



Тайгинское подразделение
Западно-Сибирского учебного центра профессиональных квалификаций-
структурное подразделение Западно-Сибирской железной дороги-филиала
ОАО «РЖД»

Осинцев И.А.

Методическая разработка по теме:

Устройство и работа электрической схемы электровоза 2ЭС6 «Синара»



Содержание

1 Цепи включения защиты и преобразователя собственных нужд.....	1
2 Резервирование аппаратуры преобразователя собственных нужд.....	7
3 Микропроцессорная система управления и диагностики.....	11
4 Алгоритм работы системы МПСУиД.....	19

1 Цепи включения защиты и преобразователя собственных нужд

Включением преобразователя ПСН управляет система МПСУиД в единой последовательности команд включения защиты электровоза. Включение защиты электровоза осуществляется расположенным на пульте управления тумблером SB30 «Быстродействующий выключатель», имеющим два положения – «Вкл» и «Откл».

При переводе тумблера SB30 в положение «Вкл» сигнал с БСП подается в МПСУиД, и БУК создает минусовую цепь по проводу 229 (рисунок 1) на промежуточное реле KL9 (автоматический выключатель SF1, провод 320, катушка реле KL9, контакты переключателя ПСН SA49, БУК№7) для подготовки цепи включения БВ. Одновременно при условии отключения всех реостатных и линейных контакторов (отсутствует режим тяги или электрического торможения) и контакторов KM1 и KM2, замыкающих цепь питания ПСН, кратковременно, на 2с, выдается команда «Возврат защиты» - БУК создает цепь включения контактора KM17.

Контактор KM17, включившись на 2с, обеспечивает подачу напряжения на катушки дифференциальных реле токовой защиты от коротких замыканий (KA1 и KA2 – реле защиты соответственно тяговых двигателей и ПСН) и катушки электромагнитов быстродействующих контакторов K41, K42. Контактors и дифференциальные реле включаются и готовы к работе, если разность тока в одном витке реле KA1 не превышает 100А, а в силовых катушках реле KA2 составляет не более 8,5А. При большей разности токов защита срабатывает, и происходит отключение БВ. Одновременно контактор KM17 формирует кратковременный сигнал (провод 334), поступающий в модуль управления шкафа защиты ПСН (A1). После отключения контактора KM17 катушки дифференциальных реле получают питание через блокировку промежуточного реле KL9 в проводе 327 и резисторы R140 и R104.

Сигнал об отключении какого – либо из быстродействующих контакторов K41 и K42 от цепей управления электровоза поступает в блок БВС по проводу 349 (сигнал «Быстродействующие контакторы не включены»). Сигнал о срабатывании дифференциального реле KA1 от цепей управления электровоза поступает в БВС и УУБК (A3, на электровозах с №114 – модули A3-1, A3-2) по проводу 351 (сигнал «Дифференциальное реле выключено»). Сигнал о срабатывании дифференциального реле KA2 поступает в БВС по проводу 352 (сигнал «Дифференциальное реле ПСН выключено»).

Получив питание, блок управления, находящийся в шкафу защиты ПСН (A1), формирует сигнал в провода 331 (A1 X1:1) – 354 (A1 X1:3) на включение быстродействующего выключателя, тем самым контролируя включение БВ и обеспечивая его отключение по требованию защиты. Таким образом, от автоматического выключателя SF1 по проводу 320 через блокировочные контакты реле KL6, блокировочные контакты дифференциальных реле KA1, KA2 и быстродействующих контакторов K41, K42, блок управления,

расположенный в шкафу защиты ПСН А1, напряжение 110В подается на электромагнит QF1-2 и электромагнитный вентиль QF1-1 быстродействующего выключателя. Быстродействующий выключатель включается, и после замыкания блокировочного контакта QF1 в проводе 335 электромагнитный вентиль QF1-1 остается под напряжением. Размыкающий блокировочный контакт QF1 вводит в цепь катушки электромагнита QF1-2 резистор R133, обеспечивающий необходимый ток для ее удержания. Еще один блокировочный контакт быстродействующего выключателя QF1 (рисунок 2) замыкается и подает напряжение 110В с провода 302 через автоматический выключатель SF4 «Управление силовыми цепями» в провод 400 – в цепи включения ступеней питания ПСН, линейных контакторов и реле перехода KL2. От цепей управления по проводу 400 в БВС поступает сигнал «ВАБ включен».

