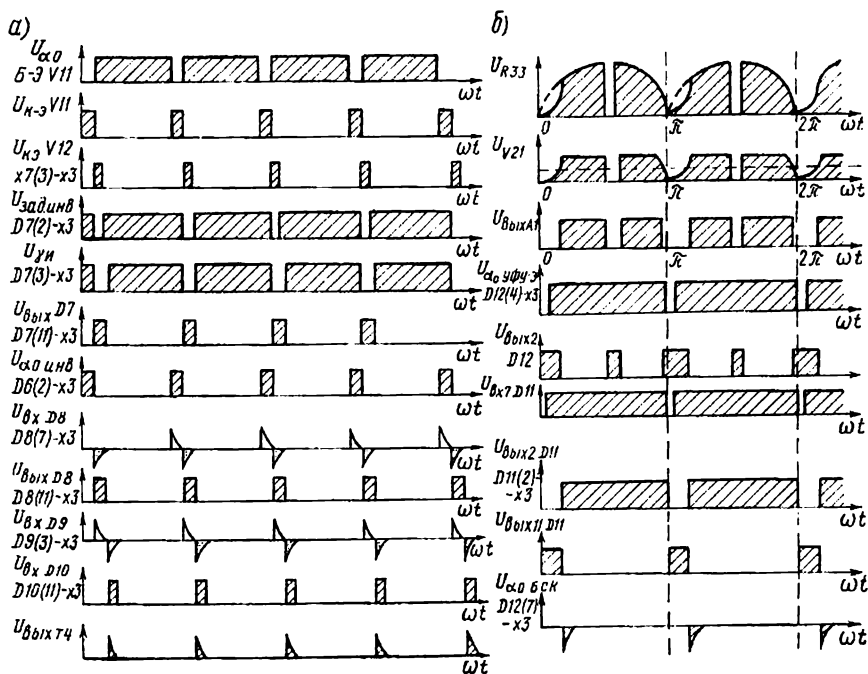


Рис. 71. Диаграммы напряжений на элементах 2-го (а) и 3-го (б) функциональных каналов БСК в режиме тяги

Импульсы  $\beta$  подавались на блоки формирования импульсов БФИ-4, реализующие эту функцию в ВИП, установленных на электровозах ВЛ80Р-1500 ÷ 1511.

В связи с переходом на транзисторные усилители, начиная с электровоза ВЛ80Р-1512, в схеме ВИП которых применен другой способ отсечки импульсов  $\alpha_{\text{рег}}$ , в  $\beta$ , необходимость в формировании импульсов  $\beta_a$  в БУВИП отпадает. Поэтому работа второго канала в режиме рекуперации нами не рассматривается.

Третий функциональный канал слежения импульсов  $\alpha_0$  за мгновенным значением напряжения на тяговой обмотке силового трансформатора состоит из: выпрямительного моста на диодах *V107—V110*; делителя напряжения, выполненного на резисторах *R36, R37*, установленных в панели питания, и *R33*, установленного в блоке БСК; стабилитрона *V21* с токоограничивающими резисторами *R31, R32*; нуля-органа, выполненного на операционном усилителе *A*, резистора обратной связи *R27* и помехоподавляющего конденсатора *C19*, делителя на резисторах *R28, R30*; первой логической цепочки «И—НЕ», выполненной на 1/2 интегральной микросхемы *D12*; интегральной микросхемы *D11*, включенной по схеме триггера; второй половины микросхемы *D12*, выполняющей функции «И—НЕ»; формирователя адресного тока *D13* с резистором *R34* и импульсного трансформатора *T5*, первичная обмотка которого зашунтирована диодом *V17*, а вторичная — диодом *V18* и конденсатором *C18*. Этот канал выдает импульсы управления  $\alpha_0$ , учитывая форму напряжения в контактной сети в режиме тяги, обеспечивая нормальные потенциальные условия для открытия силовых тириستоров.

Узел работает следующим образом. С делителя *R33* выпрямленное напряжение сети через *R31, R32* и стабилитрон *V21*, ограничивающий его по амплитуде, поступает на вход *10* нуля-органа *A*. На второй вход *9* нуля-органа *A* подается опорное напряжение, снимаемое с *R29*. Значения  $U_{10A}$  и  $U_{\text{оп}}$  выбирают такими, чтобы с выхода *5 A* на вход *3 D12* подавалось напряжение, фаза переднего фронта которого была меньше или равна фазе напряжения  $U_{\alpha_0}$ , поступающего с УФУ-3 на вход *4 D12* по проводу *A33* (см. рис. 69).

Результат сравнения напряжений с выхода *2 D12* поступает на вход *3 D11*, собранной по схеме триггера. Импульсы с УФУ-23 блока УФУ-011, инвертированные *D6*, подаются на второй вход *D11* (*7*). С выхода *2* триггера *D11* напряжение, соответствующее  $U_{\alpha_0}$  и учитывающее искажения напряжения в сети, для сравнения подается на *D2* через размыкающие контакты реле *K3* (*3—5*), микросхему *D1*, формирующую  $\alpha_{\text{об}}$ , и контакты реле *K1* (*3—5*). С выхода *11* триггера *D11* через дифференцирующую цепочку *C16, R25* напряжение поступает на вход *7 D12*. Импульс напряжения, фаза которого соответствует  $\alpha_0$  с учетом искажения напряжения в контактной сети, с выхода *11 D12* поступает на вход *D13* (*11*) и открывает выходной транзистор. Через первичную обмотку импульсного трансформатора *T5* протекает ток, формирующий импульсы

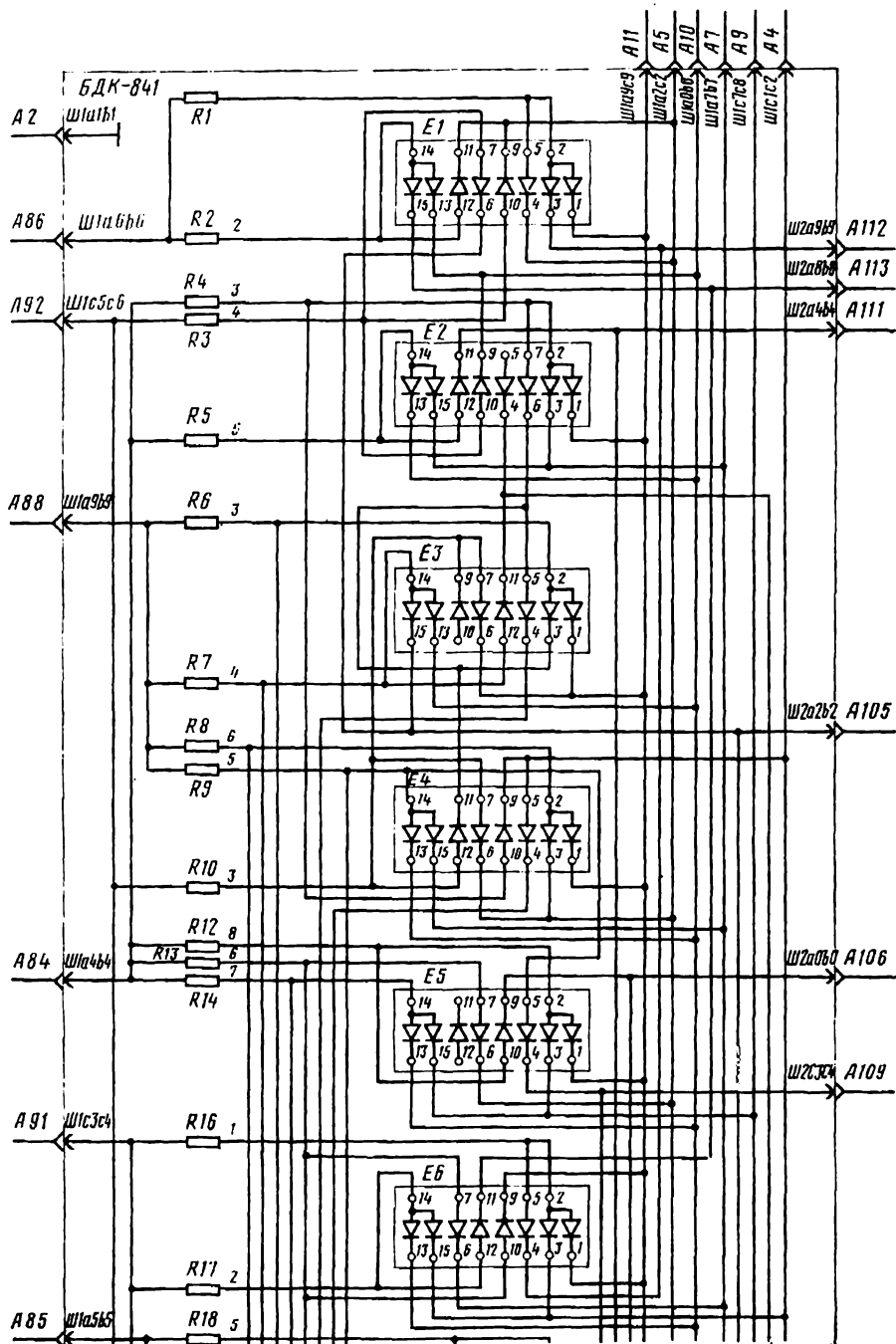
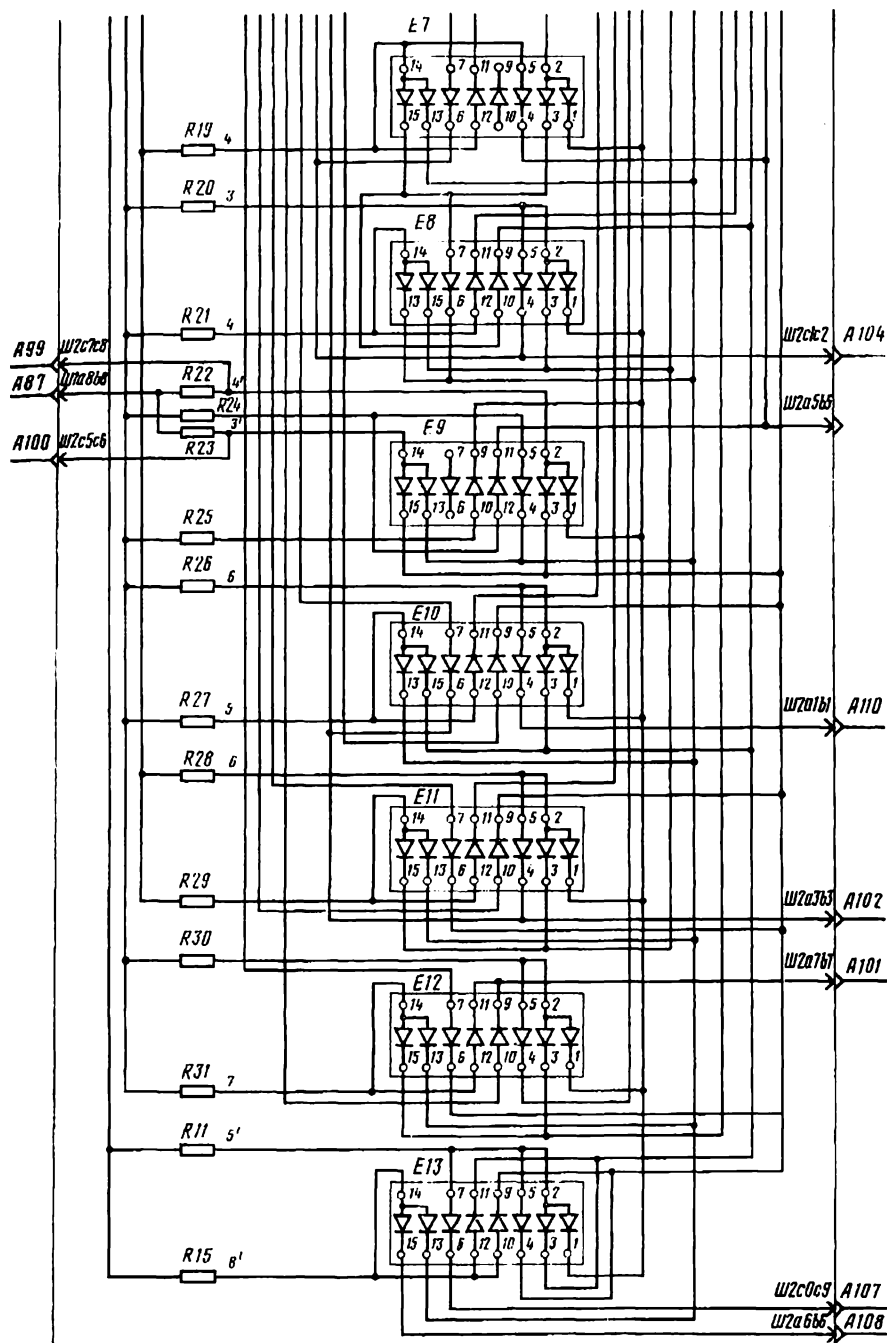


Рис. 72. Принципиальная схема





блока диодных коммутаторов

управления  $\alpha_0$ , которые по проводам *A22*, *A82* поступают на модуль *E2* блока *БФИ*, усиливаются и через *БДК* подаются на соответствующие выходные усилители *БВУ*. В режиме рекуперации третий канал не работает.

**Блок диодных коммутаторов (БДК).** Блок БДК выполняет логические функции «И» по распределению импульсов управления в соответствии с заданным алгоритмом управления выходных усилителей БУВИП (см. рис. 50).

Блок выполнен на диодных модулях  $E1—E13$  типа Д-046 и резисторах  $R1—R31$  (рис. 72) и состоит из двух функциональных каналов. Первый канал работает в режиме тяги, а второй — в режиме рекуперации. Переключение с одного канала на другой осуществляется контактами реле  $K$ , расположенного в блоке  $БФИ$ . На вход  $БДК$  поступают по проводам  $A84—A88$ ,  $A91$ ,  $A92$  импульсы управления с частотой 100 Гц, формируемые блоком  $БФИ$ . В режиме тяги по проводам  $A84$ ,  $A92$  поступают импульсы  $\alpha_0$ ; по проводам  $A86$ ,  $A88$  — импульсы  $\alpha_{\text{пер}}$ . В режиме рекуперации по проводу  $A91$  поступают импульсы  $\beta$ , по проводам  $A85$ ,  $A87$  — импульсы  $\alpha_{\text{пер}}$ . Резисторами  $R1—R31$  ограничивается нагрузка модулей УФИ-060 блока  $БФИ$ .

Диоды модулей  $E1-E13$  осуществляют распределение импульсов управления по входам выходных усилителей БВУ в зависимости от состояния тиристоров  $V1-V4, V7, V8$  в блоке БЛ. Связь с блоком БЛ осуществляется по проводам  $A4, A5, A7, A9-A11$ . Схема подачи

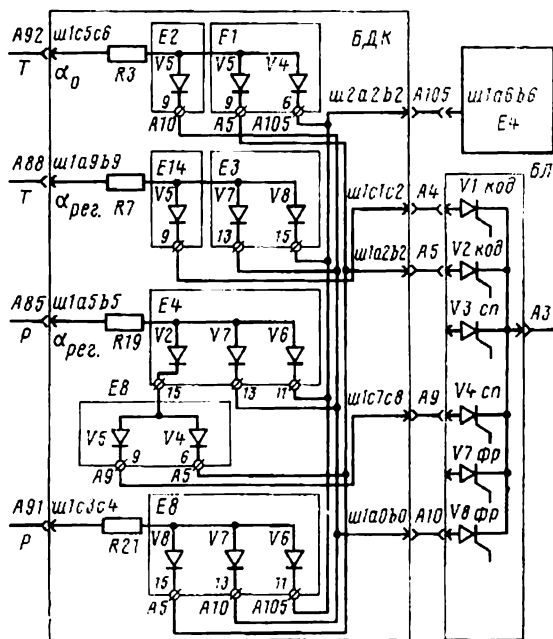


Рис. 73. Схема подачи управляющих импульсов на вход усилителей  $E4$  блока БВУ

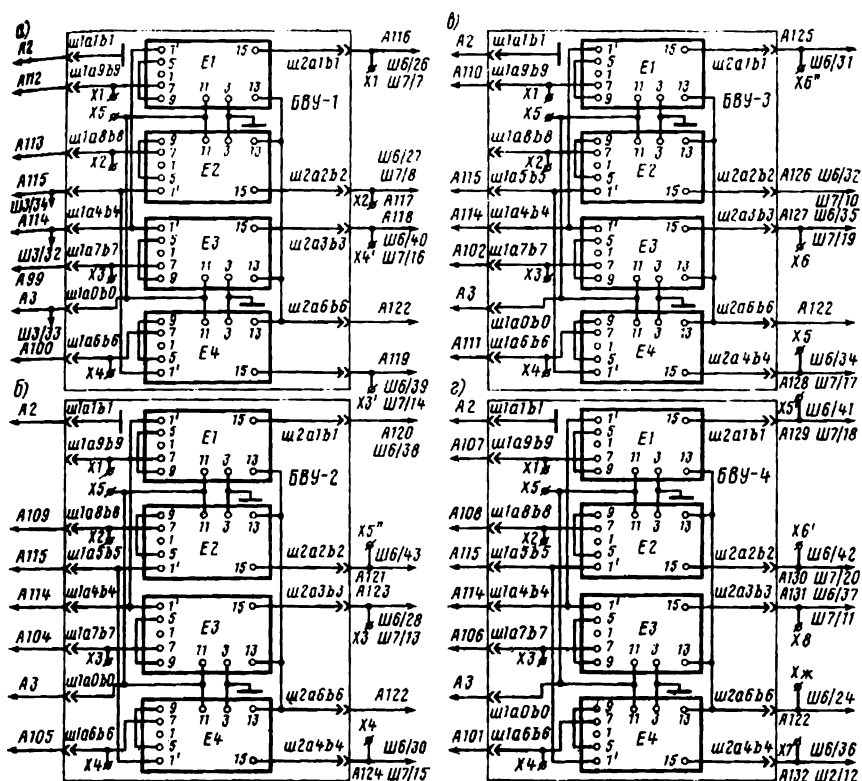


Рис. 74. Схемы включения усилителей в блоках выходных усилителей БВУ-1 — БВУ-4

управляющих импульсов на вход выходного усилителя  $E4$  поясняется рис. 73.

В зависимости от состояния тиристоров блока БЛ импульсы с БДК с частотой 50 Гц поступают на входы выходных усилителей БВУ, сгруппированные по зонам регулирования и полупериодам анодного напряжения.

**Блоки выходных усилителей БВУ1—БВУ4.** Они формируют импульсы управления, подаваемые на БФИ ВИП. В каждом блоке размещены четыре усилителя (рис. 74 и 75) модульного исполнения У-519. Выполнен усилитель на тиристоре  $V5$  типа КУ201. В исходном состоянии тиристор  $V5$  закрыт, конденсатор  $C2$  заряжается от

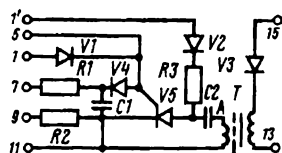


Рис. 75. Принципиальная схема усилителя У-519

источника переменного напряжения 80 В через диод  $V2$  и резистор  $R3$ . В следующий полупериод напряжения импульс управления подается на тиристор с БДК. Тиристор  $V5$  открывается. Конденсатор  $C2$ , разряжаясь через тиристор и импульсный трансформатор, формирует на вторичной обмотке  $T$  импульс напряжения управления амплитудой 25 В, длительностью 50 мкс. Через диод  $V3$  импульс управления подается на БФИ ВИП. Стабилитрон  $V4$  типа Д814А, конденсатор  $C1$  повышают помехозащищенность цепи управления тиристора  $V5$ .

**Блок управления возбудителем БУВ.** Блок  $БУВ$  предназначен для формирования импульсов управления выходными усилителями

возбудителя и распределения их по полупериодам анодного напряжения. Выполнен блок на одном тиристоре  $V3$  (рис. 76, а), на который импульсы управления с частотой 100 Гц поступают по проводам  $A74, A75$  с выхода усилителя блока БФИ. Фаза импульсов управления регулируется УФУ-4 блока УФУ-011 в зависимости от изменения напряжения управления на входе УФУ-4. На блок  $БУВ$  по проводам  $A98, A74, A97$  и  $A74$  поступает переменное напряжение

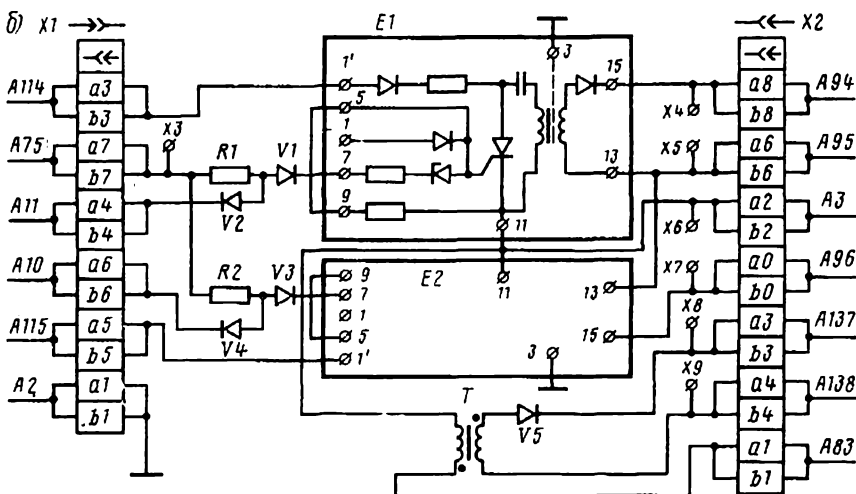
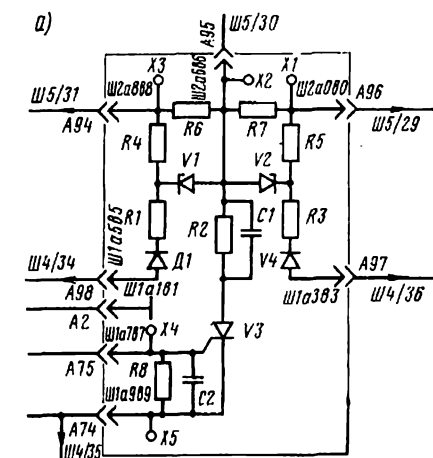


Рис. 76. Принципиальные схемы блоков управления возбудителями БУВ-971 (а) и БУВ-079 (б)

55 В со вторичной обмотки трансформатора со средней точкой (провод А74), установленного в панели питания ПП. Выходные импульсы снимаются с резисторов R6, R7 в момент открытия тиристора V3 и по проводам А94, А95, А96 подаются на выходные усилители ВУВ. Амплитуда их ограничивается стабилитронами V1, V2. Включение одного тиристора V3 в среднюю точку трансформатора позволяет осуществить фазораспределение импульсов управления по двум плечам ВУВ. Цепочка R2 и C1 обеспечивает быстрое затухание анодного тока, а следовательно, закрытие тиристора V3 до конца полупериода питающего напряжения. Это необходимо, поскольку в оба полупериода напряжения питания на анод тиристора V3 подается положительный потенциал.

На электровозах ВЛ80Р-1522 применен новый блок управления возбуждением БУВ-079, выполненный на базе двух модулей У-519 (рис. 76, б). Это позволило унифицировать элементы БУВ и БВУ. Импульсы управления, регулируемые по фазе, поступают с УФУ-4 через УФИ-060 блока БФИ на входы модулей У-519 в БУВ, далее усиливаются и подаются на усилители ВУВ. Распределение импульсов по полупериодам осуществляется фазораспределителем блока БЛ.

## 25. УСТРОЙСТВА АВТОРЕГУЛИРОВАНИЯ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ИНВЕРТОРА

На электровозах ВЛ80Р в режиме торможения применена система авторегулирования угла опережения инвертора  $\beta$  на постоянство угла погасания  $\delta$  до возможно минимального значения 18—20° эл., обеспечивающая улучшение коэффициента мощности электровоза, снижение гармоник в тяговой сети, малое возрастание пульсаций выпрямленного тока по сравнению с регулированием на постоянство угла  $\beta$ .

При разработке системы авторегулирования тиристорного инверторного преобразователя принят принцип регулирования по углу основной коммутации тока, соответствующей углу опережения  $\beta$ . В схеме БУВИП выполнение функций авторегулирования инвертора возлагается на датчики угла коммутации  $D\gamma$ , блок БРУЗ, одноканальный узел фазового управления УФУ-3 в блоке УФУ-011.

Система авторегулирования выполнена на основе одноканального полупроводникового УФУ с вертикальным управлением, в котором симметрия фазы повышается за счет применения одной и той же цепи формирования пилообразных импульсов для обоих полупериодов, одного и того же нуль-органа и одинаковых начальных условий формирования «пилы» благодаря разряду конденсатора формирующей цепи в каждый полупериод. Одноканальный УФУ обеспечивает необходимый диапазон фазового управления и стабильность фазовой характеристики при изменении окружающей температуры, значения и формы питающего напряжения.

**Датчики угла коммутации.** Они предназначены для формирования импульсов напряжения, длительность которых соответствует углу коммутации тока в плечах преобразователя. В преобразователях с многозонным регулированием напряжения наиболее целесообразно осуществлять измерение углов коммутации по току во вторичной обмотке силового трансформатора. Такой датчик содержит трансформатор тока, нагруженный на дифференцирующий элемент, — дроссель с воздушным зазором и малым активным сопротивлением. Трансформатор тока обеспечивает протекание через дроссель переменного тока трапецеидальной формы (рис. 77). При протекании тока через дроссель на его зажимах возникают импульсы напряжения  $U_L = L di/dt$ . Во время коммутации тока имеют место значительно большие  $di/dt$  по сравнению с межкоммутационным периодом. Поэтому ширина импульсов напряжения  $U_L$  соответствует углу коммутации, а их амплитуда зависит от  $di/dt$  и колеблется при изменении нагрузки.

Трансформатор тока, включенный в цепь вторичной обмотки силового трансформатора, работает по полному циклу намагничивания, что обеспечивает амплитуду выходных импульсов  $U_L = 50 \div 100$  В, при  $L = 5,5$  мГ и уменьшает влияние поочередной коммутации тока на их форму.

Импульсы  $U_L$  на разных зонах стабильны по амплитуде и форме, а их длительность соответствует основной коммутации. Прямоугольная часть импульса достаточна для формирования рабочего импульса  $U_{\gamma}$  амплитудой 8—9 В при работе инвертора с  $\delta = 5 \div 7^\circ$  эл.

Органы измерения угла коммутации в тиристорном преобразователе, выполненном по восьмиплечевой силовой схеме, должны учи-

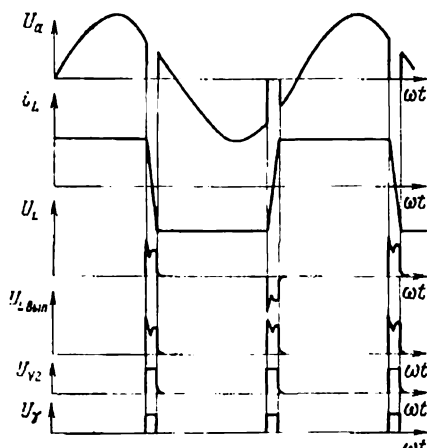


Рис. 77. Диаграммы напряжений и токов, иллюстрирующие работу датчиков угла коммутации

тывать наличие дополнительной коммутации тока (соответствующей углу регулирования  $\alpha_{\text{пер}}$ ); быстродействующий перевод нагрузок с одних секций трансформатора на другие; неодновременность основной коммутации тока в различных контурах коммутации. Сигнал от дополнительной коммутации тока в  $\alpha_{\text{пер}}$  не должен нарушать пропорциональность регулирования по углу основной коммутации тока, соответствующей углу  $\beta$ . При синхронном переводе нагрузки, когда основная коммутация с одной секции трансформатора переводится на другие, недопустим пропуск выходного сигнала измеритель-

ного органа, который может вызвать уменьшение угла погасания и «опрокидывание» инвертора. Поэтому выходы измерителей углов коммутации, работающих на разных зонах, должны переключаться синхронно в момент времени  $\omega t = \pi/2$ .

Датчик  $D\gamma 1$  работает на III и IV, а  $D\gamma 2$  на I и II зонах регулирования (см. рис. 51). Трансформаторы тока датчиков выполнены на тороидальных сердечниках и имеют две обмотки с числом витков:  $\omega_1 = 1$ ;  $\omega_2 = 214$ . Дроссель выполнен на Ш-образном сердечнике с воздушным зазором. На среднем сердечнике размещена обмотка, в которой предусмотрен промежуточный вывод от 50-го витка. Для получения оптимальной формы импульсов напряжения  $U_L$  рекомендуется включать трансформаторы тока на выводы 1—2 дросселя (50 витков) и устанавливать воздушный зазор 3 мм. Разнополярные импульсы  $U_L$  с выходов датчиков  $D\gamma 1$ ,  $D\gamma 2$  каждого из ВИП-61, ВИП-62 подаются на блок БРУЗ.

**Блок БРУЗ.** На блок БРУЗ по проводам  $A42$ ,  $A43$  и  $A44$ ,  $A45$  (рис. 78) поступают разнополярные импульсы напряжения  $U_L$  с датчиков углов коммутации, работающих на I и II зонах регулирования (с ВИП-61 и ВИП-62), а по проводам  $A38$ ,  $A39$  и  $A40$ ,  $A41$  — с датчиков, работающих на III и IV зонах регулирования. Через ограничивающие резисторы  $R1$ — $R4$  импульсы поступают на выпрямительные мосты в модулях  $E1$  и  $E2$ . Выходы мостов каждой из двух групп датчиков всех ВИП запараллелены. Включение мостов по схеме «ИЛИ» обеспечивает регулирование угла опережения  $\beta$  по наибольшему углу коммутации тока в ВИП. Однополярные импульсы первой группы датчиков ограничиваются по амплитуде стабилитроном  $V2$ , а второй группы — стабилитроном  $V1$  на уровне 33 В. Напряжение, ограниченное стабилитронами  $V1$  и  $V2$ , через контактные группы 5—11, 3—13 или 6—10, 4—12 реле  $K1$  подается через резистор  $R6$  на стабилитроны  $V3$ — $V5$ , включенные последовательно. Каждая из катушек магнитоуправляемых контактов  $K1$  получает питание соответственно по проводам  $A8$ ,  $A13$  и  $A6$ ,  $A12$  через транзисторы триггера синхронного перехода в блоке БЛ. На I и II зонах регулирования замкнуты контакты 5—11, 3—13. При переходе со II на III зону синхронно с моментом времени  $\omega t = \pi/2$  срабатывает триггер синхронного перехода, замыкаются контакты 6—10, 4—12 и размыкаются контакты 5—11, 3—13, осуществляя быстрое переключение цепи стабилитронов  $V3$ — $V5$  с первой группы датчиков на вторую без пропусков импульсов  $U_\gamma$ .

Стабилитроны  $V4$ ,  $V5$  срезают нижнюю, не пропорциональную углу коммутации часть импульса  $U_L$  на уровне 14—16 В (см. рис. 77). Стабилитрон  $V3$  формирует прямоугольный импульс  $U_\gamma$  с амплитудой 8—9 В, по длительности соответствующий углу коммутации.

В режиме торможения напряжение  $U_\gamma$  с резистора  $R7$  через контакты 3—13, 11—5 реле  $K2$  подается на вход транзистора модуля  $E3$  типа ТЭ-104 (039), который с конденсаторами  $C1$ ,  $C2$ ,

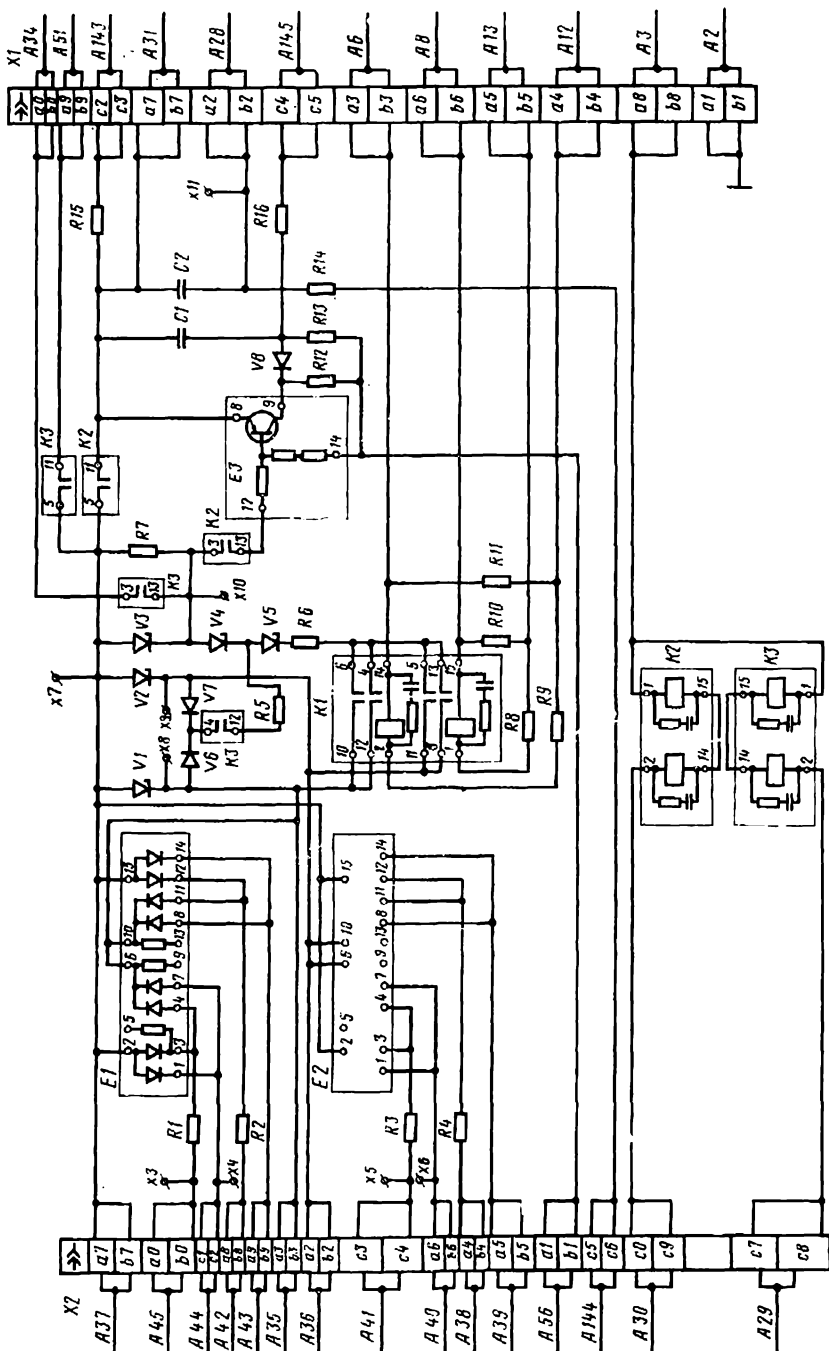


Рис. 78. Принципиальная схема блока БРУЗ



резисторами  $R12$ ,  $R13$ ,  $R15$  и  $R16$  образует интегрирующий контур, преобразующий импульсы  $U_\gamma$  с частотой 100 Гц в аналоговое напряжение управления. При поступлении импульсов  $U_\gamma$  на вход транзистор закрывается на время коммутации тока.

Через резистор  $R12$  и развязывающий диод  $V8$  заряжается конденсатор  $C1$  от стабилизированного источника постоянного напряжения. Если постоянная времени разряда меньше постоянной цепи заряда конденсатора  $C1$ , то среднее напряжение на конденсаторе пропорционально длительности коммутации тока.

С делителя  $R16$ ,  $R15$ ,  $R4$  в блоке УФУ-011 через резистор  $R14$  напряжение управления, пропорциональное углу коммутации, подается на вход одноканального УФУ-3 в блоке УФУ-011. УФУ-3 преобразовывает постоянное напряжение управления, снимаемое с конденсатора  $C1$ , в импульсы управления, фаза которых определяет угол опережения  $\beta$ , необходимый для поддержания заданного угла погасания  $\delta$ . С увеличением угла коммутаций (растет ток рекуперации; изменяется расстояние электровоза до подстанции, напряжение контактной сети и т. д.) УФУ-3 увеличивает угол  $\beta$  на значение, пропорциональное изменению угла коммутации, таким образом, что выполняется условие  $\delta = \beta - \gamma = \text{const}$  во всех рабочих режимах электровоза.

Для получения обратной фазовой характеристики УФУ-3 (с ростом управляющего напряжения угол  $\beta$  возрастает) на выводы 7—8 модуля УФУ-И подается стабилизированное опорное напряжение смещения. Потенциометром в модуле  $E1$  блока УФУ-011 устанавливается заданный угол погасания  $\delta$ .

В режиме тяги блок БРУЗ подает импульсы  $U_\gamma$  с резистора  $R7$  (стабилитрона  $V3$ ) на блок БСК, что необходимо для работы систем слежения углов регулирования за углами коммутации. Сигналы  $U_\gamma$  на БСК поступают по проводу  $A34$  через размыкающие контакты реле  $K3$ . В режиме тяги напряжение  $U_L$ , ограниченное стабилизаторами  $V1$ ,  $V2$ , подается на стабилитроны  $V3$ ,  $V4$  через диоды  $V6$ ,  $V7$ , контакты 4—12 реле  $K3$  и резистор  $R5$ .

## 26. СИСТЕМА ПРОТИВОКОМПАУНДИРОВАНИЯ ТОРМОЗНОГО ТОКА

**Общие сведения.** Система противоконпаундирования предназначена для уменьшения скорости нарастания тормозного тока при входе в режим рекуперативного торможения, а также для повышения электрической устойчивости параллельно работающим инвертора и генератора. Это достигается воздействием по току якоря и скорости его изменения во времени на возбуждение тяговых двигателей (через УФУ-4) и на э. д. с. трансформатора (через УФУ-1, УФУ-2). С увеличением тока якоря система противоконпаундирования стремится увеличить э. д. с. трансформатора и уменьшить ток воз-

буждения, что замедляет рост тока якоря и повышает электрическую устойчивость всей системы регулирования.

Система противокомпаундирования состоит из датчиков токов, включаемых в цепи якорей всех тяговых двигателей, блока измерений БИ-940, блока противокомпаундирования БПК.

Датчик тока ДТ-020 представляет собой трансформатор постоянного тока, первичная обмотка которого (латунный стержень) включена последовательно в цепь якоря тягового двигателя, а вторичная обмотка через нагрузочный резистор блока БИ — на переменное напряжение 127 В.

Для защиты вторичных обмоток трансформатора от коммутационных перенапряжений каждая из них шунтируется резистором с активным сопротивлением 3,8 кОм.

Трансформатор  $T$  (рис. 79) со вторичной обмоткой на напряжение 127 В, нагрузочные резисторы  $R1-R4$ , выпрямительные мосты конструктивно объединены в блок измерения БИ-940. Вторичные обмотки датчиков тока, включенных в цепи каждого из двигателей, подключаются соответственно на выводы 41—42, 43—44, 45—46, 47—48 блока измерений БИ. При протекании тока якоря на нагрузочных резисторах  $R1-R4$  появляется напряжение, которое прямо пропорционально току якоря. Напряжение с резисторов  $R1-R4$  выпрямляется мостами  $V1-V4$ ,  $V5-V8$  модулей  $E1$ ,  $E2$ . Мосты соединены по схеме «ИЛИ», что обеспечивает получение на выходе выпрямленного напряжения, пропорционального току якоря наиболее нагруженного двигателя. Трансформатор  $T$  блока БИ питается от обмотки 380 В собственных нужд. В цепи первичной обмотки установлен предохранитель ПК-45. Выпрямленное напряжение, пропорциональное току якоря, с выходов мостов (выводы 23—24) поступает на блок противокомпаундирования БПК.