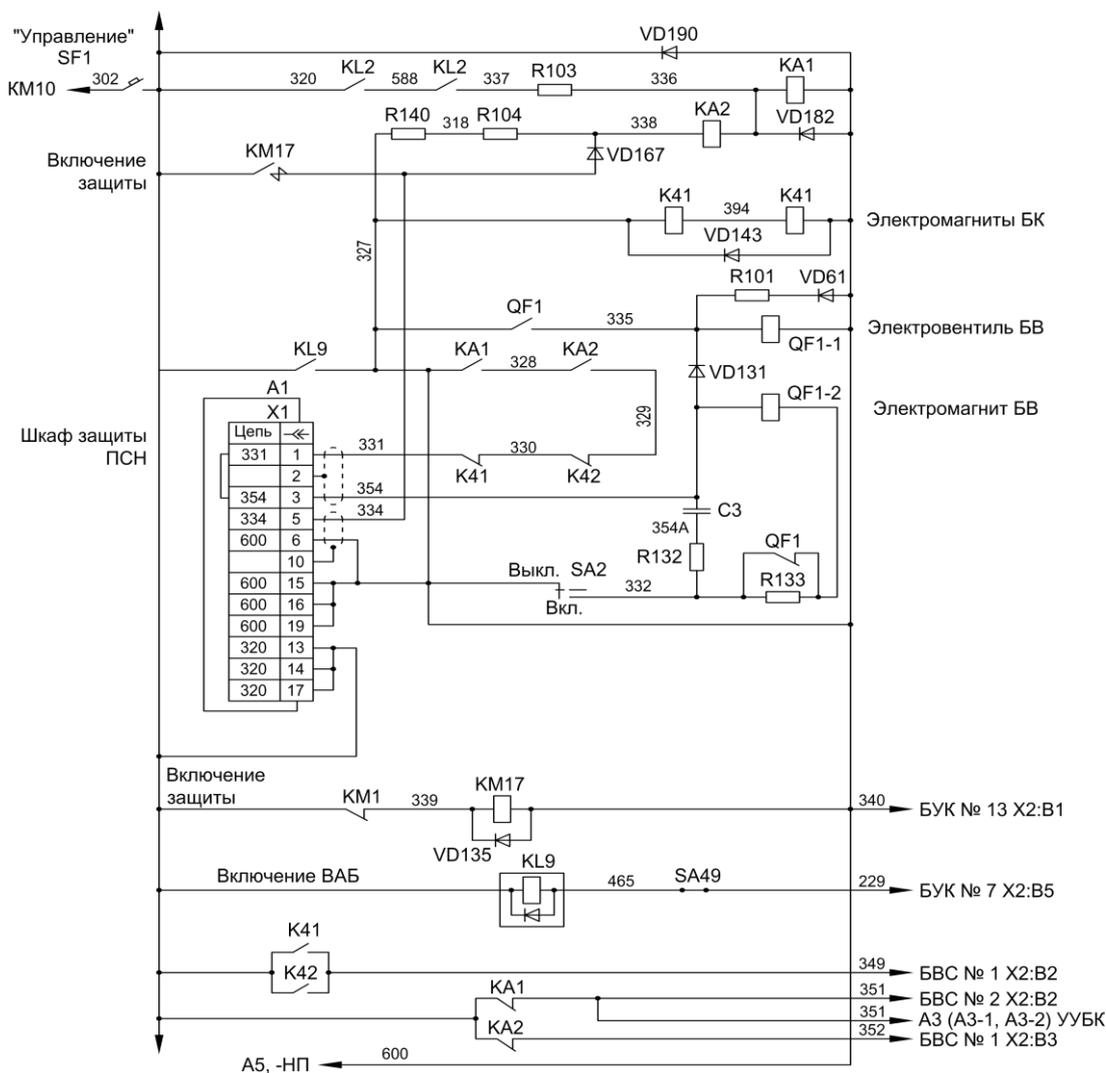


Рисунок 1 – Цепи включения защиты на электровозах до №317

При переходе с позиции 23 на позицию 24 (переход с С на СП соединение) блок БУК создает цепь питания катушки промежуточного реле перехода KL2 (провод 402). Включившись, реле KL2 своими блокировочными контактами

вводит в цепь дифференциального реле КА1 (рисунок 1) добавочный резистор R103, благодаря чему производится подпитка катушки дифференциального реле для исключения срабатывания по току небаланса.

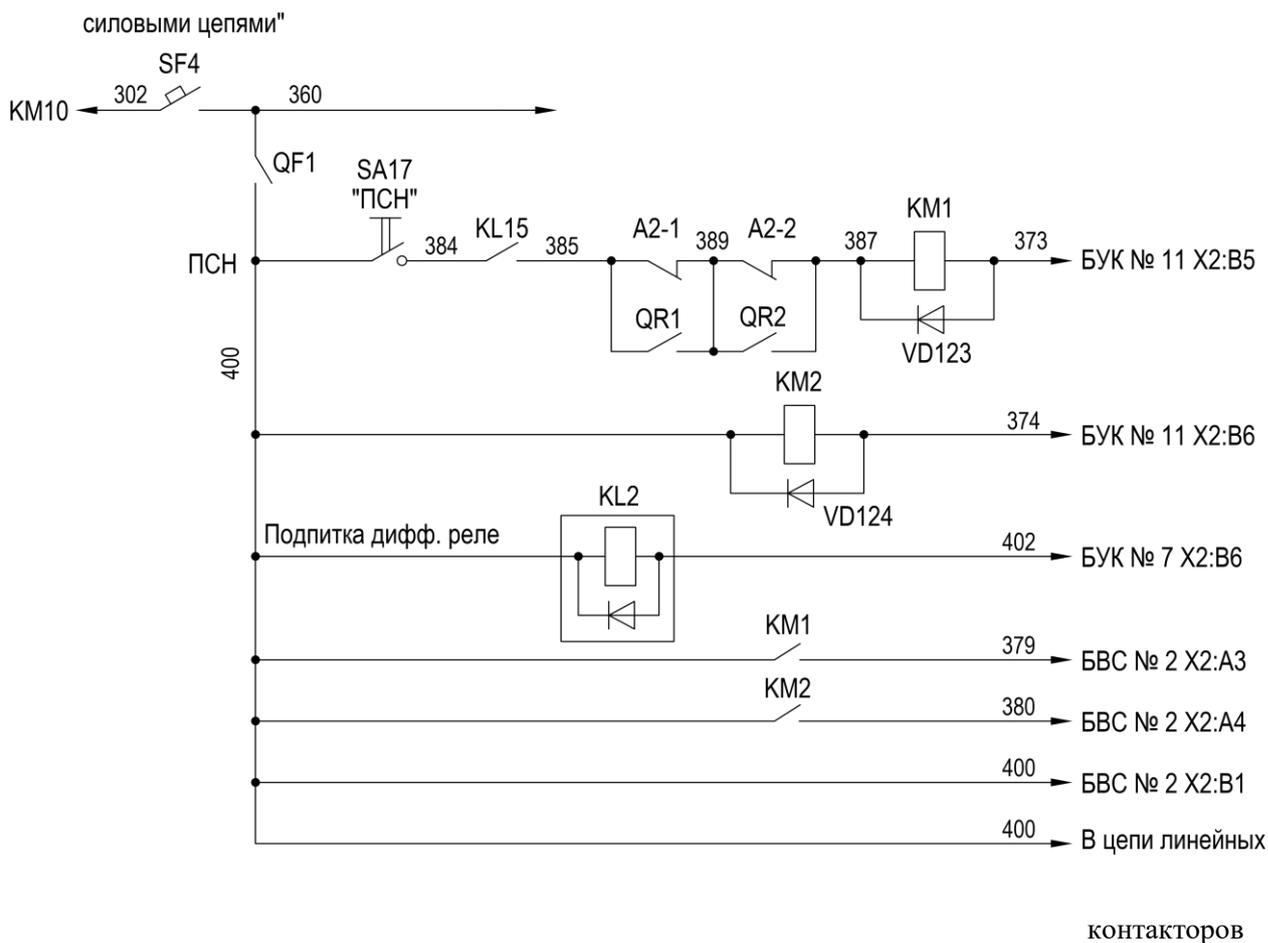


Рисунок 2 – Цепи включения ПСН и реле KL2 на электровозах №001 – 014, №016-026

Для обеспечения плавного введения в работу предусмотрена подача высокого напряжения на вход ПСН двумя ступенями, что достигается последовательным включением контакторов KM1 и KM2 (рисунок 1 и 2). В течение 3с после включения контактора KM17 выполняется самодиагностика ПСН, после чего с провода 400 через тумблер SA17 «ПСН», реле KL15, контролирующее положение крышек ПСН, аппаратные контакты блоков РН-3000 (A2-1 и A2-2) на электровозе №015, а с №027 через аппаратные контакты СТПР-1000 (A2) и СТПР-600 (A4) получает питание катушка контактора KM1 ступени I пуска ПСН. Блокировочные контакты переключателей QR1 и QR2 в цепи катушки контактора KM1 обеспечивают включение I пуска ПСН при выводе из работы одного из блоков РН-3000 на электровозе №015 и одного из статических преобразователей СТПР-1000 или СТПР-600 на электровозах начиная с №027. На ступени I в цепь нагрузок ПСН введены резисторы пусковой R11 (14,9 Ом) и демпферный R10 (1,05Ом). Контактор KM1, включившись, своими блокировочными

На электровозах №114, 148-151 и начиная с №178 в связи с модернизацией ПСН изменена цепь питания катушки КМ1 – при штатной эксплуатации ПСН (когда формирование канала 600В выполняется от СТПР-1000) питание подается блокировочными контактами переключателя QR2, контакт А4 (СТПР-600) разомкнут.

На электровозах начиная с №216 внесены изменения в схему подачи напряжения на провод 400 – контакт быстродействующего выключателя QF1 замыкает цепь питания катушки контактора КМ20, который, включившись, подает питание в цепь провода 400.