**Блок противокомпаундирования БПК-098.** Электровозы ВЛ80Р, начиная с № 1514, оборудованы блоком противокомпаундирования

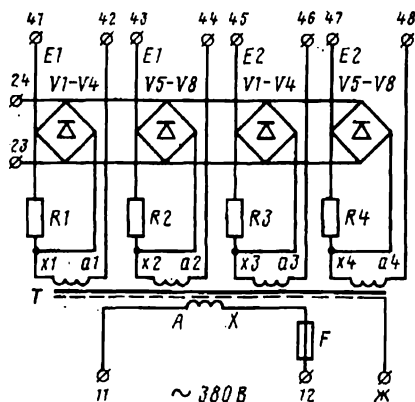


Рис. 79. Принципиальная схема блока измерений БИ-940

БПК-098. Блок выполнен в виде двух кассет: БПК-054 и стабилизированного источника питания БСП-055 (рис. 80 и 81). Сигнал с датчика тока ДТ-020 через блок измерений БИ поступает на фильтр  $C1$ ,  $L$ ,  $C2$  (см. рис. 80), на выходе которого получаем постоянное сглаженное напряжение, пропорциональное току якоря. На вход усилителя постоянного тока блока БПК-054 подаются:

- сигнал, пропорциональный току якоря (с потенциометра  $R1$ );
- сигнал, пропорциональный скорости изменения тока якоря

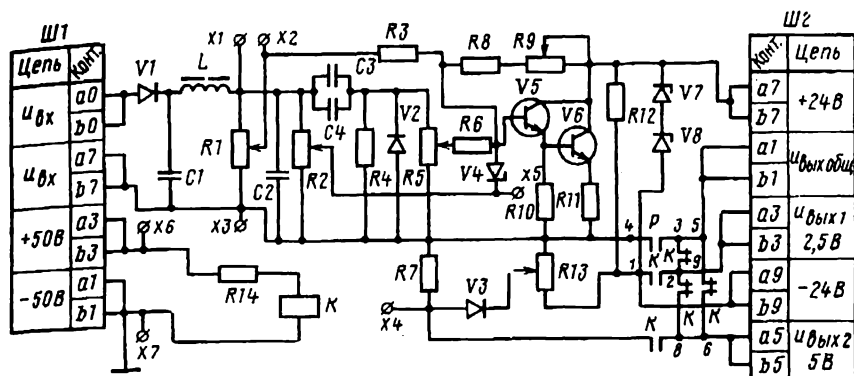


Рис. 80. Принципиальная схема блока противокомпаундирования БПК-054

ря, формируемый дифференцирующей цепочкой  $C3$ ,  $C4$ ,  $R4$  и снимаемый с потенциометра  $R5$ ;

сигнал ограничения тормозного тока (с потенциометра  $R2$ ).

Усилитель постоянного тока выполнен на транзисторах  $V5$   $V6$  и имеет разделенную нагрузку. Резистор  $R10$  введен в цепь отрицательной обратной связи, которая стабилизирует режим работы усилителя. Нагрузочный резистор  $R13$  включен в цепь управления УФУ-1 и УФУ-2 (УФУ ВИП). Часть напряжения с  $R13$  подается на  $R7$ , которое введено в цепь управления УФУ-4 (УФУ ВУВ). Схему включения блока БПК в цепь УФУ поясняет рис. 82. Рабочая точка усилителя определяется смещением, подаваемым через резисторы  $R8$  и  $R9$  (см. рис. 81). Стабилитроны  $V7$  и  $V8$  служат для защиты блока БПК при пробое регулирующего транзистора в блоке БСП-055.

Питание БПК-054 осуществляется от стабилизированного источника питания БСП-055. Необходимое напряжение устанавливается посредством резистора  $R6$  (см. рис. 80). Питание выпрямителя

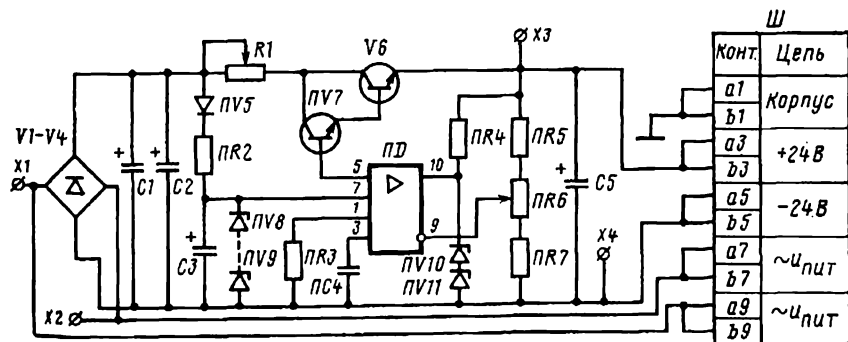


Рис. 81. Принципиальная схема блока стабилизированного питания БСП-055

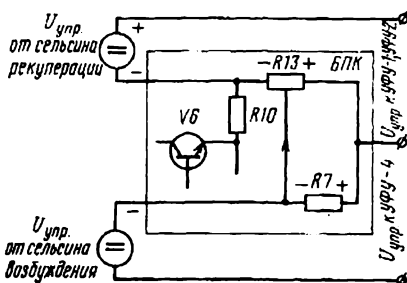


Рис. 82. Упрощенная схема включения БПК в цепи управления УФУ

Однако, как показали испытания, в данной схеме с неразделенными каналами воздействия на цепи возбуждения и э. д. с. силового трансформатора уменьшение скорости нарастания тормозного тока обеспечивается в основном за счет воздействия на УФУ возбуждения сигнала, пропорционального току якоря. Это приводит к уменьшению жесткости тормозных характеристик, особенно в зоне больших скоростей. Увеличение же степени воздействия только по производной тока якоря приводит к возникновению колебательного процесса.

Включение каналов БПК на один фильтр приводит к увеличению пульсации в сигнале воздействия на УФУ возбудителя, а это в свою очередь ведет к увеличению зависимости степени противокомпаундирования от тормозного тока.

Для устранения указанных недостатков на электровозах ВЛ80Р выпуска 1978 г. была испытана схема БПК с разделением фильтров для выделения сигнала с датчиков тока.

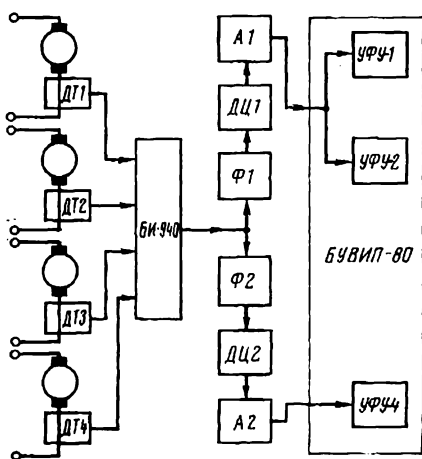


Рис. 83. Структурная схема БПК с разделенными каналами управления

БСП осуществляется от обмотки трансформатора Т8, установленного в панели питания ПП.

Для отключения БПК в режиме тяги используется реле К, управляемое контактом блокировочного переключателя БП. Блок БПК-098 обеспечивает плавный вход в режим рекуперативного торможения при высоких скоростях движения 70 — 80 км/ч и облегчает машинисту управление электровозом в режиме торможения.

Блок противокомпаундирования с разделенными каналами управления. Сигнал с блока измерений БИ, пропорциональный наибольшему току тяговых двигателей, подается на фильтры нижних частот  $\Phi 1$ ,  $\Phi 2$  (рис. 83) каналов воздействия на УФУ ВИП и УФУ ВУВ. Благодаря тому, что фильтры пропускают частоты ниже 30 Гц, на их выходах выделяются сигналы, пропорциональные скорости изменения сигнала с датчиков тока ДТ1 — ДТ4. Фильтр  $\Phi 1$  канала воздействия на УФУ ВИП П-образный и

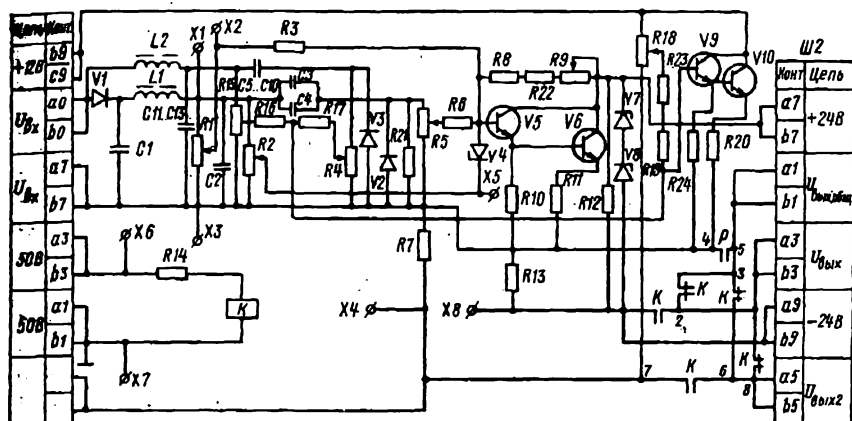


Рис. 84. Принципиальная схема блока противокомпаундирования с разделенными каналами управления

состоит из конденсаторов  $C1, C2$  (рис. 84) и дросселя  $L1$ . Имея резкий спад частотной характеристики в области 30 Гц, он обеспечивает достаточную фильтрацию первой и второй гармоник входного напряжения и быстродействие этого канала.

Фильтр  $\Phi 2$  канала воздействия на УФУ ВУВ выполнен по Г-образной схеме и состоит из конденсаторов  $C11—C13$  и дросселя  $L2$ . Он имеет спад частотной характеристики в зоне 10—20 Гц, что обеспечивает значительное ослабление пульсаций и позволяет применить дифференцирующую цепь с большой постоянной времени. Сигналы с фильтров дифференцируются RC цепочками ДЦ1 ( $R5, C3, C4$ ) и ДЦ2 ( $R4, C5—C10$ ) (см. рис. 83 и 84). После выделения сигналов по скорости изменения тока они подаются на усилители постоянного тока  $A1, A2$ , собранные соответственно на транзисторах  $V5, V6$  и  $V9, V10$ .

На входы усилителей подаются также сигналы с выходов фильтров, пропорциональные тормозному току. Усилители обеспечивают согласование цепей дифференцирования и управление УФУ ВИП и УФУ ВУВ. Для стабилизации режима их работы введена отрицательная обратная связь путем включения резистора в эмиттерную цепь выходного транзистора. Для уменьшения влияния нелинейности сопротивления база—эмиттер входного транзистора этот переход смещен в прямом направлении.

Нагрузочные резисторы усилителей  $R7$  и  $R13$  являются также суммирующими в цепях управления УФУ ВИП и УФУ ВУВ соответственно. Реле  $K$  служит для отключения цепей противокомпаундирования в режиме тяги. Питание усилителей осуществляется от отдельных источников питания стабилизированного напряжения.

Уставки БПК задаются следующими резисторами:

$R1$ ,  $R15$ —регулируется воздействие по величине тормозного тока на УФУ ВИП и УФУ ВУВ соответственно;

$R4$ ,  $R5$  — регулируется воздействие по скорости изменения тормозного тока на УФУ ВИП и УФУ ВУВ соответственно.

Регулировкой сопротивления резисторов  $R1$ ,  $R4$ ,  $R5$  и  $R15$  добиваются экспериментально плавного нарастания тока в режиме рекуперации. При оптимальном их положении обеспечивается при высоких скоростях движения начальное нарастание тормозной силы до значений 12—14 тс за 0,25 с с последующим плавным нарастанием до установившегося значения за 8—9 с.

С целью уменьшения влияния системы противокомпаундирования на жесткость тормозных характеристик канал воздействия на УФУ ВУВ по величине тормозного тока рекомендуется отключать установкой движка в крайнее положение ( $R15_{1-3} = 0$ ,  $R15_{2,3} = 6,8$  кОм).

## 27. ПАНЕЛЬ ПИТАНИЯ ПП-088

Панель питания (рис. 85\*) осуществляет питание постоянным стабилизированным и переменным напряжением всех блоков БУВИП-80, трех сельсинов контроллера машиниста КМЭ, формирует напряжение, по которому осуществляется распределение импульсов управления по полупериодам анодного напряжения, и импульсы для осуществления синхронного перехода, соответствующие моменту времени  $\omega t = \pi/2$ .

На панели питания установлены следующие трансформаторы:

$T1$  — для питания источников постоянного тока панели питания стабилизированным по первичной обмотке переменным напряжением;

$T2$  —  $380/2 \times 220$  В для синхронизации аппаратуры управления по напряжению обмотки собственных нужд (используется для питания цепей синхронизации и фазораспределения при наладочных работах в депо или на испытательной станции завода);

$T3$  —  $380/2 \times 85$  В для питания блоков выходных усилителей БВУ;

$T4$  — для питания переменным напряжением источников питания микросхем в блоках БСИ и БПК;

$T5$  —  $380/2 \times 55$  В для питания цепей формирования импульсов синхронизации в  $\pi/2$  и питания блока управления возбудителем БУВ;

$T6$  —  $220/110$  В для питания сельсинов КМЭ;

$T7$  — импульсный, формирующий импульсы синхронизации в  $\pi/2$ .

Трансформаторы  $T1$ ,  $T4$ ,  $T6$  питаются от феррорезонансного стабилизатора (ФС) С-075Т, установленного в высоковольтной камере электровоза. Питание же самого ФС осуществляется через раз-

\* Рисунок помещен в конце книги на вклейке.

делительный трансформатор 380/220 В от обмотки собственных нужд силового трансформатора. Стабилизатор при номинальной нагрузке 3,4 А поддерживает напряжение  $220 \pm 5$  В. При колебаниях напряжения питания в пределах от + 8 до — 17% стабилизированное напряжение на его выходе изменяется не более чем на 1%.

Панель питания содержит следующие узлы:

четыре источника напряжения 72 В для питания генераторов пилообразного напряжения УФУ, выполненные на панелях П1—П3;

источник напряжения + 6 В для питания цепей смещения блоков БИ и БЛ, выполненный на половине модуля Е4. Сглаживание пульсаций в нем осуществляется RC-фильтром. Для стабилизации выпрямленного напряжения включен стабилитрон V91;

источник напряжения для питания коллекторных цепей блоков БИ и БЛ, который собран на второй половине модуля Е4. Он позволяет получить постоянное напряжение + 24 В. Сглаживание пульсаций осуществляется с помощью П-образного фильтра С49, С52, L3, С45, С48. Для регулировки выходного напряжения этого источника под нагрузкой служит переменный резистор R34;

источник напряжения для питания модулей УФИ-060 блока БФИ, выполненный на панели П5. Этот источник обеспечивает постоянное напряжение + 80 В. Сглаживание осуществляется RC-фильтром C13, R19, C14. Стабилизация напряжения осуществляется стабилитронами V57—V61.

В цепи выпрямленного напряжения панелей П2 и П3 стоят RC-фильтры, после которых для стабилизации выпрямленного напряжения включены стабилитроны: V1—V8, V9—V16, V25—V32, V33—V40. В целях уменьшения влияния температуры на напряжение включены терморезисторы R1, R5, R9 и R13. Выпрямительные мосты размещаются на панелях П2, П3;

выпрямительный мост с фильтром для получения выпрямленного напряжения управления от сельсинов управления ВИП в тяге или рекуперации. Он смонтирован на половине модуля Е5. Подключение на вход моста напряжения с сельсина тяги или рекуперации осуществляется через контакты реле K1. Сглаживание пульсаций производится П-образным LC-фильтром (C66 ... C69, L4, C70 ... C73). Питание реле K1 осуществляется от электровозных цепей 50 В. Напряжение стабилизируется стабилитронами V111—V113;

выпрямительный мост с фильтром для получения выпрямленного напряжения управления от сельсина управления ВУВ, выполненный на второй половине модуля Е5. Здесь сглаживание осуществляется П-образным LC-фильтром (C74, C75, L5, C76, C77);

четыре источника постоянного напряжения + 18 В для питания цепей смещения УФУ, выполненные на панели П6 и модулях Е2, Е3. Сглаживание пульсаций осуществляется RC-фильтром. Для стабилизации выпрямленного напряжения включены стабилитроны V83—V90;

источники напряжения для питания транзисторов УФУ и интегральных микросхем, выполненные на панели *П6* и половине модуля *Е1*. Они позволяют получить постоянные напряжения: + 6 В, + 11 В, — 6 В, — 9 В, + 3 В, + 5 В. Для сглаживания пульсаций здесь применен П-образный *LC*-фильтр. Для стабилизации выпрямленного напряжения через ограничивающий резистор включены стабилитроны *V63*, *V64*, *V68*, *V70* и диоды *V65—V67*, *V71—V76*. С целью получения напряжения смещения — 9 В, мало-зависящего от изменения окружающей температуры, применен прецизионный стабилитрон *V62*;

источник напряжения для питания блока БРУЗ, узла синхронизации блока БФИ и питания цепей синхронизации модулей УФУ-С, выполненный также на панели *П6* и второй половине модуля *Е1*. Этот источник дает возможность получить постоянные напряжения + 5, — 20, — 40 В. Для сглаживания пульсаций в нем применен П-образный фильтр *С30 ... С33*, *L2*, *С26 ... С29*. Стабилитроны служат для стабилизации выпрямленного напряжения.

Узел, выполненный на панели *П7* и трансформаторе *Т5*, предназначен для формирования импульсов частотой 50 Гц в момент времени  $\omega t = \pi/2$ , которые обеспечивают синхронный переход. Формирование импульсов осуществляется фазовращающим мостом, в диагональ которого включен динистор *V122* через обмотку импульсного трансформатора *Т7*.

На этой же панели смонтирован узел, формирующий на стабилитронах *V125*, *V126* трапецеидальные импульсы для управления триггером фазораспределения в блоке БЛ. Питание узла осуществляется через выводы 9—11 напряжением 220 В от обмотки трансформатора *Т12* 1200/2 × 220 В.

Напряжение 220 В с другой обмотки *Т12* подается на выводы 13—15 ПП. Резисторами *R48*, *R49* напряжение ограничивается и через панель *П7* подается на блок БСИ. По напряжению тяговой обмотки осуществляется таким образом синхронизация аппаратуры управления с сетью. На электровозах с ДС напряжение одной вторичной обмотки *Т12* равно 400 В.

Узел питания системы слежения импульсов  $\alpha_0$  за мгновенным напряжением сети выполнен на мосте *V107—V110*. На него через выводы 1—3 подается напряжение 220 В от трансформатора *Т11* (напряжение обмоток 1200/2 × 220 В), включенного на другую тяговую обмотку силового трансформатора.

На панели *П8* собрана схема ограничения напряжения питания выходных усилителей по фазе (для более устойчивой работы выходных усилителей блоков БВУ) на тиристорах *V114*, *V119*, цепи управления которых через стабилитроны *V115*, *V117* включены на анодное напряжение.

На электровозах ВЛ80\* с № 1522 в ПП внесены изменения — в коридор электровоза выведены контрольные точки, регулируемые резисторы заменены нерегулируемыми. Принципиальная схема в основном осталась без изменений.



# VI

## СИСТЕМА И АППАРАТУРА ЗАЩИТЫ

### 28. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Непременным условием надежной работы электрооборудования является координация электрической прочности его изоляции и перенапряжений на ней. Атмосферные и коммутационные перенапряжения, воздействующие на электрооборудование электровоза ВЛ80Р, ограничиваются системой защиты до допустимого максимального уровня 80 кВ на первичной стороне обмоток силового трансформатора. Это обеспечивается разрядником РВМЭ-25 (см. рис. 16, поз. 5).