Для поддержания температурного режима в компонентах преобразователя собственных нужд (шкаф защиты, СТПР-1000, СТПР-600, шкаф ПЧ и ЗУ) установлены вентиляторы обдува. На электровозах до №113 запуск этих вентиляторов производился после включения аккумуляторной батареи. На электровозах с №114 питание контактора КМ2 II ступени пуска ПСН осуществляется через автоматический выключатель SF31 «Вентиляторы ПСН». Для сохранения заряда аккумуляторной батареи на электровозах с №114 внесены следующие изменения в схему электрических цепей (рисунок 2 и 3):

- ✓ пуск вентиляторов шкафа ПЧ и ЗУ осуществляется автоматическим выключателем SF39 «Вентиляторы ПЧ и ЗУ» после включения II ступени пуска ПСН;
- ✓ пуск вентиляторов СТПР-600 производится автоматическим выключателем SF31 «Вентиляторы ПСН» после включения I ступени запуска ПСН; питание подается по цепи, замыкаемой блокировочным контактом переключателя QR2 (только когда применяется схема резервирования СТПР-1000).

Для оперативного выключения БВ тумблер SB30 «Быстродействующий выключатель» переводят в положение «Откл»; при этом формируется сигнал «Выключение БВ», по которому БУК разрывает минусовую цепь реле KL9, и напряжение 110В снимается с катушек БВ. Требование на отключение БВ каждой отдельной секции формируется, если ток, потребляемый ПСН, превышает 120А в течение 0,15с на ступени I запуска и в течение 8с на ступени II. Требование на отключение БВ всех секций формируется, если в течение 0,3с напряжение контактной сети превышает 4100В или более чем на 0,4с пропало питание вентиля рабочего токоприемника. Выполнение последнего условия необходимо для предотвращения пережога контактного провода.

Перед выдачей команды на отключение БВ системой МПСУиД предварительно производится выключение линейных и реостатных контакторов тяговых электродвигателей (К1-К4, К9-К40) и контакторов включения ПСН (КМ1, КМ2). Быстродействующий выключатель

отключается также при достижении тока уставки срабатывания 2700А. Команда на выключение контакторов КМ1 и КМ2 выдается в следующих случаях:

- ✚ тумблер SB30 «Быстродействующий выключатель» переведен в положение «Откл»;
- ✚ в течение 1с отсутствует сигнал включенного состояния контакторов КМ1 или КМ2;
- ✚ при напряжении контактной сети менее 2200 и более 4000В; если напряжение возвращается в допустимый диапазон, запуск ПСН происходит автоматически.

Тумблер SA2 в шкафу блока аппаратов №4 служит для отключения неисправного быстродействующего выключателя секции путем разрыва минусовой цепи электромагнита БВ.

Переключатель SA49 «Перезапуск ПСН» предназначен для перезагрузки ПСН в ручном режиме.

Тумблер SA17 «ПСН» в шкафу МПСУиД используется для отключения ПСН данной секции в случае неисправности.

Если выводится из работы один из блоков РН-3000 (на электровозах №001-014, №016-026) или статический преобразователь СТПР-1000 (на электровозах №015 и с №027) переключателями QR1и QR2, от автоматического выключателя SF1 «Управление» через блокировочные контакты QR1и QR2 в проводе 389 (на электровозах №015 и с №027 в проводах 389 и 396) в БВС поступает сигнал об отключении РН-3000 или СТПР-1000 (рисунок 4).

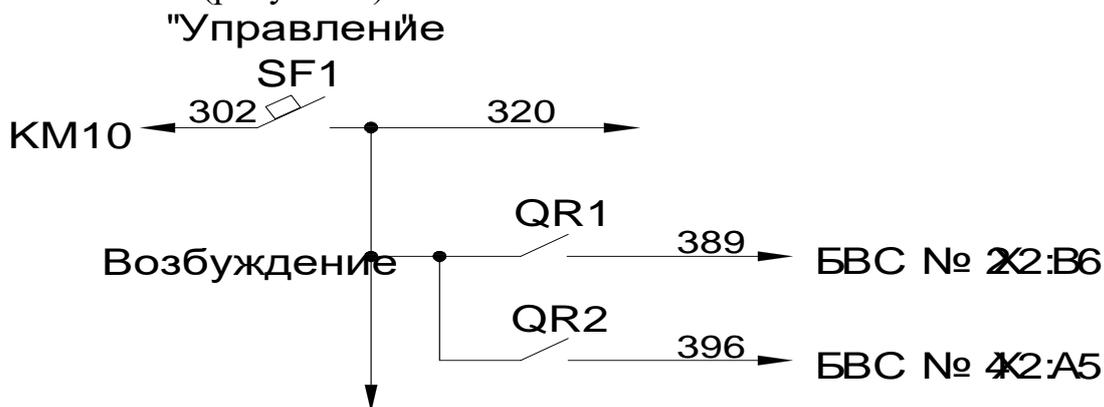


Рисунок 4 – Цепь формирования сигнала об отключении СТПР-1000 (для электровозов №015 и с №027)

2 Резервирование аппаратуры преобразователя собственных нужд

Высоковольтный преобразователь с суммарной выходной мощностью 240кВт, имеющий несколько выходов, эксплуатируемый на подвижном составе в широком диапазоне температур, обладает конечными показателями надежности. Несмотря на высокую степень конструкторской проработки и

налаженное производство, в эксплуатации могут возникать отказы преобразователя. Преобразователь собственных нужд для одной секции электровоза 2ЭС6 содержит более 16000 электронных комплектующих – от простых резисторов до мощных IGBT – транзисторов. Отказ каждого из компонентов может привести к отказу преобразователя.