Ограничение коммутационных перенапряжений, возникающих при отключении ГВ типа ВОВ25-4М, осуществляется резистором с нелинейным сопротивлением ВНКС-25 (см. НС на рис. 16), шунтирующим разрываемые контакты ГВ.

Основным защитным средством, ограничивающим перенапряжения на вторичной обмотке силового трансформатора до 3 кВ, являются RC цепи (см. рис. 16, резисторы R7, R8 и конденсаторы 7, 8). Дополнительным средством защиты вторичной обмотки являются полупроводниковые ограничители напряжения ПОН-1 (на рис. 16 поз. 13, 14).

Для выравнивания потенциалов полуобмоток силового трансформатора применены RC цепи (резисторы R11, R12, R13, R14 и конденсаторы 37—40) и заземляющие конденсаторы (21—28).

Источниками коммутационных перенапряжений в силовой цепи являются тиристорный преобразователь и быстродействующие выключатели. Создаваемые ими перенапряжения не превышают 1,25—1,35 номинального напряжения и поэтому защита от них не требуется.

### 29. АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

**Разрядник РВМЭ-25.** Характерными особенностями этого разрядника по сравнению с разрядником РВЭ-25М, применяемым на электровозах с диодными преобразователями, являются пониженное значение пробивного напряжения и способность обеспечивать защиту как от атмосферных, так и от коммутационных перенапряжений. По этой причине разрядник РВМЭ-25 должен быть включен постоянно и сезонное отключение его недопустимо.

Разрядник РВМЭ-25 имеет следующие технические данные:

Номинальное напряжение . . . . .	25 кВ
Наибольшее допустимое напряжение . . . .	29 кВ
Пробивное напряжение при частоте 50 Гц в сухом состоянии и под дождем . . . . .	не более 55 и не менее 48 кВ
Импульсное пробивное напряжение разрядника при предразрядном времени от 1,5 до 10 мкс	не более 80 и не менее 60 кВ
Остающееся напряжение разрядника при импульсном токе с длиной фронта 8 мкс и амплитудой 1000 А . . . . .	не более 70 кВ
Расчетный максимальный ток . . . . .	250 А
Ток проводимости разрядника при выпрямленном напряжении 32 кВ и температуре +20° С	450—600 мкА
Масса . . . . .	95 кг

Рабочее сопротивление разрядника обладает пропускной способностью, достаточной, чтобы выдержать воздействие 20 импульсов тока с фронтом волны 18 мкс, длиной волны 40 мкс и амплитудой 10 кА и столько же импульсов тока с фронтом волны 3000 мкс, длиной волны 8000 мкс и амплитудой 600 А.

Разрядник при напряжении 29 кВ обеспечивает гашение за время не более 10 мс сопровождающего тока длительностью 6 мс не менее 1000 раз.

Разрядник выдерживает воздействие импульсов тока с фронтом 8 мкс, длиной волны 20 мкс и амплитудой 1000 А не менее 300 раз, тока прямоугольной формы длительностью 2 мс и амплитудой 20 А без сопровождающего тока не менее 3000 раз.

Разрядник размещен внутри фарфорового кожуха 3 (рис. 86, а), снизу и сверху армированного металлическими фланцами и герметически закрытого крышками 1 и 5. На верхней крышке и нижнем фланце предусмотрены выводы соответственно для подключения к сети 25 кВ и для заземления. В нижней крышке 5 размещено предохранительное устройство 6, которое исключает возможность взрыва фарфорового кожуха при повреждении внутри разрядника.

Под нижний фланец разрядника РВМЭ-25 устанавливают амортизирующие резиновые прокладки.

Внутри фарфорового кожуха размещены искровые промежутки 7 (рис. 86, б) и тирвитовые нелинейные рабочие резисторы 8. По высоте полость разделена на четыре части, сжатые пружиной. В двух нижних частях расположено по два многократных искровых промежутка и по одному рабочему резистору, в двух верхних — по одному многократному искровому промежутку и по два рабочих резистора. Соединенные последовательно элементы каждой части шунтированы конденсаторами 9. Такое устройство разрядника обеспечивает малую зависимость пробивного напряжения разрядника от формы импульса перенапряжений. Каждый искровой промежуток шунтирован высокоомным нелинейным резистором под-

ковообразной формы 10, охватывающим его снаружи и служащим как для улучшения распределения напряжения по многократным искровым промежуткам, так и для облегчения условий гашения дуги в промежутках.

Каждый многократный искровой промежуток состоит из четырех единичных с вращающейся дугой (рис. 87, а). Вращение дуги создается взаимодействием тока, проходящего через дугу, с магнитным полем постоянных магнитов. Электроды 2 и 4, имеющие соответственно формы эксцентрического кольца и диска, находятся в равномерном магнитном поле, создаваемом полюсами постоянных магнитов 5. Электроды изолированы от полюсов магнитов прокладками 3. При повышении напряжения на промежутке происходит пробой воздушного зазора между кольцом и диском через подсвечивающий электрод 1 и возникает электрическая дуга. После возникновения электрической дуги на нее начинает действовать сила, заставляющая дугу двигаться по кольцевому зазору. При этом интенсивно охлаждается дуговой канал и предотвращается оплавление электродов, что существенно повышает стабильность пробивного напряжения разрядника и дугогасящую способность промежутка (рис. 87, б). Рабочие резисторы представляют собой тирвитовые цилиндры, торцовая часть которых покрыта алюминием, а боковая — обмазкой. Тирвит является полупроводниковым материа-

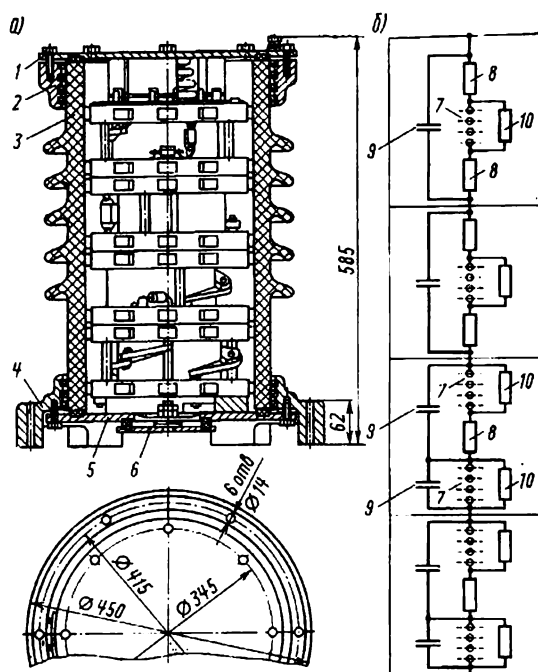


Рис. 86. Разрядник  
РВМЭ-25

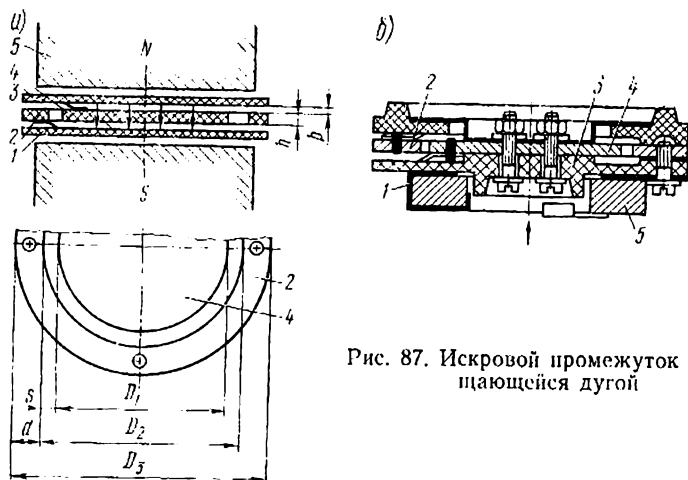


Рис. 87. Искровой промежуток с вращающейся дугой

лом на основе электрического черного карбида кремния и связующего. Электрическое сопротивление этих цилиндров имеет резко выраженную зависимость от напряжения.

При увеличении напряжения сопротивление резко уменьшается (независимо от полярности), причем этот процесс протекает практически мгновенно (доли микросекунды).

Работает разрядник следующим образом. При повышении на зажимах разрядника напряжения выше пробивного происходит каскадный пробой искровых промежутков и основная часть импульса перенапряжений прикладывается к рабочим резисторам. Сопротивление их резко падает и через разрядник начинают протекать импульсный ток перенапряжений и сопровождающий ток промышленной частоты. Защищаемая цепь замыкается в этот момент на рабочие резисторы, сопротивление которых выбрано так, чтобы при протекании максимального импульсного тока (1000 А) максимальное напряжение на рабочих резисторах (остающееся) не превышало 70 кВ. После пробоя искровых промежутков в них возникает электрическая дуга, которая начинает вращаться в эксцентрическом воздушном зазоре. При этом она охлаждается и падение напряжения на дуге начинает расти, снижаясь одновременно на рабочих резисторах, что в свою очередь приводит к снижению тока. После прекращения воздействия импульса перенапряжений напряжение на разряднике снижается до рабочего значения, что еще увеличивает сопротивление и снижает ток разрядника до значения максимального тока (250 А), который гасится в искровом промежутке. После гашения сопровождающего тока и деионизации промежутков разрядник вновь готов к работе.

В процессе эксплуатации разрядники необходимо подвергать периодическим профилактическим осмотрам и испытаниям. Испытания следует проводить раз в год на специальных стендах. Измеряют

пробивное напряжение при промышленной частоте и ток проводимости при выпрямленном напряжении 32 кВ и температуре  $+20^{\circ}\text{C}$ . Если значения пробивного напряжения и тока проводимости не соответствуют нормируемым, разрядник подлежит замене. Ремонт разрядников в условиях депо недопустим.

**Полупроводниковый ограничитель перенапряжений ПОН-1.** Он предназначен для ограничения перенапряжений на вторичной обмотке силового трансформатора. ПОН-1 имеет следующие основные технические данные:

Номинальное напряжение . . . . .	1230 В
Наибольшее допустимое напряжение . . . . .	1450 В
Максимальное напряжение лавинообразования в обоих направлениях при $+25^{\circ}\text{C}$ . . . . .	2750—2930 В
Максимально допустимый средний ток повторяющихся импульсов при частоте до 0,1 Гц длительностью 50 мкс и предварительной температуре корпуса $+60^{\circ}\text{C}$ . . . . .	не более 65 А
Масса . . . . .	6 кг

ПОН-1 (рис. 88) конструктивно представляет собой аппарат панельной конструкции. При помощи изоляторов 1 ПОН-1 вертикально крепится к несущей конструкции. На панели размещены предохранитель 2 ПНБ-5-1250/400 и три кремниевых симметричных ограничителя напряжения 3 КСОН-2. Последний представляет собой мощный неполяризованный стабилитрон, ток которого резко возрастает после достижения импульсом напряжения лавинообразования.

Разброс между напряжением лавинообразования по ветвям вольт-амперной характеристики не превышает 10%. КСОН-2 имеет штыревую конструкцию с охладителем, предназначенным для естественного охлаждения. В ПОН-1 применены один КСОН-2-5 и два КСОН-2-10, имеющие соответственно максимально допустимую энергию импульса нагрузки 5 и 10 Дж.

При последовательном соединении трех элементов допустимая энергия составляет приблизительно 25 Дж. Для обеспечения необходимого уровня лавинообразования применены

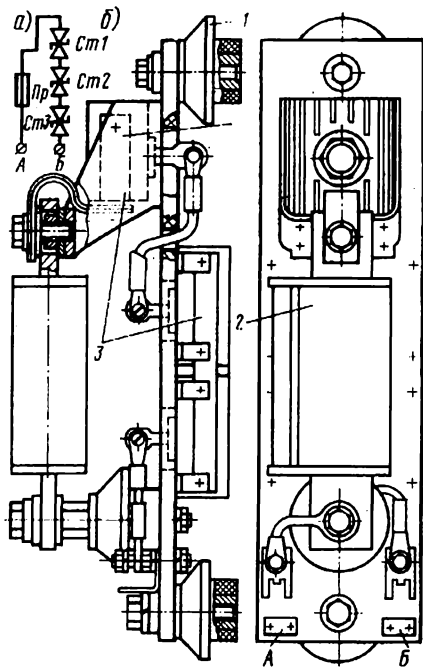


Рис. 88. Полупроводниковый ограничитель перенапряжений ПОН-1

ограничитель 6-го класса КСОН-2-5-6, 10-го (КСОН-5-10) и 11-го (КСОН-2-5-11).

В эксплуатации ПОН-1 не требует специального профилактического обслуживания, кроме очистки от пыли и грязи и проверки целостности предохранителя ПНБ-5-1250/400, а также проверки крепления к охладителю КСОНов.

В случае сгорания предохранителя необходимо выкрутить КСОНы из радиаторов и на специальном стенде проверить их класс. При несоответствии класса КСОНа паспортному последний необходимо заменить, после чего сменить сгоревший предохранитель.

### 30. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ СВЕРХТОКОВ

Наиболее часто встречающимися режимами являются короткие замыкания (к. з.) на первичной и вторичной сторонах трансформатора, в цепях выпрямленного тока и возбuditеля.

При коротком замыкании первичной цепи трансформатора отключение ее от системы энергоснабжения осуществляется главным выключателем ГВ, установленным на крыше электровоза. Следует особо отметить, что при возникновении коротких замыканий до ГВ (переброс или пробой изоляторов токоприемника, переброс с разъединителя, пробой изолятора разъединителя и т. д.) защита электровоза не может предупредить аварийный режим, и в этом случае работает защита системы энергоснабжения.

В качестве ГВ используется унифицированный для всех электровозов переменного тока быстродействующий воздушный выключатель ВОВ-25-4М [3]. Характерной особенностью этого выключателя является то, что он имеет собственный (встроенный) трансформатор тока 3 (рис. 89), обеспечивающий его отключение при достижении тока уставки. Отключение достигается воздействием реле максимального тока *РМТ* на отключающую катушку *Откл.*, которая также отключает *ГВ* при воздействии внешних датчиков.

Уставка *ГВ* от собственного трансформатора тока выбрана следующим образом.

При номинальной мощности тяговых двигателей одной секции электровоза в часовом режиме 3260 кВт полная потребляемая мощность (с учетом к. п. д., коэффициента мощности и потребления вспомогательными машинами) составляет около 5000 кВт и, следовательно, номинальный часовой ток секции на стороне 25 кВ равен 200 А. С учетом допустимой перегрузки электрооборудования уставка ВОВ-25-4М от собственного трансформатора тока принята равной  $250 \text{ А} \pm 10\%$ . Эта уставка обеспечивает защиту оборудования на стороне 25 кВ. При к. з. всей вторичной обмотки трансформатора *ГВ* отключится от собственного трансформатора тока только после того, как ток вторичной обмотки превысит 5000 А. Из-за увеличения коэффициента трансформации срабатывание *ГВ* произойдет при замыкании секции с напряжением 615В -- при токе

свыше 10 000 А, а при замыкании секции с напряжением 307 В — при токе свыше 20 000 А. Столь большие токи к. з. представляют опасность для электрооборудования и могут вывести его из строя. Для исключения этого на вторичной обмотке трансформатора установлены токовые реле *РТ*, имеющие уставку  $4000 \pm 200$  А. Блок-контакты этих реле включены в цепь отключающей катушки и при срабатывании *РТ* подают питание ( $\sim 380$  В) через ограничивающий резистор на эту катушку от обмотки собственных нужд силового трансформатора 1. При сквозном пробое одного из плеч тиристорного преобразователя возникает режим частичного к. з. всей обмотки или ее части в зависимости от того, на какой зоне осуществлялось регулирование в момент пробоя. Особенностью этого режима по сравнению с к. з. в цепи переменного тока является то, что ток к. з. протекает только в течение полупериода и режим повторяется каждый раз сначала через половину периода. Защита в этом режиме также обеспечивается *ГВ* и *РТ*. Наиболее часто встречающимся в режиме тяги коротким замыканием цепи выпрямленного тока является переброс по коллектору тягового двигателя 6. В этом случае выпрямленный ток из-за большой индуктивности реактора 7, нарастая, за 5–6 полупериодов достигает установившегося значения 16–18 кА в конце IV зоны регулирования при напряжении 25–28 кВ. Одновременно с выпрямленным током растет и ток вторичной обмотки трансформатора, что обеспечивает работу системы

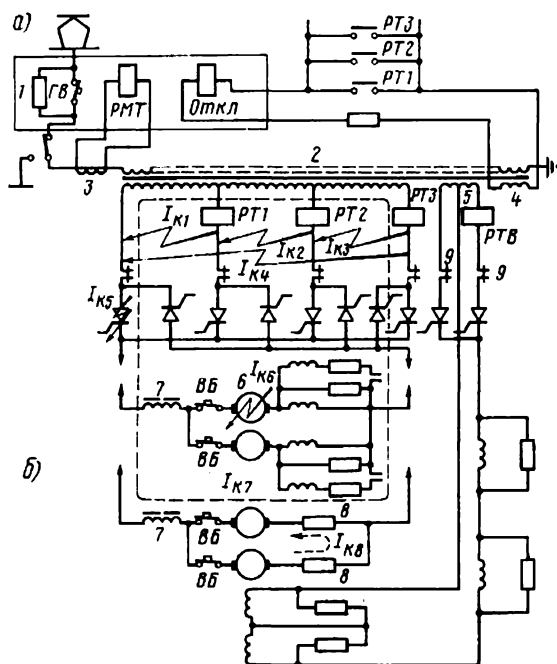


Рис. 89. Принципиальная схема защиты от сверхтоков силовой цепи электровоза ВЛ80Р

защиты цепи переменного тока, рассмотренную ранее, и отключение ВБ-021.

В режиме рекуперации система защиты от сверхтоков имеет свои особенности (рис. 89, б). Как уже отмечалось выше, в режиме рекуперации тяговые двигатели переводятся на независимое возбуждение от отдельного возбудителя. Тиристорный возбудитель включен на специальную обмотку силового трансформатора. Обмотки возбуждения всех тяговых двигателей электровоза включены последовательно. От сверхтоков возбудитель защищен токовым реле *РТВ* (датчик), которое при достижении током уставки  $1200 \pm 50$  А отключает контакторы 9. При рекуперации тяговые двигатели работают в генераторном режиме и их ток определяется разностью между э. д. с. двигателей и э. д. с. трансформатора. При снятии напряжения в контактной сети, отключении ГВ, нарушении работы аппаратуры управления эта разность достигает максимального значения, что приводит к резкому росту тока тяговых двигателей.

Даже при полном отключении силового трансформатора поток тяговых двигателей затухает медленно за счет действия вихревых токов в литых остовах, и их э. д. с. сохраняется довольно долго (2—3 с).

Стабилизирующие резисторы 8 в цепях тяговых двигателей ограничивают возникающий ток, однако снизить его до значения безопасного для электрооборудования, не могут. Тяговые двигатели, работающие в генераторном режиме, оказываются замкнутыми на активное сопротивление силовой цепи (вторичная обмотка трансформатора, тиристоры, сглаживающий реактор, стабилизирующие резисторы). Этот режим называется «опрокидыванием» инвертора. Отключение ГВ в этом режиме не только не прекращает протекание тока к. з., но, наоборот, приводит к его увеличению и, следовательно, система защиты от сверхтоков, достаточная в режиме тяги, недостаточна в режиме рекуперации. Для разрыва цепи к. з., возникающей при «опрокидывании» инвертора, в цепях каждого тягового двигателя установлены быстродействующие выключатели постоянного тока ВБ. На электровозах ВЛ80Р в качестве ВБ использован выключатель ВБ-021. Ввиду того, что отключение ГВ усугубляет аварийный режим, уставка ВБ выбрана ниже уставки РТ и РМТ и составляет  $2000 \pm 100$  А.

Такой выбор уставки обеспечивает опережающее отключение ВБ по сравнению с ГВ и, следовательно, предельное ограничение тока к. з.

При необходимости обесточить силовые цепи электровоза в режиме рекуперации для исключения возникновения режима «опрокидывания» инвертора следует сначала отключить ВБ, а потом ГВ. При перебросе по коллектору одного из тяговых двигателей второй начинает работать на него, переходя в режим к. з. Из-за изменения полярности межянодного напряжения тиристорный преобразователь запирается. Таким образом, ток к. з. в этом режиме определяется только параметрами цепи выпрямленного тока, режимом работы



тягового двигателя и активным сопротивлением двух стабилизирующих резисторов 8. Режим представляет существенную опасность. Защита обеспечивается разрывом цепи автоматическими выключателями ВБ.

Защита от сверхтоков вспомогательных цепей электровоза ВЛ80<sup>р</sup> выполнена аналогично защите электровозов ВЛ80<sup>г</sup> и здесь не рассматривается.

## 31. АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ОТ СВЕРХТОКОВ

**Унифицированный воздушный выключатель ВОВ-25-4М** установлен на всех электровозах переменного тока и предназначен для оперативного и автоматического отключения (при возникновении сверхтоков) первичной обмотки силового трансформатора от питающей сети 25 кВ переменного тока.

Выключатель имеет следующие основные технические данные:

Номинальное напряжение . . . . .	25 кВ
Номинальный ток . . . . .	400 А
Предельный ток отключения . . . . .	10 000 А
Сквозной ток к. з. . . . .	25 000 А
Номинальное давление сжатого воздуха в баке	9 кгс/см <sup>2</sup>
Диапазон рабочих давлений сжатого воздуха в баке . . . . .	6—9 кгс/см <sup>2</sup>
Мощность отключения:	
номинальная в диапазоне рабочих давлений 6—9 кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	250 МВ·А
при давлении ниже 6 кгс/см <sup>2</sup> , но не менее 5 кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	125 МВ·А
при двукратном отключении без пополнения запаса воздуха в баке выключателя и начальном давлении в нем не менее 8 кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	250 МВ·А
То же при давлении не менее 7 кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	125 МВ·А
Пределы ступенчатого регулирования тока уставки на промежуточном реле для автоматического отключения . . . . .	200—500 А
Точность тока уставки:	
до 350 А . . . . .	±10%
свыше 350 А . . . . .	±5%
Собственное время автоматического отключения от промежуточного реле:	
при двукратном токе срабатывания, не более . . . . .	0,04 с
при токе, равном 130% тока срабатывания, не более . . . . .	0,06 с
Собственное время отключения от электромагнита переменного тока в цепях специальной защиты . . . . .	0,05 с
Номинальное напряжение постоянного тока цепей управления . . . . .	50 В

Допустимые пределы изменения номинального напряжения в цепях управления . . . . .	65—120%
Допустимая продолжительность электрического импульса на электромагнит включения, не более . . . . .	5 с
Ток, потребляемый включающим электромагнитом при напряжении 50 В . . . . .	2,35 А
То же удерживающим электромагнитом при напряжении 50 В . . . . .	0,142 А
Давление, при котором срабатывает автомат минимального давления:	
на замыкание контактов . . . . .	5,8—0,2 кгс/см <sup>2</sup>
на размыкание контактов . . . . .	4,8—0,2 кгс/см <sup>2</sup>
Число блок-контактов:	
замыкающих . . . . .	3
размыкающих . . . . .	3
Масса выключателя . . . . .	200 кг
Масса высоковольтного трансформатора тока . . . . .	48 кг
Диапазон рабочих температур . . . . .	+60÷—50° С

Конструктивные особенности выключателя, рекомендации по уходу в эксплуатации, возможные неисправности и способы их устранения приведены в [3].

**Быстродействующий выключатель ВБ-021** установлен в цепях тяговых двигателей и предназначен для оперативных отключений, защиты от перегрузки и сверхтоков в режимах тяги и рекуперации. Он имеет следующие основные технические данные:

Номинальное напряжение . . . . .	2000 В
Длительный ток . . . . .	1000 А
Ток уставки . . . . .	2000±100 А
Пределы регулирования тока уставки . . . . .	1500—2500 А
Номинальное выпрямленное напряжение удерживающей катушки и катушки вентиля . . . . .	50 В
Номинальное сопротивление удерживающей катушки при 20° С . . . . .	28,8 Ом
То же катушки вентиля . . . . .	170 Ом
Номинальный ток удерживающей катушки . . . . .	1,2 А
Номинальное выпрямленное напряжение блок-контактов . . . . .	50 В
Длительно допустимый (по нагреву) ток блок-контактов . . . . .	35 А
Номинальный отключаемый ток блок-контактов при напряжении 50 В и времени срабатывания $T=0,05$ с . . . . .	5 А
Число блок-контактов замыкающих . . . . .	2
Номинальное давление сжатого воздуха привода . . . . .	5 кгс/см <sup>2</sup>
Собственное время отключения при начальной скорости нарастания тока 150 А/мс . . . . .	не более 3 мс
Масса . . . . .	83 кг

Рассмотрим устройство и принцип работы выключателя ВБ-021.

Якорь 14 (рис. 90) и магнитопривод 18 удерживающего электромагнита 17 имеют возможность вращаться относительно общей оси 15. На этой оси помещен также контактный рычаг 13. Система пружин 12 связана с контактным рычагом 13 и якорем 14 таким образом, что под ее действием якорь 14 стремится повернуться против часовой стрелки, а контактный рычаг 13 — по часовой. Пружина 11 связана с якорем 14 и магнитопроводом 18 через систему, состоящую из тяги 10 и стержня 9 таким образом, что под действием пружины 11 магнитопровод 18 стремится повернуться по часовой стрелке, а якорь — против часовой стрелки.

Пружины 11 и 12 стремятся повернуть магнитопровод 18 вместе с притянутым к его полюсам якорем 14 вокруг оси 15 против часовой стрелки, однако этому препятствуют поджимающее усилие стержня 9 и собственный вес подвижных частей, которые поворачивают магнитопровод 18 вместе с притянутым якорем 14 до упора с приводом 19. При этом пружины 12, воздействуя на контактный рычаг 13, создают контактное нажатие.

При отключении якорь 14 вместе с контактным рычагом 13 поворачивается под действием пружин 11 и 12 вокруг оси 15 против часовой стрелки до упора 8. Магнитопровод 18 электромагнита 17 при этом остается поджатым усилием стержня 9 к упору привода 19.

При включении ВБ-021 на катушку включающего вентиля 20 удерживающую катушку 5 электромагнита 17 подается постоянное напряжение. Через включающий вентиль 21 сжатый воздух подается

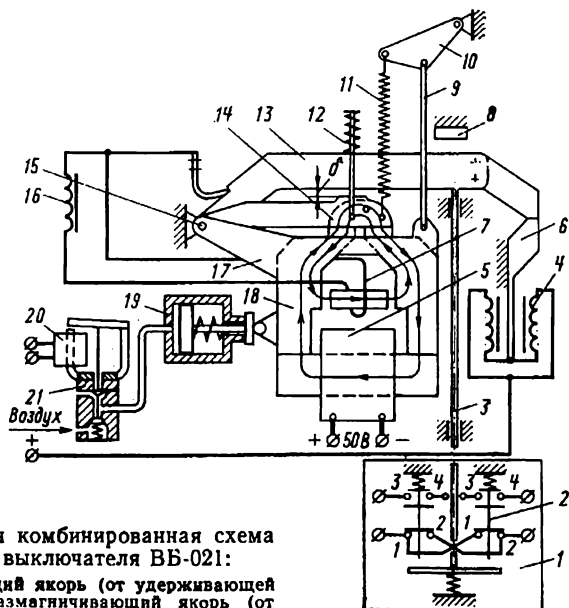


Рис. 90. Принципиальная комбинированная схема быстродействующего выключателя ВБ-021:

→ — поток, намагничивающий якорь (от удерживающей катушки); ← — поток, размагничивающий якорь (от силовой катушки)

в привод. Под воздействием сжатого воздуха привод 19 поворачивает магнитопровод 18 вокруг оси 15 против часовой стрелки до соприкосновения полюсов электромагнита 17 с якорем 14, растягивая отключающие пружины 11. При снятии напряжения с катушки включающего вентиля 20 электромагнит 17 вместе с притянутым к нему якорем 14 и поджатым контактным рычагом поворачивается вокруг оси 15 по часовой стрелке до упора с неподвижным контактом 6 и дальше до упора с приводом 19. При этом между контактным рычагом 13 и якорем 14 образуется зазор  $\delta$ , необходимый для перемещения контактного рычага 13 при износе силовых контактов.

Во включенном положении контактный рычаг 13 воздействует на планку 3, переключающую блок-контакты 2, собранные на панели 1.

ВБ-021 является выключателем поляризованного действия. Направление тока в силовой катушке 7 удерживающего электромагнита 17 и полярность подводимого напряжения к удерживающей катушке 5 таковы, что магнитодвижущая сила (МДС) силового тока в якоре 14 действует встречно МДС удерживающей катушки 5. При достижении силовым током уставки происходит срабатывание выключателя.

Параллельно силовой катушке включен индуктивный шунт 16, который увеличивает быстроедействие выключателя, делая его работу селективной, т. е. зависящей от скорости нарастания тока. Катушка дугогасительной системы 4 создает магнитное дутье.

Принудительное отключение выключателя осуществляется снятием напряжения с удерживающей катушки 5 электромагнита 17.

Конструкция выключателя поясняется рис. 91. Остовом, на котором крепятся все основные узлы выключателя, является сборка, состоящая из двух изоляционных боковин 1, склепанных по концам заклепками-стержнями 15. В них имеются 4 отверстия, с помощью которых выключатель крепят на электровозе.

Между изоляционными боковинами одновременно с их склепкой закрепляют два силуминовых кронштейна 2, а также привод 7. К кронштейнам крепят изоляционную панель 38 с расположенными на ней неподвижным контактом 31, магнитной дугогасительной системой и низковольтными блок-контактами 41.

Контактный рычаг 12, на конце которого крепятся подвижный контакт 25, рычаг якоря 11 и магнитопровод 5 с удерживающей 3 и размагничивающей 4 катушками, свободно вращается на оси 10, продетой сквозь изоляционные боковины 1. Для отключения пружины растяжения 19 укреплены одним концом за тягу 21, а другим зацеплены за якорь. Усилие обеих пружин через стержень 23 передается на ось магнитопровода электромагнита. Усилиями этих пружин определяется отключающая способность подвижной контактной системы.

Две пары вторых контактных пружин сжатия 16 упираются концами в расположенные по бокам контактного рычага жесткие упоры, а другими концами через тягу 18 с накрученными направляющими

17 передают свое усилие на якорь 9 в сторону его отключения. Каждая группа пружин 16 состоит из двух расположенных друг в друге цилиндрических пружин. Пакеты магнитопровода удерживающего электромагнита скрепляют заклепками при помощи двух латунных боковин. Между пакетами помещается размагничивающая катушка 4 с магнитным шунтом, которые залиты изолирующим составом из эпоксидной смолы.

В магнитопроводе имеются винты 33 регулировки тока уставки автомата путем изменения магнитной проводимости магнитопровода. Полюсы электромагнита закрыты от попадания твердых частиц резиновой диафрагмой 27, которая крепится с помощью скобы 36 на электромагните и специальных канавок на якоре.

Дугогасительная система выключателя состоит из магнитопровода 30 с полюсами 29, двух дугогасительных катушек, надетых на магнитопровод, и лабиринтно-щелевой дугогасительной камеры 34 с деионной решеткой.

В цилиндре привода 7 помещены поршень плавающего типа, не имеющий жесткой связи со штоком 6, и возвращающая пружина.

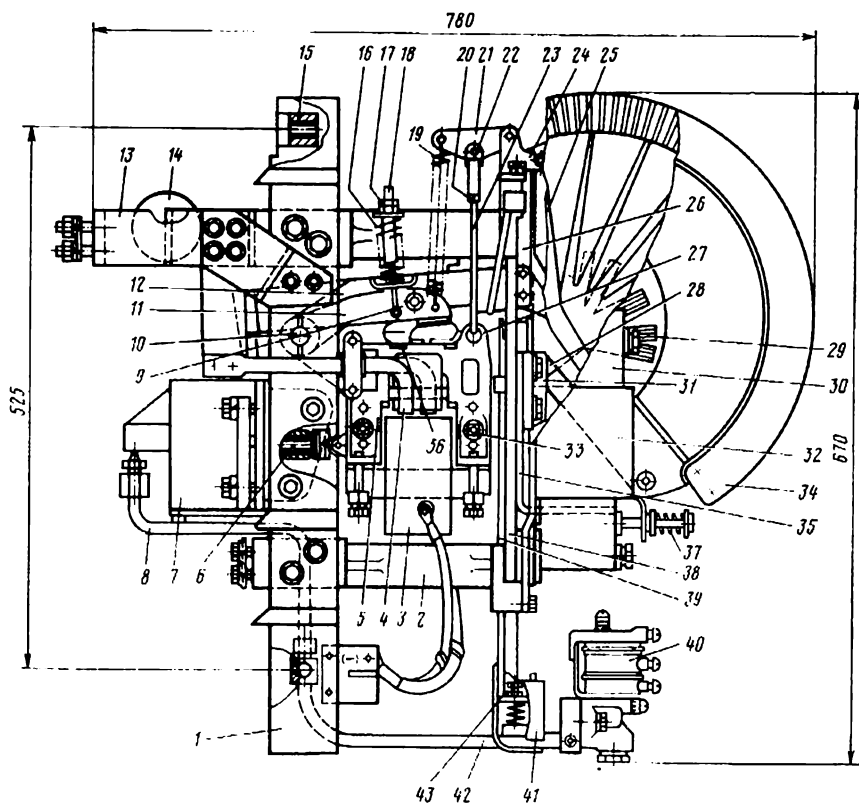


Рис. 91. Конструкция выключателя ВВ-021

В пазы поршня помещаются резиновая уплотнительная манжета и смазочное фетровое кольцо. Доступ сжатого воздуха в цилиндр привода открывается электропневматическим вентилем 40, и воздух через воздухопровод 42 и полиэтиленовую трубку 8 поступает в цилиндр привода.

Силовая цепь выключателя имеет два вывода. Первый силовой вывод (+) размещен на нижнем силуминовом кронштейне, к противоположному концу которого подсоединены начала дугогасительных катушек 32. Концы катушек через Г-образную медную шину 35 соединены с неподвижным контактом, расположенным на гребенчатой поверхности последних. Второй силовой вывод (—) размещен на конце медной шины 13, которая другим своим концом крепится к раме верхнего силуминового кронштейна и к шине индуктивного шунта 14 таким образом, что участок медной шины с индуктивным шунтом оказывается подключенным параллельно виткам отключающей катушки 4 электромагнита.

Контактный рычаг 12 соединен гибкими шунтами с верхним силуминовым кронштейном. Верхний рог 26 дугогасительной камеры соединен с подвижным контактом через гибкий шунт и стойку 24, с которой он шарнирно связан. Нижний рог 28 опирается на неподвижный контакт. Нажатие на неподвижный контакт рогом осуществляется при помощи пружины замка 37.

Проверка уставки и регулировка аппарата осуществляются следующим образом. Неподвижный контакт 1 (рис. 92) устанавливается в крайнее нижнее положение. Зазор  $\delta$  между якорем электромагнита и контактным рычагом при замкнутых контактах должен быть  $4 \pm 1$  мм. Он регулируется шайбами 4, помещенными между штоком привода 5 и его упором 3.

Размеры  $K$  и  $L$  (рис. 93) обеспечиваются установкой необходимого числа пластин 2 под колодкой демпфера 1.

Усилие отключающих пружин 19 (см. рис. 91) регулируется вворачиванием или выворачиванием тяги 23 в серьгу 22. После регулировки тягу необходимо законтрить гайкой 20 и опломбировать. Усилие измеряют динамометром, зацепленным за пружину посредством проволоки. Усилие отключающих пружин 19 не должно отличаться друг от друга более чем на 2 кгс. Это достигается подбором пружин. При регулировании отключающего усилия пружин возможно проворачивание электромагнита вокруг оси 10, которое ограничивается уставкой распорки 2 (см. рис. 92) между изоляционной панелью 38 (см. рис. 91) и электромагнитом. Зазор этот должен быть не менее 1,5 мм.

Контактное нажатие измеряют динамометром, зацепленным за проволоку, продетую в отверстие подвижного контакта, и регулируют затяжкой пружин 16. Отрегулированную пружину следует опломбировать.

После регулировки положения неподвижного контакта необходимо провести регулировку тока уставки. Он должен быть равен  $2000 \pm 100$  А при суммарном усилии отключающих пружин 70—

75 кгс, контактным нажатии 21 — 22 кгс и токе в удерживающей катушке 1,2 А. Изменение уставки тока производится регулировочными винтами 36 в магнитопроводе удерживающего электромагнита. При этом силовой ток должен протекать от нижнего вывода силовой цепи выключателя к верхнему. После проверки уставки регулировочные винты следует опломбировать.

На автоматическом выключателе применены два универсальных блок-контакта с сочетанием 1/1. Блок-контакты 1 и 2 левой и правой блокировок запараллелены проводами (см. рис. 90). При осмотре контактов необходимо проверить их раствор и провал. Тяга, при помощи которой осуществляется переключение контактов, должна свободно перемещаться в вертикальном направлении. Регулировка раствора и провала блок-контактов при разомкнутых силовых контактах выключателя осуществляется болтом 43 (см. рис. 91). Раствор и провал блок-контактов обеспечиваются их конструкцией.

При снятии приставного пакета с удерживающей катушки и установке его вновь необходимо все болты, крепившие приставной пакет, вывертывать и ввертывать равномерно во избежание деформации магнитопровода и нарушения вследствие этого поверхности соприкосновения плоскости электромагнита и якоря. Последнее обнаруживается при замере минимального тока отключения в удерживающей катушке и тока уставки выключателя после

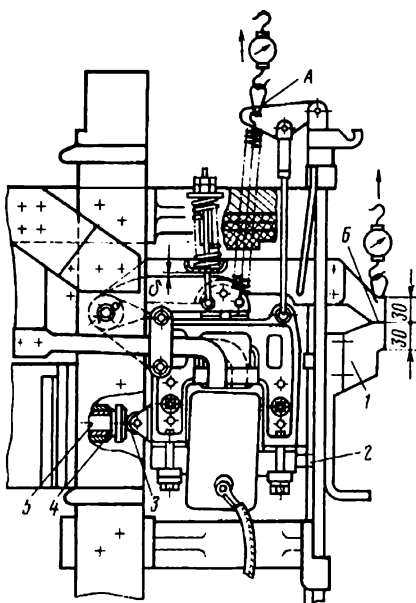


Рис. 92. Наладка выключателя:  
А — место подкладки бумаги при регулировке отключающего усилия; В — то же при замере контактного нажатия

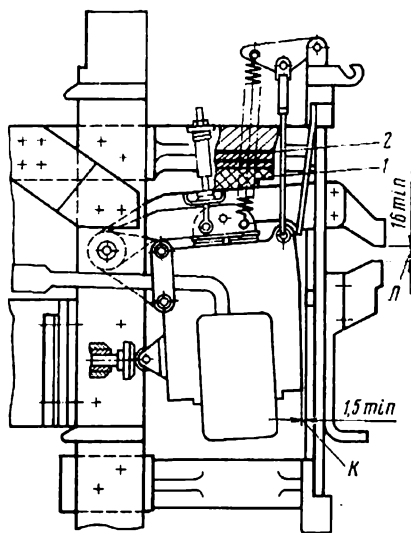


Рис. 93. Наладка демпфера выключателя

установки на него приставного пакета с новой удерживающей катушкой. Ток в этом случае увеличивается относительно первоначально замеренного.

Минимальный ток отключения должен быть не более 0,3 А. В случае если минимальный ток превышает 0,3 А, необходимо шабром выровнять поверхность соприкосновения полюса электромагнита с якорем. При этом необходимо проверить ток уставки.