Исходя из этого, при разработке в ПСН была введена дополнительная аппаратура, обеспечивающая возможность эксплуатации преобразователя и электровоза в целом при отказах отдельных частей.

Понимание возможностей электровоза 2ЭС6 и преобразователя собственных нужд в части резервирования и умение оперативно ими воспользоваться позволяют добраться до пункта обслуживания в нештатных ситуациях, а также уменьшить расходы на ремонт.

Переход на последовательное возбуждение. Наиболее действенным способом резервирования является использование последовательного возбуждения тяговых двигателей вместо независимого. В основном при работе электровоза 2ЭС6 используется независимое возбуждение тяговых двигателей. Именно в этом режиме обеспечиваются высокие тяговые свойства электровоза и другие его преимущества. Тем не менее в некоторых случаях приходится переходить на последовательное возбуждение. Причиной этого может быть отказ входного высоковольтного инвертора или выходного выпрямителя в СТПР-1000, отказ контактора, подключающего обмотки возбуждения тяговых двигателей к выходу преобразователя СТПР-1000.

Резервирование шины 600В. От промежуточной шины 600В получают питание все элементы преобразователя – источники питания бортовой сети, зарядное устройство, преобразователи частоты. Способы резервирования данной шины различны на электровозах разных номеров.

На электровозах до №177 в нормальном режиме на шину 600В напряжение поступает от преобразователя СТПР-600. Преобразователь при возникновении в нем неисправности отключают ножевыми рубильниками и вместо него подключают формирователь напряжения 600В преобразователя СТПР-1000. При этом тяговые двигатели переводятся с независимого возбуждения на последовательное, что необходимо для снижения нагрузки на преобразователь СТПР-1000.

Начиная с электровоза №178 допустимая мощность преобразователя СТПР-1000 была повышена, поэтому изменился и метод резервирования шины 600В. В режиме нормальной работы обмотки возбуждения тяговых двигателей и эта шина получают питание от преобразователя СТПР-1000, а преобразователь СТПР-600 находится в холодном резерве, высокое напряжение на его вход не подается. При неисправности формирователя напряжения 600В в преобразователе СТПР-1000, замыкая ножевые рубильники, на вход СТПР-1000 подают высокое напряжение, и шина 600В получает питание от него. При этом независимое возбуждение тяговых двигателей сохраняется. В случае общей неисправности преобразователя

СТПР-1000 также вводится в работу преобразователь СТПР-600, но тяговые двигатели переводятся на последовательное возбуждение.

Резервирование преобразователей питания вспомогательных машин.

Для питания двигателей вспомогательных машин предусмотрены три преобразователя частоты, размещенные в шкафу ПЧ и ЗУ. Преобразователи имеют запас по выходной мощности, что позволяет сохранить работоспособность электровоза при отказе одного и даже, в некоторых случаях, двух из них.

В электровозах 2ЭС6 до №216 включительно при необходимости резервирования (рисунок 5) соответствующие переключения производят внешними рубильниками.