С целью защиты от мусора и пыли полюсы электромагнита закрыты резиновой диафрагмой, которую необходимо устанавливать так, чтобы уширенная часть ее была направлена в сторону силовых контактов, а больший проем окна обращен вниз к электромагниту. При установке диафрагмы рекомендуется сначала направить соответствующую сторону нижнего окна за отбортовку скобы и проводочные уголки, приваренные по углам, затем заправить за остальную отбортовку скобы на магнитопроводе. После этого осуществляют тщательную заправку по периметру краев верхнего окна диафрагмы в пазы на якоре.

При продувке автомата сжатым воздухом конец шланга не рекомендуется подносить к диафрагме ближе, чем на 50 мм. Интенсивная струя сжатого воздуха может выбить края диафрагмы из пазов якоря и скобы, что может стать причиной невключения автомата.

При проверке автомат должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

Раствор силовых контактов . . . . .	16±1 мм
Контактное нажатие . . . . .	21—22 кгс
Раствор блок-контактов . . . . .	1+4 мм
Провал блок-контактов . . . . .	1+2 мм
Площадь прилегания якоря к полюсам электромагнита . . . . .	не менее 70%
Испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц для испытания электрической прочности изоляции в течение 1 мин:	
между подвижным и неподвижным контактами при надетой камере, между магнитопроводом электромагнита и выводами удерживающей катушки, между токоведущими деталями и распорками рамы для крепления автоматического выключателя на электровозе . . . . .	9500 В
между магнитопроводом и катушками дугогасительной системы . . . . .	3000 В
между рядом расположенными контактами блокировки, выводами вентиля и воздухопроводом . .	1500 В

**Токовое реле РТ-546** является датчиком ВОВ-25-4М, обеспечивающим постоянство его уставки по вторичной цепи силового трансформатора, и имеет следующие основные технические данные:

Род тока . . . . .	переменный
Номинальный ток . . . . .	1950 А
Ток уставки . . . . .	4000±200 А



Номинальное напряжение катушки относительно земли . . . . .	1500 В
Ток термической устойчивости за время 0,15 с . . .	40 кА
Собственное время срабатывания:	
максимальное . . . . .	не более 0,01 с
типовое . . . . .	0,004 с
Номинальное постоянное напряжение контактов . . .	50 В
Номинальное переменное напряжение контактов . .	380 В
Длительно допустимый ток контактов по нагреву . .	25 А
Число контактов:	
закрывающих . . . . .	1
размыкающих . . . . .	1
Испытательное напряжение частотой 50 Гц в течение 1 мин:	
между катушкой или шиной и заземляющей шпилькой . . . . .	6000 В
между выводами блок-контактов и заземляющей шпилькой . . . . .	1500 В
Масса . . . . .	5,1 кг

Реле РТ-546 (рис. 94) — электромагнитное с магнитной системой клапанного типа. Механизм реле, состоящий из шихтованного магнитопровода из электротехнической стали (ярма 4 и якоря 3), катушки (шины) 1, отключающей пружины 2, блок-контакта 7 и блиннера 8, смонтирован между двумя прессованными из электроизоляционного материала боковинами 9. Вес якоря сбалансирован противовесом. Катушка (шина) плотно установлена в окне ярма и закреплена сверху клином 5. Реле закрыто кожухом 6 и соединено с блок-контактом 7. Система блок-контактов выполнена в виде самостоятельного узла (рис. 95). Контактный мостик 5 конструктивно обеспечивает проскальзывание контактов при переключении. Материал держателей контактов и мостика — латунь, контактных напаяек — серебро. Неподвижные контакты 2 крепятся к корпусу путем развальцовки резьбовых втулок, запрессованных в корпус. Шток раз-

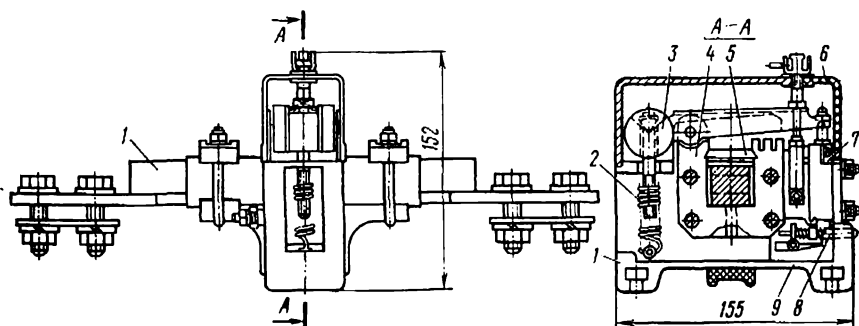


Рис. 94. Реле перегрузки РТ-546

делен на две части 4 и 8, между которыми находится держатель 7 с подвижными мостиками и контактной пружиной 6. Перемещение всего подвижного контактного узла осуществляется отключающей пружиной 3. Блок-контакты размещены в корпусе 8.

Для сигнализации реле имеет механический указатель срабатывания — блинкер с ручным возвратом. Блок-контакты и якорь закрыты съемными прозрачными кожухами.

Обслуживание в эксплуатации и устранение неисправностей РТ-546 осуществляются так же, как для реле перегрузки, применяемых на всех электровозах.

**Защитные емкостно-омические цепи** состоят из токоограничивающего резистора ПС-605 (см.  $R7, R8$  на рис. 16) и блока конденсаторов (типа КБГП2-6-1). Токоограничивающие резисторы (рис. 96) имеют следующие основные технические данные:

Сопротивление при $20^{\circ}\text{C}$ . . . . .	$2,4 \pm 0,24 \text{ Ом}$
Номинальный ток . . . . .	17,4 А
Напряжение относительно земли . . . . .	1500 В
Охлаждение . . . . .	естественное

Резистор конструктивно выполнен в виде четырех элементов 1 СР-13, размещенных по два на изоляционной панели 2 и соединенных последовательно и параллельно. Обе панели при помощи изоляторов 3 укреплены на металлическом кронштейне, приваренном к каркас усилкового трансформатора.

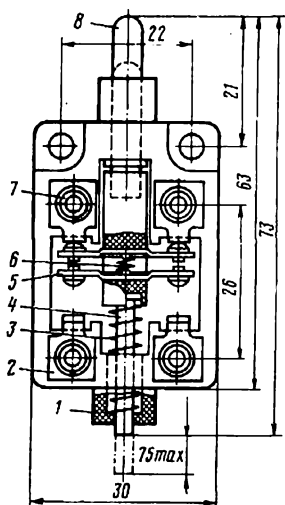


Рис. 95. Блокировка электрическая низковольтная

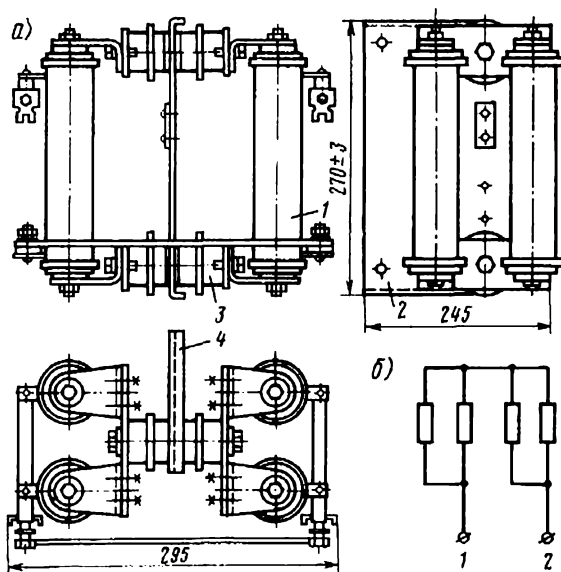


Рис. 96. Конструкция (а) и схема соединений (б) токоограничивающих резисторов ПС-605

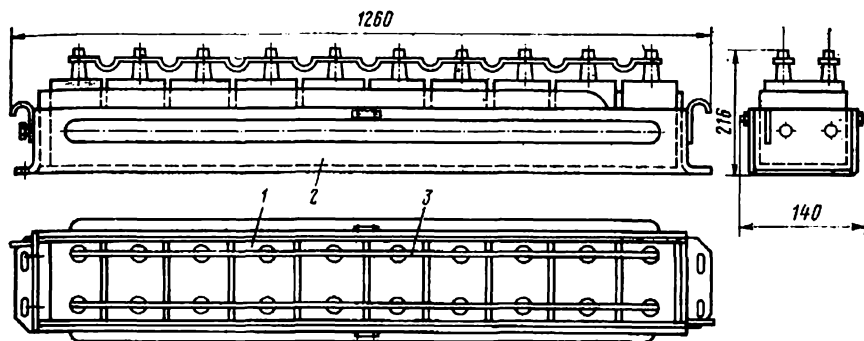


Рис. 97. Блок конденсаторов

Блок конденсаторов (рис. 97) состоит из десяти банок 1 каждый. По бокам силового трансформатора установлены четыре таких блока в ящиках 2. На каждую полную силовую обмотку трансформатора включены последовательно с резистором ПС-605 18 параллельно соединенных шинами 3 банок. Концы силовых обмоток через одну банку каждый соединены с землей (см. рис. 16).

# VII

## ОБСЛУЖИВАНИЕ В ЭКСПЛУАТАЦИИ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 32. ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Основной особенностью устройства электровоза ВЛ80<sup>р</sup>, как указывалось выше, является широкое применение электронной техники, содержащей большое число тиристоров, блоков и каскад. Поиски отказавшего элемента или соединения в этом случае могут быть трудоемкими и поэтому все электронное оборудование разбито на сменные блоки. В эксплуатации неисправный блок заменяется. Таким образом, поиск неисправности сводится к поиску отказавшего блока, содержащего в большинстве случаев много элементов.

При профилактическом обслуживании проверяют правильность функционирования блоков. Полупроводниковые элементы имеют большие сроки службы и поэтому профилактического обслуживания не требуют, однако они работают в конструкциях, требующих проверки креплений контактных соединений, очистки от пыли, грязи и т. д. В соответствии с этим тиристорные преобразователи и электронную аппаратуру необходимо подвергать профилактическим осмотрам и ремонтам так же, как и любое другое оборудование электровоза. Наиболее целесообразно выполнять эту работу в рамках системы планово-предупредительных осмотров и ремонтов, принятой на данной дороге, но с коррективами по результатам эксплуатации.

Продолжительность работы и периодичность технического обслуживания и ремонта восьмиосных электровозов переменного тока ВЛ80<sup>к</sup>, ВЛ80<sup>г</sup> и ВЛ80<sup>р</sup> установлены приказом № 22Ц от 31 июля 1975 г. Перечень работ, методы их проведения, необходимый инструмент и материалы для ремонта традиционного оборудования приведены в инструкционных книгах и правилах ремонта. Рассмотрим некоторые вопросы обслуживания и ремонта тиристорного преобразователя ВИП2-2200М и электронной аппаратуры электровоза ВЛ80<sup>р</sup>.

К обслуживанию тиристорного преобразователя, аппаратуры управления допускаются только специально обученные лица, знающие схемы ВИП2-2200М, блока управления, панели питания ПП и эксплуатационные инструкции, а также имеющие практические навыки работы со специальными приборами и осциллографами, прошедшие проверку знаний по ПТЭ и ПТБ при работе в электроустановках и имеющие квалификационную группу не ниже IV.

Наличие пломб, предусмотренных технической документацией разработчика, обязательно. Эксплуатация неопломбированной аппаратуры запрещается. Перечень лиц, имеющих право снимать и устанавливать пломбы на аппаратуре управления (АУ), устанавливает письменным распоряжением начальник локомотивного депо. Во всех случаях при проведении работ по наладке, регулировке и отысканию неисправностей в АУ необходимо снять предохранители 253, 254 и отключить переключатели 81 и 82 (см. рис. 16).

**Техническое обслуживание ТО-1.** Это обслуживание выполняет локомотивная бригада при приемке и сдаче электровоза за время, установленное графиком движения поездов. При этом выполняют следующие виды работ.

1. Проверяют пломбировку кассет БУВИП-80, ПП-088, БПК-98 и ВИП2-2200М. При нарушении пломбировки аппаратура подвергается проверке в объеме текущего ремонта ТР-1. Если нарушение пломбировки обнаружено в оборотном депо, то разрешается работа электровоза до технического обслуживания ТО-2.

2. Электровоз затормаживается и включаются вспомогательные машины.

3. Собираются цепи тягового режима и по амперметрам на пультах управления при вращении главного штурвала убеждаются в плавности нарастания тока в обмотках якорей тяговых двигателей при управлении от обоих КМЭ. Ток в обмотке якоря не должен превышать 300—400 А. Следует обратить особое внимание на сигнализацию пробоя тиристоров и сигнализацию работы БФИ. При отказе одного блока АУ в тяговом режиме или при вынужденном отключении одного преобразователя допускается следование электровоза до депо, где неисправность должна быть устранена. При срабатывании сигнализации БФИ необходимо проверить целостность предохранителя и сгоревший заменить. В случае повторного сгорания отключить ВИП2-2200М и следовать на шести тяговых двигателях.

4. Собираются цепи рекуперации, и по амперметрам на пультах управления убеждаются в плавности нарастания тока возбуждения при повороте рукоятки «Торможение» и управлении от обоих КМЭ. Ток возбуждения не должен превышать 1200 А. При неисправности одного из блоков допускается эксплуатация электровоза с одним исправным блоком до ТО-2, где неисправность должна быть устранена.

5. Главной рукояткой собираются цепи рекуперации, и по амперметрам на пультах управления при вращении главного штурвала в сторону *НР* убеждаются в плавности нарастания тока якорей тяговых двигателей в режиме противовключения от обоих КМЭ. Электровоз должен быть заторможен. Ток якорей не следует увеличивать более 300—400 А. Следует иметь в виду, что при этой проверке возможно движение электровоза назад. При одном неисправном блоке управления допускается эксплуатация электровоза до ТО-2 на исправном блоке. При ТО-2 неисправность должна быть

устранена. При горении сигнальной лампы БФИ необходимо проверить целостность предохранителей и сгоревший заменить. При сигнализации о пробое допускается работа до ТО-2.

6. При проверке работоспособности системы противокомпаундирования собирают цепи рекуперации и рукояткой «Торможение» устанавливают ток возбуждения тяговых двигателей 100—150 А. После этого главную рукоятку вращают со стороны высшей зоны к низшей. При правильной работе БПК в момент появления тока якоря ток возбуждения должен плавно уменьшаться. Проверка осуществляется от обеих АУ с обоих КМЭ. При одном неисправном блоке АУ допускается эксплуатация до ТО-2, где неисправность должна быть устранена. В целях экономии времени все проверки, предусмотренные ТО-1, целесообразно проводить сначала из одной кабины, а затем из другой.

**Техническое обслуживание ТО-2.** При этом обслуживании выполняют следующие виды работ.

1. Техническое обслуживание в объеме ТО-1.

2. Устранение выявленных в процессе ТО-1 и за время эксплуатации в течение 48 ч (от предыдущего ТО-2) мелких неисправностей (по заявкам в бортовом журнале электровоза). Устранение неисправностей осуществляют путем замены неисправных кассет и тиристоров исправными. Неисправные кассеты передают на специализированный участок для последующего восстановления.

3. Проверяют выполнение алгоритма управления на обоих блоках АУ и всех преобразователях на всех зонах регулирования в режимах тяги и рекуперации от обоих КМЭ. При нарушении устраняют неисправности и восстанавливают регулировку.

4. После устранения неисправностей проводят повторную проверку в объеме ТО-1. При отсутствии неисправностей эту проверку не выполняют.

**Текущий ремонт ТР-1.** При этом ремонте выполняют следующие работы.

1. Техническое обслуживание в объеме ТО-2.

2. В контроллерах машиниста КМЭ-80 обеих секций снимают кожуха и проверяют:

надежность подсоединения проводов на рейках с зажимами сельсинов и состояние блок-контактов КМЭ. При необходимости следует подтянуть винты крепления наконечников подводящих проводов и зачистить контакты;

крепление сельсинов тяги, рекуперации и возбуждения. Винты крепления корпуса сельсинов при необходимости подтягивают. Поводки не должны иметь зазоров. При необходимости их устраняют;

крепление поводков и плавность вращения роторов сельсинов при повороте поводков (от руки). При необходимости подтягивают крепление поводков и устраняют заедание роторов сельсинов;

состояние контактных колец и щеточных аппаратов сельсинов тяги, рекуперации и возбуждения. Особое внимание обращают

на состояние пружин, нажатие щеток. При необходимости промывают и зачищают контактные кольца, регулируют нажатие, заменяют щетки;

установку нуля и максимальное напряжение управления. Эту операцию следует выполнять на входных зажимах шкафа БУВИП-80 при поднятом токоприемнике. При необходимости следует отрегулировать сопротивления резисторов в КМЭ-80;

после проверок необходимо надеть и закрепить кожуха.

3. Проверяют состояние монтажа на стабилизаторе ФС-075 и его трансформаторе. При необходимости подтягивают крепеж.

4. Проверяют состояние монтажа и затяжку винтов крепления проводов на переключателе 410 и рейках с выводами МЭС. При необходимости подтягивают крепеж.

5. Проверяют состояние монтажа и затяжку винтов крепления проводов на рейке с выводами БПК. При необходимости подтягивают крепеж.

6. На панели питания III снимают кожух и проверяют:

затяжку винтов крепления проводов на рейках с выводами панели. При необходимости подтягивают винты;

надежность распайки проводов на трансформаторах, дросселях, модулях, конденсаторах и др. Распайку проверяют при сдвинутых трубках ТКР. При необходимости восстанавливают пайку;

состояние монтажа и крепления деталей. Удаляют грязь, пыль, продувают оборудование сжатым воздухом. При необходимости восстанавливают монтаж и крепление;

затяжку разъемов III—Ш6. При необходимости подтягивают;

напряжение источников питания на выводах контрольных точек. При необходимости восстанавливают нормируемое значение путем регулировки или устранения неисправности;

надевают и пломбируют кожух.

7. Проверяют выходные параметры на контрольных точках каскада БУВИП-80:

в каскаде БИ — напряжение срабатывания и коэффициент возврата пороговых элементов. При несоответствии нормам устраняют неисправность;

в каскаде УФУ-014:

фазу максимальных углов  $\alpha_{\text{пер } 1 \text{ max}}$  и  $\alpha_{\text{пер } 2 \text{ max}}$  на I и II зонах;

угол  $\alpha_{\text{пер } 1 \text{ max}}$  в начале III зоны (после срабатывания ПЭ-1) и  $\alpha_{\text{пер } 2 \text{ max}}$  в начале IV зоны (после срабатывания ПЭ-3);

фазу угла  $\alpha_{\text{пер } 1 \text{ min}}$  в конце I и III зон и после срабатывания пороговых элементов ПЭ-1 и ПЭ-3;

фазу угла  $\alpha_{\text{пер } 2 \text{ min}}$  в конце II и IV зон.

Следует убедиться в регулировке фазы импульсов по всем зонам.

При обнаружении отклонений от нормы в процессе проверки выполняют соответствующую регулировку. Если устранить отклонения от нормы регулировкой невозможно, каскету заменяют;

в каскаде УФУ-011:

фазу угла  $\alpha_0$ ;

собирают цепи рекуперации (без тока тяговых двигателей) и проверяют фазу  $\beta$ ;

фазу  $\alpha_{\text{рег max}}$  и  $\alpha_{\text{рег min}}$  канала возбуждения.