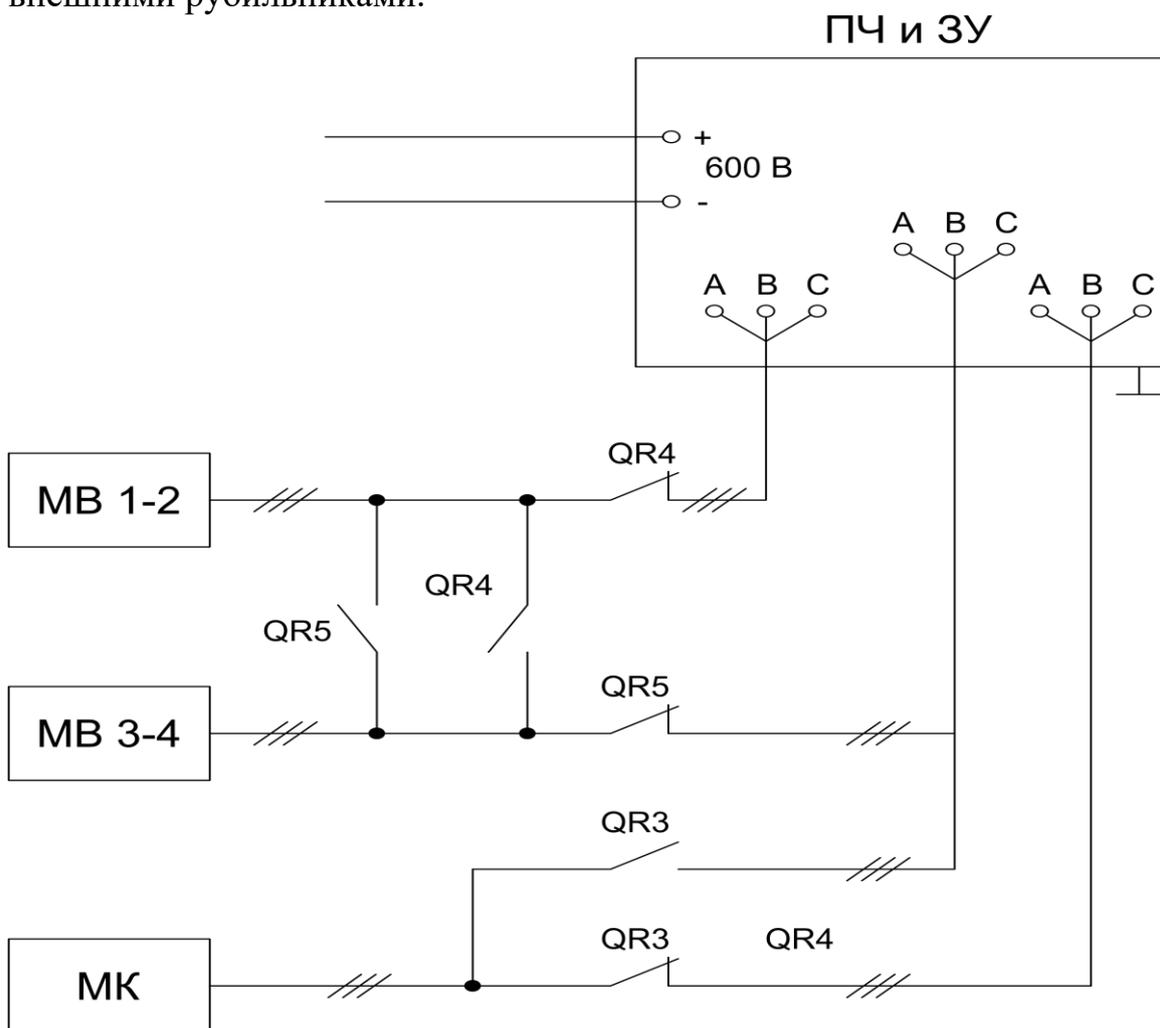


Рисунок 5 – Схема резервирования на электровозах до №216

В случае неисправности отдельных преобразователей необходимо выполнить следующие переключения:

- неисправен преобразователь частоты, соответствующий мотор – вентилятору MB1-2 (охлаждение тяговых двигателей 1 и 2), - переключатель QR4 переводят вниз; при этом от преобразователя частоты, предназначенного для MB3-4 (охлаждение тяговых двигателей 3 и 4), получают питание оба мотор – вентилятора тяговых двигателей;

- неисправен преобразователь частоты, предназначенный для мотор – вентилятора МВ3-4 (охлаждение тяговых двигателей 3 и 4), - переключатель QR5 переводится вниз; при этом от преобразователя частоты, соответствующего МВ1-2 (охлаждение тяговых двигателей 1 и 2), получают питание оба мотор-вентилятора;
- неисправен преобразователь частоты, питающий мотор – компрессор МК, - переключатели QR3 и QR5 переводят вниз; при этом от преобразователя частоты, предназначенного для питания МВ1-2, напряжение подается на оба мотор-вентилятора тяговых двигателей, а от преобразователя частоты, соответствующего МВ3-4, - на мотор-компрессор.

На электровозах начиная с № 217 соответствующие переключения при резервировании выполняют внешними рубильниками. Структурная схема ПСН для этих электровозов приведена на рисунке 6.