При обнаружении отклонений от нормы в процессе проверки выполняют регулировку. При невозможности устранить отклонение от нормы регулировкой кассету заменяют;

в кассете БФИ — амплитуду импульсов первого, второго, третьего каналов и канала возбуждения. При несоответствии норме кассету заменяют;

в кассете БСК — фазу угла  $\alpha_0$ . При несоответствии норме проводят регулировку;

в кассете БРУЗ (АРТЭ) — угол  $\gamma$  и отработку  $\beta$  согласно ТУ;

в кассете БУВ — наличие и полярность импульсов управления током возбуждения, а также регулировку фазы импульсов;

в кассете БСП-055 — напряжение питания на выводах 1—2 и выходное напряжение на выводах 3—4. При несоответствии норме выполняют регулировку;

в кассете БПК-054 — напряжение смещения рабочей точки усилителя на выводах 3—4. При несоответствии норме осуществляют регулировку.

8. Фиксируют оси всех переменных резисторов, подвергавшихся регулировке, с помощью лака или нитроэмали.

9. Пломбируют все кассеты, имеющие нарушенную пломбировку.

10. Проверяют наличие управляющих сигналов на входных выводах всех ВИП2-2200М по всем плечам и на одном тиристоре в каждом плече. При отсутствии сигналов устраняют неисправность.

11. Внешним осмотром проверяют:

надежность крепления БФИ и разъемов;

надежность крепления проводов к рейке с выводами ВИП и подтягивают ослабевший крепеж;

состояние монтажа на всех ВИПах (на панелях помехоподавляющих цепей, крепление шинного монтажа и индуктивных делителей, проводов сигнализации от пробоя, блоков БВН, крепление и пайка элементов цепи управляющих электродов тиристорных блоков выравнивания напряжения). При наличии нарушений монтаж восстанавливают;

целостность изоляции ВИП2-2200М и при наличии нарушений восстанавливают ее.

12. Продувают ВИП2-2200М сжатым воздухом.

**Текущий ремонт ТР-2.** В процессе ТР-2 выполняют следующие работы.

1. По БУВИП-80 и БПК-098:

снимают все кассеты и передают их на специализированный участок;

продувают ниши кассет и контактные гнезда сжатым воздухом. Наконечник шланга запрещается приближать к стенке шкафа ближе чем на 150 мм;



проверяют состояние монтажа и изоляции проводов межкассетных соединений. При нарушении изоляции провода заменяют, пайку восстанавливают, цепи прозванивают;

проверяют сопротивление изоляции относительно корпуса и между проводами мегомметром на 500 В при всех снятых кассетах и отсоединенных соединительных шлангах;

очищают мягкими кисточками кассеты от пыли и грязи, промывают штырьки и поверхность разъемов спиртом;

проверяют в кассетах состояние печатных плат и монтажа, надежность распайки проводов и крепление деталей. Проверку проводят при сдвинутых трубках ТКР. Обнаруженные неисправности устраняют. Нарушенные лаковые покрытия восстанавливают;

проверяют входные и выходные параметры всех кассет на специальном стенде и при необходимости их регулируют. В случае обнаружения отдельных деталей, вышедших из строя или ухудшивших параметры, их заменяют;

устанавливают кассеты в ниши шкафов и подсоединяют шланги.

## 2. По ВИП2-2200М:

снимают все кассеты системы формирования импульсов и передают их на специализированный участок;

продувают ниши кассет, контактные гнезда, силовой монтаж и БВН сжатым воздухом. Наконечник шланга запрещается приближать к продуваемой поверхности ближе чем на 150 мм;

проверяют затяжку всех резьбовых и паяных соединений ВИП2-2200М (без снятия блоков тиристоров). Подтягивают ослабевшие соединения и восстанавливают паяные;

очищают от пыли и грязи все открытые поверхности преобразователя мягкой ветошью, смоченной в авиабензине;

проверяют состояние шинного и проводного монтажа, а также сопротивление изоляции относительно земли и между проводами (шинами). При наличии нарушений монтажные соединения восстанавливают, провода заменяют;

снятые с ВИП2-2200М кассеты очищают от пыли и грязи кисточками и мягкой ветошью, промывают штырьки и поверхность;

проверяют в кассетах состояние плат и монтажа, надежность распайки проводов и деталей, крепление деталей. Проверку выполняют при сдвинутых трубках ТКР. Обнаруженные неисправности устраняют;

проверяют входные и выходные параметры всех кассет на специальном стенде и при необходимости их восстанавливают;

устанавливают кассеты в ВИП2-2200М, укрепляют их, подсоединяют разъемы;

выполняют работы в объеме ТР-1;

проверяют наличие импульсов на всех тиристорах;

проверяют работу сигнализации работы БФИ и целостность ламп;

проверяют работу сигнализации о пробое тиристоров путем их искусственного закорачивания.

### 33. ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ВБ-021

**Профилактическое обслуживание.** При технических осмотрах выключателя ВБ-021 (ТО-1 и ТО-2) следует убедиться в его правильном функционировании.

При профилактическом ремонте ТР-1 необходимо:

проверить состояние крепежных деталей и ослабевшие подтянуть;

проверить работу подвижных частей;

удалить пыль и грязь с деталей аппарата;

проверить аппарат на отсутствие механических повреждений изоляции;

проверить состояние силовых контактов: силовые контакты со следами оплавления и нагара зачистить личным напильником;

проверить суммарный износ силовых контактов (не должен превышать 4 мм). При большем износе контактов перемещением неподвижного контакта вверх получить зазор между полюсами электромагнита и упорами контактного рычага в пределах 4—5 мм; проверить и при необходимости отрегулировать ток уставки.

При профилактическом ремонте ТР-2 следует:

выполнить работы, предусмотренные ремонтом ТР-1;

разобрать дугогасительную камеру, удалить со стенок налеты меди, следы нагара, после чего продуть ее сухим сжатым воздухом. После установки камеры включить и выключить несколько раз выключатель и убедиться в отсутствии заедания и трения подвижного контакта о стенки камеры. Зазор между контактом и внутренней стенкой камеры должен быть не менее 2 мм. Проверить отсутствие удара подвижного контакта при отключении выключателя о верхний рог камеры, для чего конец рога предварительно смазать краской;

подогнать силовые контакты, проверить линию их прилегания;

проверить площадь прилегания якоря к полюсам электромагнита;

проверить нажатие силовых контактов;

разобрать привод, очистить его от смазки, промыть в бензине, смазать смазкой ЖТКЗ-65 (ТУ 32ЦТ-003-68) внутреннюю поверхность цилиндра, поршень, манжету, кольцо и возвращающую пружину. Собрав привод, проверить отсутствие утечки сжатым воздухом под давлением 6,75 кгс/см<sup>2</sup>.

**Характерные неисправности.** В процессе эксплуатации наиболее часто встречаются следующие неисправности ВБ-021.

1. *Выключатель не включается.* В этом случае следует проверить наличие напряжения на включающей катушке электропневматического вентиля и при отсутствии подать его. Если напряжение есть, то необходимо проверить, поступает ли через вентиль сжатый воздух. Если вентиль засорен, необходимо его заменить.

2. *Выключатель не удерживается во включенном состоянии при отсутствии силового тока.* Проверить напряжение на удерживающей катушке и при отсутствии подать его. Если напряжение есть, то замерить сопротивление удерживающей катушки (должно быть равно  $28,8 \pm 1,5$ ) Ом. При отклонении от нормы следует заменить катушку. Если сопротивление соответствует норме, необходимо проверить состояние поверхности полюсов удерживающего электромагнита, якоря и приставного пакета и обеспечить их хорошее прилегание.

3. *Выключатель отключается при токах, меньших тока уставки.* Отрегулировать выключатель. Если он не поддается регулировке, то проверить прилегание полюсов и якоря.

4. *Выключатель не включается при отрицательной температуре* (не перемещается шток привода при подаче сжатого воздуха). Необходимо провести ревизию привода, убрать конденсат и проверить плотность манжеты.

#### 34. ОБНАРУЖЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЦЕПЯХ ЭЛЕКТРОВОЗА

При обнаружении неисправностей в цепях электровоза ремонтный персонал руководствуется записями машиниста в бортовом журнале о характере проявления неисправности и результатами внешнего осмотра оборудования. Машинист, заметив по приборам или сигнальным лампам сбой в работе электронных систем управления и преобразователей, должен отметить в журнале, на блоке управления какой секции он работал в данный момент, как изменялся ток якорей каждой из групп двигателей, характер и величину бросков тока якоря, на какой зоне и в каком положении главного штурвала КМЭ проявлялась неисправность, на всех ли группах двигателей наблюдались броски тока якоря или только на отдельных, разницу токов между группами тяговых двигателей и т. д.

Для ремонта и проверки электронных систем на стендах и электровозе рекомендуется использовать электронные осциллографы С1-49, С1-18, ЭО-7 или С1-19, тестер Ц-484, переносной низковольтный шланг длиной 1,5—2 м для проверки и наладки кассет БУВИП, переносной высоковольтный шланг длиной 20 м со специальным пультом для проверки ВИП. При работе в электровозе переносные измерительные приборы необходимо размещать на изолирующих подставках.

Ниже в табл. 2 приведены характерные неисправности в работе электрооборудования, внешние проявления неисправностей, вероятные их причины, способы проверки и устранения, которыми рекомендуется руководствоваться ремонтному персоналу при обнаружении поврежденного узла.

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Проявление неисправности	Вероятная причина неисправности	Способ проверки и устранения неисправности	Способ обеспечения движения
1	В режиме тяги при постановке главного штурвала КМЭ в положение «ПО» броски тока по всем тяговым двигателям. Возможно отключение быстродействующих выключателей (БВ) в цепях двигателей	Периодически исчезают и появляются с изменением их фазы импульсы управления $\alpha_{рег}$ на 1 зонне, формируемые 4-м и 6-м выходными усилителями БУВИП	На выходах Х4, Х6 БУВИП проверить электронным осциллографом импульсы $\alpha_{рег}$ . При сбоях по фазе импульсов на одном из выходов проверить работу соответствующего ему блока БВУ-2 или БВУ-3, контролируя входные сигналы модулей У-519. При необходимости заменить блок БВУ. При сбое импульсов на входе БВУ проверить работу блока БФИ, контролируя входные и выходные цепи соответствующих модулей. При работоспособности БФИ проверить в БДК цели прохождения импульсов $\alpha_{рег}$ . При сбое импульсов на входе модулей БФИ проверить блоки БСК и УФУ-014, предварительно убедившись в работоспособности блока синхронизации БСИ. На выходах Х8—Х7 БСИ должны быть импульсы частотой 100 Гц. При их отсутствии заменить касету БСИ	Перейти на работу резервного блока управления БУВИП-80
2	В режиме тяги при вращении главной рукоятки КМЭ до середины 1 зоны ток якорей всех тяговых двигателей не регулируется, а в конце 1 зоны наблюдается бросок тока со срабатыванием БВ	Отсутствуют импульсы управления $\alpha_{рег}$ на выходе Х5 БУВИП-80. На 5-е плечо ВИП 62 и 6-е плечо ВИП 61 поступают только импульсы $\alpha_0$	На выходе Х5 БУВИП-80 проверить импульсы управления $\alpha_{рег}$ . При отсутствии импульса $\alpha_{рег}$ проверить входной сигнал в БВУ-2 соответствующего модуля. При наличии входного сигнала заменить БВУ-2. При отсутствии входного сигнала в БВУ-2 проверить в БДК цепь прохождения импульса $\alpha_{рег}$ (резистор R9, диод в модуле E5). Проверить цепь между касетами БДК и БВУ-2. Заменить	Включить резервный блок управления

3	В режиме тяги при вращении главной рукоятки КМЭ до середины I зоны ток якоря одной из групп двигателей не регулируется, затем в конце I зоны наблюдается бросок тока, приводящий к срабатыванию БВ в цепи тяговых двигателей данной группы	Отсутствие импульсов управления $\alpha_{рег}$ на тиристорах 6-го плеча ВВП 61 или 5-го плеча ВВП 62. На указанные плечи проходят только импульсы $\alpha_0$	Проверить наличие импульсов управления $\alpha_0$ и $\alpha_{рег}$ на входе блока ПКБ-го плеча ВВП 61 или 5-го — ВВП 62. Наличие только импульса $\alpha_0$ свидетельствует о нарушении цепи прохождения импульса $\alpha_{рег}$ . Проверить цепь от БУВВП к входной панели, целостность диодов V5 — V7 для ВВП 62 или V8 — V10 для ВВП 61	Отключить ВВП и следовать до депо на шести тяговых двигателях
4	В режиме тяги после первоначального плавного роста тока якоря на I зоне и при последующем сбросе главного штурвала КМЭ в положение «ПО» наблюдаются броски тока до 1500—2000 А по всем двигателям. Броски тока могут вызвать отключение БВ	Начальная фаза импульсов $\alpha_{рег}$ на выходе БУВВП близка к 180° эл., что недостаточно для завершения коммутации тока вентиллями	Проверить осциллографом С1-49 в блоке УФУ-014 начальную фазу импульсов $\alpha_{рег}$ (УФУ-1). Резистором R7 в модуле E1 выставить угол $\alpha_{рег\max} = 155^\circ$ эл. Если угол не регулируется, поверить величину и форму пилообразного напряжения УФУ-1. Наклон «пики» регулируется резистором R3 модуля E1. Проверить напряжение смещения 18 В на УФУ-1. При наличии всех напряжений сменить блок УФУ-014	Перейти на резервный блок управления
5	В режиме тяги при регулировании с I по IV зону напряжение и ток всех двигателей не регулируются	Блок синхронизации БСИ БУВВП-80 на выходе (х.7—х.8) выдает импульсы частотой 50 Гц вместо 100 Гц	Проверить осциллографом С1-49 в блоке БСИ наличие импульсов частотой 50 Гц. При отсутствии их на одном из выходов заменить катушку БСИ. При наличии импульсов 50 Гц на обоих выходах проверить диоды V30, V31, резистор R18, цепь между трансформаторами T1 и T2	Включить резервный блок управления на другой секции

№ п/п	Проявление неисправности	Вероятная причина неисправности	Способ проверки и устранения неисправности	Способ обеспечения движения
6	В режиме тяги на II и IV зонах нет приращення тока, а при переходе со II на III зону наблюдаются броски тока по всем двигателям	Нет импульса управления $\alpha_{рег}$ на выходе 1 или 2 БУВИП-80	На выходных выводах БУВИП-80 X1 или X2 проверить импульсы $\alpha_{рег}$ . При их отсутствии проверить входные сигналы в БВУ-1, напряжение питания на модулях E1 и E2. Если питание и входные импульсы есть, заменить БВУ-1. При отсутствии входных сигналов на БВУ проверить работу блока БФИ; проверить в БДК резисторы R1, R2 и диоды в модуле E1. При отсутствии сигнала на входе каскада БФИ проверить работоспособность БСК и УФУ-014	Включить резервный блок управления
7	В режиме тяги при переходе со II на III зону регулирования ток якоря всех тяговых двигателей падает до 100—150 А	Нет импульсов $\alpha_0$ на выходе 7 или 8 БУВИП-80	На выводах блока БУВИП-80 X7 и X8 проверить импульсы $\alpha_0$ . При отсутствии их проверить импульсы на входах соответствующих модулей выходных усилителей БВУ. При наличии входных сигналов заменить каскету БВУ. При отсутствии входного сигнала проверить в БДК резисторы R12 и R14, диоды в модуле E12. Проверить цепь между БДК и БВУ-4. При необходимости заменить БДК	То же
8	В режиме тяги при переходе на II или III зону регулирования наблюдаются провалы тока якоря по всем тяговым двигателям	8.1. Нарушилась установка срабатывания ПЭ1 и ПЭ2 в блоке БИ БУВИП-80	Проверить срабатывание пороговых элементов 1 и 2. Резистором R3 отрегулировать ПЭ1 так, чтобы он срабатывал при напряжении управления на входе БИ $U_{уп} = 10 \pm 0,2$ В; резистором R7	Допускается движение поезда на данном блоке управления или включить резервный блок управления

В режиме тяги при переходе с I зоны регулирования на II наблюдается бросок тока якоря тяговых двигателей

БУВИП-80 выдает импульсы  $\alpha_{\text{рег}2}$ , начальная фаза которых меньше допустимой

8.2. Изменились значения начальных и конечных углов регулирования импульсов  $\alpha_{\text{рег}1}$  или  $\alpha_{\text{рег}2}$  на выходе БУВИП-80

добиться, чтобы  $P_{\Sigma 2}$  срабатывал при  $U_{\text{упр}} = 20 \pm 0,2$  В. При регулировке ПЭ необходимо контролировать углы  $\alpha_{\text{рег}1}$  и  $\alpha_{\text{рег}2}$  в блоке УФУ-014

Проверить начальную фазу импульсов  $\alpha_{\text{рег}1}$ ,  $\alpha_{\text{рег}2}$  на выходе УФУ-014. Резистором  $R7$  в модуле  $E1$  выставить  $\alpha_{\text{рег} \text{ max}1}$ , резистором  $R7$  в модуле  $E3$  —  $\alpha_{\text{рег} \text{ max}2}$ . После срабатывания ПЭ1 в блоке БИ проверить  $\alpha_{\text{рег} \text{ min}1}$ . При напряжении  $U_{\text{упр}}$  меньше напряжения срабатывания ПЭ2 на 0,2 В проверить  $\alpha_{\text{рег} \text{ min}2}$ . При регулировке УФУ-1, УФУ-2 углы должны быть следующими:

$$\alpha_{\text{рег} \text{ min}1} = 10 \pm 2^\circ \text{ эл.};$$

$$\alpha_{\text{рег} \text{ min}2} = 10 \pm 2^\circ \text{ эл.};$$

$$\alpha_{\text{рег} \text{ max}1} = 155^\circ \text{ эл.};$$

$$\alpha_{\text{рег} \text{ max}2} = 155^\circ \text{ эл.}$$

Проверить фазу импульсов  $\alpha_{\text{рег} \text{ max}2}$  УФУ-014, резистором  $R7$  модуля  $E3$  выставить угол  $155^\circ$  эл. Если угол регулировки не поддается, проверить питание модуля  $E4$ . Проверить напряжение срабатывания ПЭ1 в блоке БИ. При  $U_{\text{ер}} > 10 \pm 0,2$  В отрегулировать порог срабатывания резистором  $R3$ . Проверить напряжение срабатывания стабилизатора  $V10$  в блоке БИ

Допускается продолжить движение на данном блоке или включить резервный блок

Включить резервный блок управления. Допускается продолжать работу на данном блоке

№ п/п	Проявление неисправности	Вероятная причина неисправности	Способ проверки и устранения неисправности	Способ обеспечения движения
10	В режиме тяги броски тока по одной из групп тяговых двигателей или одна из групп берет меньшую нагрузку, чем другие, при переходах с зоны на зону возникают резкие колебания тока только на этой группе	10.1. Периодически исчезают и появляются импульсы управления $\alpha$ -рег на тиристорах в 3-м или 5-м плечах для ВИП 61, 4-м или 6-м для ВИП 62, если броски тока имеют место на I зоне	Проверить импульсы управления на выходах блоков ПК и на входах блоков ВК (для электровозов ВЛ80р, начиная с № 1517) или на выходе БФИ (для электровозов ВЛ80р № 1503, 1512—1516), относящихся к соответствующим плечам ВИП. При их отсутствии проверить, поступают ли импульсы на вход ПК или БФИ с БУВИП-80 на зонах регулирования, на которых проявляется неисправность. При наличии входных сигналов проверить тестером напряжение питания на блоках ПК, ВК (БФИ) и предохранители в ПК или БФИ. При наличии входных сигналов и напряжении питания сменить блоки ПК или БФИ и убедиться в наличии импульсов управления на силовых тиристорах этого плеча. Контрольные измерения в цепях ВИП проводить, используя высоковольтный шланг	При бросках тока, вызывающих отключение БВ в цепи двигателей, отключить ВИП и следовать на шести двигателях
		10.2. Нет импульсов $\alpha_0$ на тиристорах 4-го или 6-го плеч для ВИП 61, 3-го или 5-го плеч для ВИП 62, если на I зоне ток данной группы меньше, чем на других в 2 раза 10.3. Нет импульсов управления $\alpha_0$ на 7-м или	То же	Допускается движение с разностью токов по группам двигателей до прибытия в депо
			»	То же