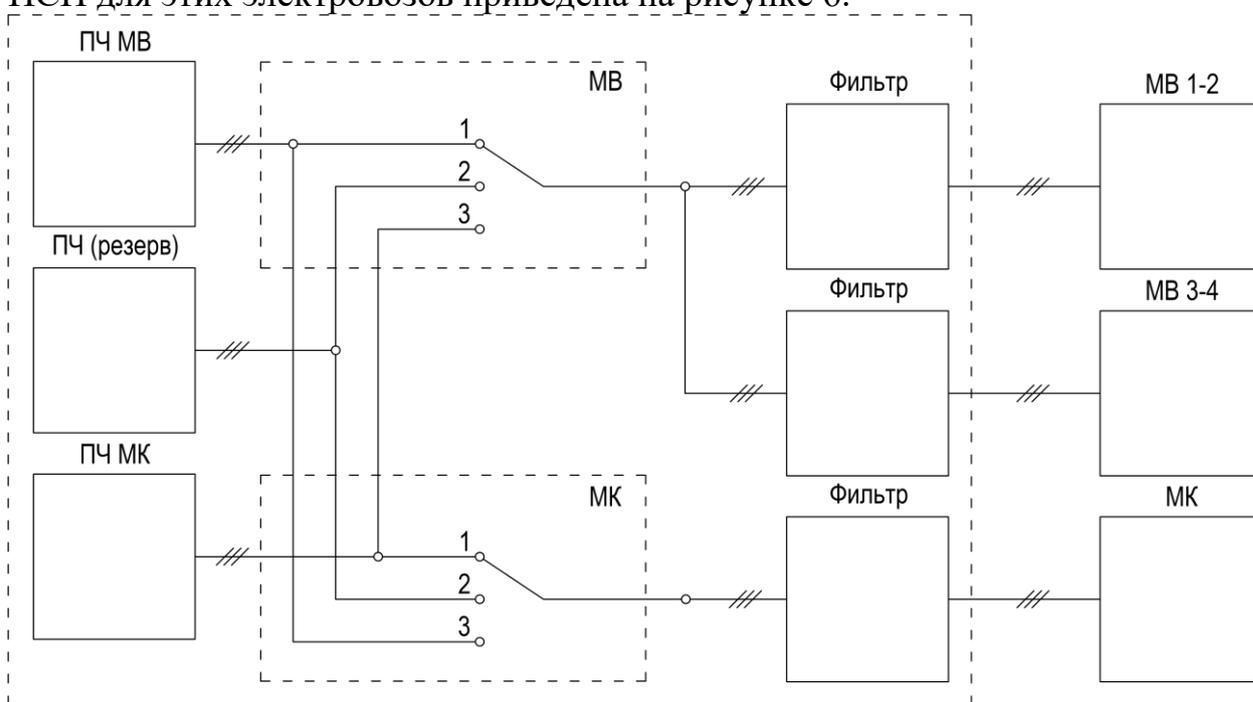


Рисунок 6 – Схема резервирования на электровозах с №217

В нормальном режиме работы цепи нагрузок мотор-вентиляторов обдува тяговых двигателей объединены и подключены к преобразователю частоты ПЧ МВ (рисунок 7), второй преобразователь ПЧ находится в холодном резерве. Цепи нагрузки компрессора подключены к третьему преобразователю частоты (ПЧ МК). Схема резервирования позволяет при отказе ПЧ производить необходимые переключения вручную, пользуясь инструкцией, размещенной на лицевой панели шкафа ПЧ и ЗУ.