<p>11 В режиме тяги и рекуперации на пульте машиниста горит сигнальная лампа ВИП 61 или ВИП 62</p>	<p>8-м плечах ВИП, если при переходе со II на III зону ток группы падает до 150—200 А</p> <p>10.4. Нет импульсов <math>\alpha_{reg}</math> на плечах 1, 2 ВИП, если ток якоря на 200—300 А меньше других только на II и IV зонах</p> <p>10.5. Отсутствуют или периодически исчезают и появляются импульсы управления <math>\alpha_{reg}</math> или <math>\alpha_0</math> на одном из рядов силовых тиристоров в одном из плеч ВИП, выбранном в соответствии с п. 10.1—10.4, если одновременно загорается лампа сигнализации пробоа тиристоров на пульте машиниста</p>	<p>»</p> <p>Проверить наличие и форму импульсов управления на вторичных обмотках импульсных трансформаторов блока БИТ соответствующего ряда и плеча. При их наличии проверить цепь помехоподавляющего тиристора соответствующего ряда и цепь от БИТ к силовым тиристорам</p>	<p>»</p> <p>Отключить ВИП и следовать на шести тяговых двигателях, если позволяют условия движения</p>
	<p>11.1. Вышел из строя тиристор Т2-320 в одном из плеч ВИП</p> <p>11.2. Нет переменного напряжения 380 В на панели 101 или 102 (лампа ВИП 61 или ВИП 62 в этом случае загорается сразу после включения ГВ)</p>	<p>Используя тестер, определить ряд и плечо ВИП с пробитым тиристором. Затем, поочередно отключая аноды тиристоров в ряду, найти вышедший из строя тиристор. Заменить его тиристором с аналогичными классом и прямым падением напряжения</p> <p>Проверить предохранитель на панелях 101 и 102 и заменить сгоревший</p>	<p>Допускается движение электровоза с поездом до ТУ-2. По прибытии сменить вышедший из строя тиристор</p> <p>Движение электровоза с поездом разрешается до прибытия в депо</p>

Проявление неисправности	Вероятная причина неисправности	Способ проверки и устранения неисправности	Способ обеспечения движения
	11.3. Нарушена цепь к резисторам $R1-R9$ , $R12-R15$ , $R17-R28$ на панелях 101 и 102	Внешним осмотром или тестером определить место нарушения цепи и устранить его	То же
	11.4. Нарушен контакт движков регулируемых резисторов панели 101 и 102	Определить резистор осмотром или поочередно выключая тумблеры $B1-B8$ на панелях 101 и 102. Закрепить движок и, включив тестер на датчик пробоа, добиться равновесия мостов	То же
	11.5. Нарушение цепи монтажа в $RC$ -цепях блоков БВН	Прозвонить тестером БВН и устранить дефекты в блоке БВН	»
	11.6. Вышел из строя один из конденсаторов в $RC$ -цепях блока БВН	Прозвонкой тестером определить неисправный конденсатор. Если определение его затруднено, необходимо на блок БВН подать переменное напряжение 220 В от постороннего источника, отключив ВИП от силового трансформатора, и путем поочередного отключения конденсаторов, контролируя напряжение на $RC$ -цепях тестером, определить вышедший из строя конденсатор. Заменить его и проверить распределение напряжения по рядам тиристоров на плечах ВИП вольтметром или электронным осциллографом	»
	11.7. Отсутствуют импульсы управления на силовых тиристорах в одном из рядов плеча ВИП. Загорание сигнальной лампы сопровож-	Определить ряд и плечо, используя электронный осциллограф или тумблеры блоков 101, 102. Далее действовать в соответствии с п. 10.5	Отключить ВИП и следовать на шести тяговых двигателях, если позволяют условия движения

Сквозной пробой плеча ВИП. Сопровождается отключением ГВ и срабатыванием токовых реле РТ1, РТ3, РТ5 или РТ2, РТ4, РТ6

дается бросками или провалами тока якоря

12.1. Выход из строя тиристорov из-за понижения класса, дефектов при изготовлении или из-за нарушения распределения напряжения по полюсам включенным рядам

12.2. Выход тиристорov из-за нарушения их параллельной работы вследствие резкого снижения длительности импульсов управления на выходе усилителей ВИП

12.3. Выход тиристорov из-за нарушения их параллельной работы вследствие отката в работе системы слежения за углами коммутации

Проверить тестером сопротивление анод-катод всех рядов ВИП. При обнаружении рядов с пониженным сопротивлением, поочередно отключая аноды, выявить дефектные тиристоры и заменить их тиристорами тех же классов и падения напряжения. Проверить резисторы связи, целостность элементов и монтажа блоков БВН. Вышедшие из строя элементы заменить. После восстановления плеча ВИП проверить распределение напряжения по рядам на холостом ходу и импульсы управления на всех тиристорах плеча

Выполнить мероприятие, соответствующее п. 12.1. Дополнительно проверить алгоритм работы плеч ВИП и длительность импульсов управления на силовых тиристорах тех же плеч, где выявлены пробитые тиристоры. При длительности импульсов менее 700 мкс заменить блок ППК или БФИ. После смены блоков убедиться, что длительность импульсов управления не менее 700 мкс

Выполнить мероприятие, соответствующее п. 12.1. Дополнительно проверить работоспособность блока БСК в БУВИП. На стоянке при  $I_a = 300-500$  А проверить, поступают ли с датчиков угла коммутации импульсы на блок БСК. Резистором R18 выставить задержку импульсов  $\alpha_{ав}$  равную 200 мкс. При наличии инвертируемого сигнала с датчиков

Отключить ВИП. Следовать до депо на шести тяговых двигателях

То же

Отключить ВИП и перейти на резервный блок управления 400. Следовать на шести тяговых двигателях

№ п/п	Проявление неисправности	Вероятная причина неисправности	Способ проверки и устранения неисправности	Способ обеспечения движения
13	В режиме тяги нет нагрузок на одном из тяговых двигателей на всех зонах регулирования. Систематически срабатывает реле буксования, горит лампа РВ на пульте машиниста	13.1. Нет контакта в губках ВВ одного из двигателей из-за сильного их подгара	<p>угла коммутации и <math>\alpha_{0.3}</math> во время движения электроваза, контролируя междуанодное напряжение по напряжению вторичной обмотки трансформатора Т11 или Т12, проверить наличие временного интервала (всплеска напряжения в кривой <math>U_{2+11}</math>) между коммутациями, протекающими в различных контурах. Отсутствие всплесков говорит об отсутствии слежения за углами коммутации</p> <p>Снять дугогасительную камеру и осмотреть силовые контакты ВВ. Заменить губки ВВ при сильном их оплавлении</p>	Принять меры согласно п. 13.1, 13.2 или продолжать движение с отключенным тяговым двигателем
14	В режиме рекуперации систематически срабатывают ВВ в цепях всех тяговых двигателей	<p>13.2. Не удерживается во включенном положении ВВ одного из двигателей</p> <p>14.1. «Опрокидывание» инвертора из-за снижения угла погасания (мал начальный угол опережения <math>\beta_0 = \delta</math>)</p>	<p>Проверить цепь питания удерживающей катушки ВВ и цепь удерживающей катушки на обрыв</p> <p>Проверить значение заданного угла <math>\delta</math> на выходе УФУ-011 БУВИП-80. Резистором R7 модуля Е1 установить при <math>I_n = 0</math> фазу прямоугольных импульсов <math>\beta_0 = 20 \div 22^\circ</math> э.л. (отсчет влево от <math>\pi</math>). Если угол <math>\delta</math> выставить не удастся, проверить пилообразное напряжение. Резистором R3 модуля Е1 изменить наклон «пила». Если угол <math>\delta</math> регулировке не</p>	<p>То же</p> <p>Включить резервный блок управления. Допускается работа в режиме тяги на данном блоке</p>

15 В режиме рекуперации срабатывают БВ в цепях одной из групп тяговых двигателей	14.2. «Опрокидывание» инвертора из-за нарушения пропорциональности отработки угла $\beta$ по углу коммутации	<p>поддается, заменить УФУ-011, предварительно проверив значения напряжений питания. После смены блоков УФУ-011 выставить угол <math>\delta</math></p> <p>Собрать цепи рекуперации на стоянке. Изменяя ток якоря на I зоне в режиме противовключения (при <math>I_{\text{возв}}=0</math>) от 0 до 500 А, проверить в блоке БРУЗ сигналы с датчиков угла коммутации. Контролируя напряжение на выходе блока УФУ-011 резистором R4, добиться, чтобы при увеличении длительности импульса с датчиков угла коммутации на столько же увеличивалось приращение угла опережения <math>\beta</math></p> <p>Проверить алгоритм управления по плечам ВИП в режиме рекуперации. Установить плечо, в котором наблюдаются свои импульсов. Далее действовать согласно п. 10</p>	Включить резервный блок 400. Допускается работа в тяге на данном блоке
	<p>15.1. Пропуски или отсутствие импульсов управления на одном из плеч ВИП</p> <p>15.2. Нет отсечки регулируемых импульсов <math>\alpha_{\text{рег}}</math> в <math>\beta</math> на одном из плеч ВИП (3—6)</p>	<p>В блоках ПК проверить наличие импульсов управления на шунтирующем тиристоре V15 на IV, II зонах для 3-го и 4-го плеч и III зоне для 5-го и 6-го плеч регулирования, проверить тиристор V15 и его цепь в ПК или БФИ. Вращая шурувал КМЭ, в режиме торможения на стоянке проверить действие отсечки в <math>\beta</math>, контролируя импульсы на тиристорах 3, 4, 5 и 6-го плеч ВИП</p> <p>Проверить на стенде уставку БВ. Срабатывание БВ должно быть при токе <math>2000 \pm 100</math> А</p> <p>Осмотреть тяговые двигатели и устранить последствия переброса</p>	<p>Работать в режиме тяги</p> <p>То же</p> <p>Работать с меньшими нагрузками или отключить двигатели</p> <p>Работать в режиме тяги, отключить разъединители двигателей при необходимости</p>
15.3. Снизилась токовая уставка быстрого действия выключателей	15.4. Переброс по коллекторам тяговых двигателей		

п/п №	Проявление неисправности	Вероятная причина неисправности	Способ проверки и устранения неисправности	Способ обеспечения движения
16	В режиме рекуперации самопроизвольно появляется ток возбуждения, тормозная рукоятка находится в положении «П»	16.1. Заедание ротора сельсина возбуждения. На выходе сельсина ВУВ велико напряжение в положении «П» тормозной рукоятки 16.2. БУВИП-80 выдает импульсы на ВУВ с большей начальной фазой	Осмотреть сельсин и устранить его заедание или заменить его. Подключить тестер к проводам С409, С404 в КМЭ и, вращая статор сельсина ВУВ, добиться, чтобы напряжение равнялось нулю в положении «П» тормозной рукоятки	Режим тяги не ограничивается, применение рекуперации допускается, если начальный ток возбуждения обеспечивает вход в рекуперацию без срабатывания БВ
17	Схема торможения собирается, но ток возбуждения при вращении тормозной рукоятки не регулируется	17.1. Нет импульсов управления на силовых тиристорах ВУВ обеих секций	Проверить начальную фазу импульсов на выходе УФУ-011, УФУ-4. Резистором R7 модуля E3 выставить фазу так, чтобы ток возбуждения был равен нулю в положении «П» тормозной рукоятки Проверить импульсы управления на тиристорах ВУВ обеих секций при работе от разных БУВИП. При отсутствии импульсов на ВУВ только от одного БУВИП проверить наличие сигналов на выходе его БУВ, напряжение питания на БУВ, импульсы управления на тиристоре V3, тиристор V3, работу блока БФИ, контролируя его выходы и вход. При отсутствии импульсов на входе БФИ проверить фазу импульсов на выходе УФУ-011 и наличие напряжения управления с сельсина ВУВ. Если нет импульсов управления на тиристорах ВУВ от обоих БУВИП, то необходимо проверить элементы и работу выходных усилителей ВУВ, наличие напряжения на АХ, ГХ ВУВ и правильность фазировки напряжений выходных усилителей ВУВ	То же Включить резервный блок управления. При отсутствии тока возбуждения от него работать в режиме тяги, без применения рекуперации

18	В режиме торможения ток возбуждения регулируется только до 50—100 А	18.1. Нет импульсов управления на тиристорах ВУВ одной из секций	Контролируя импульсы управления на тиристорах, установить, на какой из секций не работает ВУВ. Проверить, поступают ли на ВУВ импульсы управления с БУВИП-80. При наличии импульсов управления проверить напряжение на конденсаторах усилителей ВУВ, напряжение управления на зарядном тиристоре ВУ2, напряжение ГХ на выводах 10, 13 и АХ на выводах 11, 12 ВУВ и предохранитель. При наличии всех напряжений питания проверить цепи и элементы выходных усилителей, а затем правильность фазировки напряжений АХ и ГХ с импульсами управления БУВИП и с анодным напряжением. При отсутствии импульсов управления на одном из ВУВ при его работе от другого БУВИП необходимо проверить работу ВУВ и цепь между БУВИП и ВУВ	Работать в режиме тяги, не применяя рекуперацию
19	Цели рекуперации собираются, ток возбуждения регулируется, но резисторы R28 и R29 выходного усилителя ВУВ-758 сильно греются или перегорают	18.2. БУВИП выдает импульсы управления на ВУВ одной секции	Проверить осциллографом ЭО-7 или С1-19 фазировку напряжений на ВУ ВУВ. Напряжение ГХ (провода С202 и С130) должно отставать по фазе от напряжения АХ (провода 1С202 и 13С3) на 60° эл. Импульсы управления с БУВИП должны поступать на ВУ1 в противофазе с напряжением АХ, подаваемым на управление ВУ2, и в фазе с анодным напряжением на тиристорах ВУВ	Включить резервный блок управления
20	В режиме рекуперации разница токов якорей тяговых двигателей обесточенных секций по показаниям приборов на пульте управления достигает 250—300 А	20.1. Ошибочное включение шин на стабилизирующем резисторе. Неправильность проявляется после демонтажа блока балластных резисторов ББС	Проверить монтаж шин к стабилизирующим резисторам на соответствие принципиальной схеме	Допускается движение электровоза с применением рекуперации

## Продолжение

№ п/п	Проявление неисправности	Вероятная причина неисправности	Способ проверки и устранения неисправности	Способ обеспечения движения
21	На ВИП в блоке ПК или БФИ горит сигнальная лампа	20.2. Щетки тяговых двигателей сдвинуты с нейтрали Сгорел предохранитель	Проверить установку щеток на нейтраль  Заменить предохранитель в блоках ПК или БФИ. При повторном сгорании предохранителя проверить тестером транзисторы и стабилитроны в ПК или в БФИ. Цепь сигнальной лампы. Заменить блок с вышедшими из строя элементами	То же  Допускается работа только в режиме тяги до прибытия в депо
22	В режиме тяги одна секция не работает, лампа «Т» на пульте управления не гаснет	22.1. Не включается контактор 135  22.2. Звонковая работа контактора 135 на одной секции	Проверить напряжение на выходе фильтра Ф2 блока питания БУВИП, проверить предохранители 253, 254 в цепи ТРПШ2 и ТН-2. Напряжение на фильтре Ф2 при отключенных контакторах 193, 194 должно быть 55—57 В  22.2. На панели ЩР изменить уставку срабатывания реле максимального напряжения. Проверить уровень напряжения питания выходных усилителей ВИП. Если напряжение превышает 61 В при отключенных контакторах 193, 194, то резистором R4 на панели ЩР установить 55—57 В  Убедиться осмотром, включается ли контактор 135, реле 217. Затем при опущенном токоприемнике собрать цепи режима тяги и по принципиальной схеме проверить цепь питания контакторов 193, 194	Если напряжения нет, перейти на аварийную схему питания БУВИП, переключив рубильник В на панели ЩР  Установить напряжение питания или перейти на аварийную схему питания
	22.3. Не включаются контакторы 193, 194 в цепи питания выходных усилителей ВИП (ПК, ВК или БФИ)			Перейти на аварийную схему работы электроваз



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быстрицкий Х. Я., Дубровский З. М., Ребрик Б. Н. Устройство и работа электровозов переменного тока. М., «Транспорт», 1973. 461 с.
2. Бочаров В. И., Попов В. И., Тушканов Б. А. Магистральные электровозы переменного тока. М., «Транспорт», 1976. 480 с.
3. Электровоз ВЛ80<sup>т</sup>. Инструкционная книга. М., «Транспорт», 1977. 568 с.
4. Электровоз ВЛ80<sup>к</sup>. Инструкционная книга. М., «Транспорт», 1971. 552 с.
5. Голованов Ю. М., Думби Ф. Х., Минин С. И. Советы локомотивной бригаде электровоза ВЛ80<sup>к</sup>. М., «Транспорт», 1974. 153 с.
6. Мелихов В. Л., Чернюк А. М. Особенности электрического оборудования и схем электровоза ВЛ80<sup>т</sup>. М., «Транспорт», 1974. 120 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов . . . . .	3
<b>I. Основные технические данные, характеристики и эксплуатационные преимущества электровозов ВЛ80Р . . . . .</b>	<b>4</b>
1. Основные технические данные . . . . .	4
2. Характеристики и эксплуатационные преимущества электровозов ВЛ80Р . . . . .	7
<b>II. Схемы и особенности оборудования силовых и вспомогательных цепей электровоза . . . . .</b>	<b>18</b>
3. Регулирование выпрямленного напряжения . . . . .	18
4. Схема силовых и вспомогательных цепей . . . . .	24
5. Силовое оборудование . . . . .	29
6. Расположение оборудования на электровозе . . . . .	35
7. Особенности системы вентиляции . . . . .	39
<b>III. Схемы и особенности аппаратуры цепей управления . . . . .</b>	<b>44</b>
8. Контроллер машиниста . . . . .	44
9. Цепи управления токоприемниками и главными выключателями . . . . .	48
10. Цепи управления быстродействующими выключателями . . . . .	50
11. Цепи управления аппаратами в режиме тяги . . . . .	51
12. Цепи управления аппаратами в режиме торможения . . . . .	55
13. Цепи датчика синхронизации ДС . . . . .	58
14. Цепи защиты от буксования и юза . . . . .	60
15. Цепи управления переключателями 81, 82, 410 . . . . .	61
16. Цепи сигнализации . . . . .	63
17. Особенности управления электровозом . . . . .	67
<b>IV. Устройство и работа тиристорных преобразователей . . . . .</b>	<b>70</b>
18. Силовые тиристоры . . . . .	70
19. Схема силовых цепей ВИП . . . . .	74
20. Схема формирования импульсов управления ВИП . . . . .	76
21. Конструкция ВИП и его технические данные . . . . .	82
22. Выпрямительная установка возбуждения . . . . .	85
<b>V. Электронная система управления выпрямительно-инверторными преобразователями . . . . .</b>	<b>88</b>
23. Структурная схема . . . . .	88
24. Схемы и принцип работы функциональных узлов системы управления . . . . .	94
25. Устройства авторегулирования угла опережения инвертора . . . . .	121
26. Система противокомпаундирования тормозного тока . . . . .	125
27. Панель питания ПП-088 . . . . .	130

<b>VI. Система и аппаратура защиты . . . . .</b>	<b>133</b>
28. Система защиты от перенапряжений . . . . .	133
29. Аппараты защиты от перенапряжений . . . . .	133
30. Система защиты от сверхтоков. . . . .	138
31. Аппараты защиты от сверхтоков . . . . .	141
<b>VII. Обслуживание в эксплуатации специального оборудования . .</b>	<b>152</b>
32. Профилактическое обслуживание специального оборудования. . . . .	152
33. Профилактическое обслуживание и характерные неисправности быстродействующего выключателя ВБ-021 . . . . .	158
34. Обнаружение и устранение неисправностей в цепях электро- воза. . . . .	159
<b>Список литературы . . . . .</b>	<b>173</b>