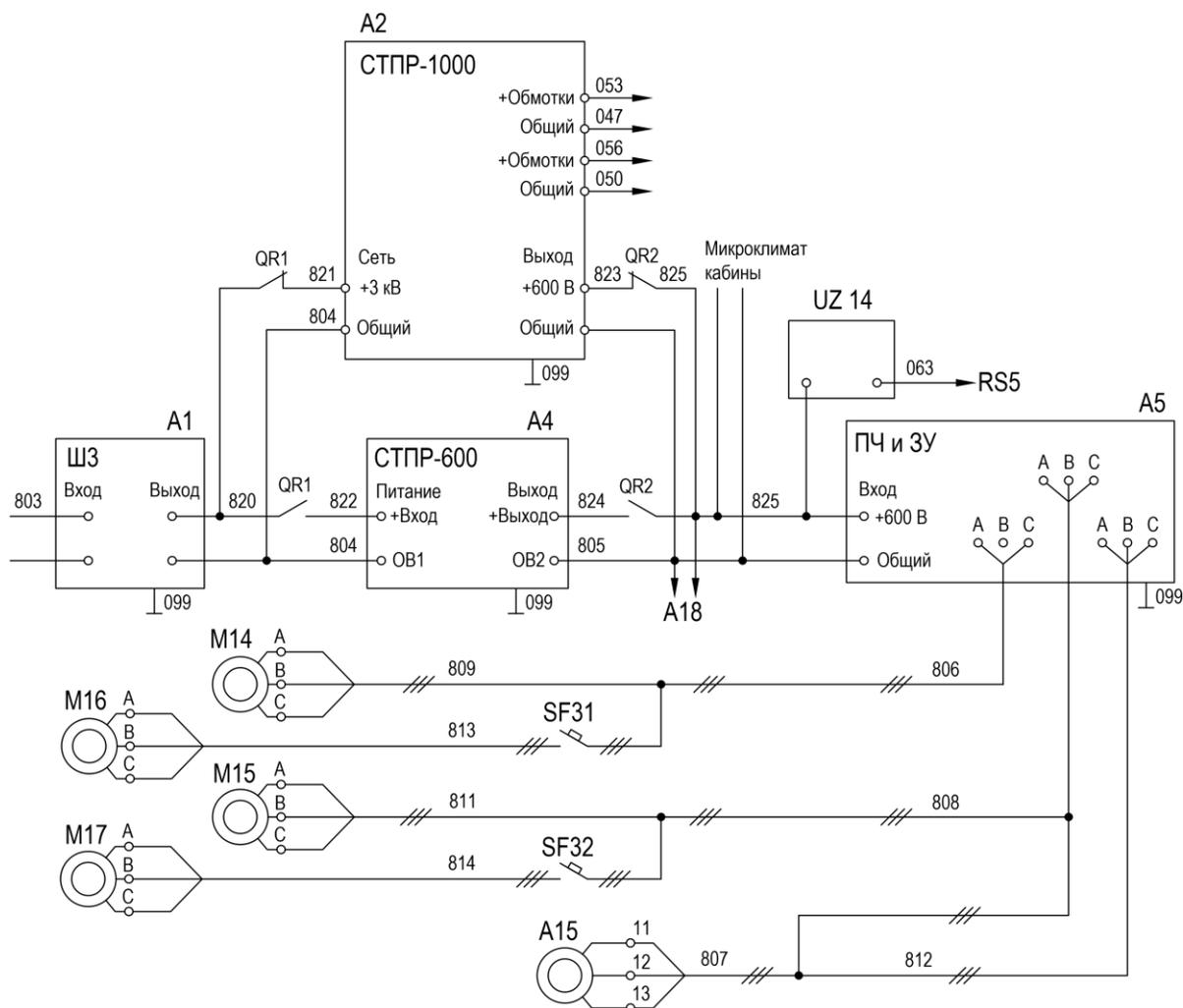


Рисунок 7 – Структурная схема ПСН, примененных на электровозах начиная с №246

При возникновении неисправностей в преобразователях частоты машинисту необходимо перевести тумблеры МВ и МК на пульте машиниста в состояние «Выкл» и не ранее чем через 1,5 мин произвести переключение на схему резервирования. В режиме резервирования, когда МК и оба МВ питаются от одного ПЧ, частота питающего напряжения устанавливается равной 35Гц. Инструкция по резервированию размещена на двери шкафа ПЧ и ЗУ.

Техническое обслуживание преобразователя собственных нужд. По сравнению с электромеханическими преобразователями и высоковольтными коллекторными двигателями статические преобразователи требуют значительно меньшего по объему технического обслуживания. Тем не менее от качества технического обслуживания зависит надежность преобразователя в течение его срока службы.

При ремонте ТР-30 необходимо проверять состояние разъемных и клеммных соединений, проводить осмотр соединительных кабелей и заземляющих проводов, очистку изоляторов, замену воздушных фильтров.

При ТР-600 дополнительно заменяют элементы, срок службы которых заканчивается. К таким элементам относятся аккумуляторная батарея

резервного питания, вентиляторы охлаждения, часть электролитических конденсаторов.

3 Микропроцессорная система управления и диагностики

Микропроцессорная система управления и диагностики МПСУиД электровоза 2ЭС6 выполняет функции управления всеми основными системами и оборудованием по командам, получаемым с пульта, на основании сигналов, принимаемых от датчиков.

Основой системы (рисунок 8) является центральный процессор, к которому подключены устройства постоянной и оперативной памяти, порты ввода-вывода. В постоянной памяти записана программа работы процессора, в соответствии с которой он принимает данные с портов ввода. На основе этой информации в соответствии с заданной программой процессор производит логические действия. В результате выдаются управляющие сигналы и информация, которые выводятся на определенных индикаторах и мониторах, а также поступают в аппаратуру и оборудование. Процессор использует данные, хранящиеся в постоянной и оперативной памяти.

С внешними объектами процессор обменивается информационными и управляющими сигналами через порты ввода и вывода по интерфейсным шинам, которые передают и принимают информацию по определенным протоколам.

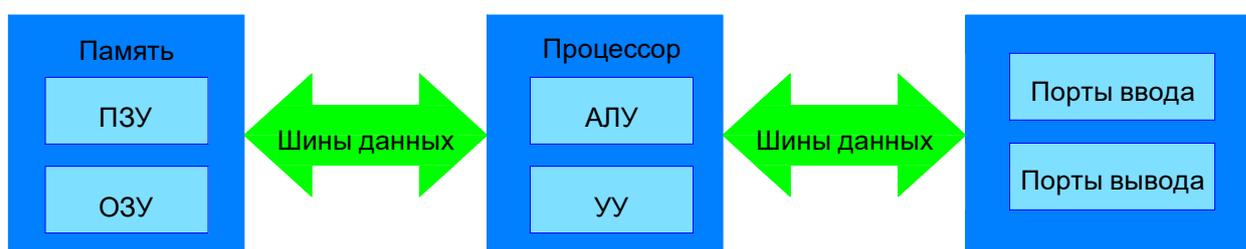


Рисунок 8 – Принцип построения микропроцессорной системы управления

Микропроцессорная система МПСУиД выполняет следующие функции:

- автоматизированное управление системами электровоза в режиме «Ручное регулирование» по командам с пульта управления (ПУ-Эл) и сигналам, получаемым от датчиков и аппаратов;
- автоматизированное управление в режиме «Авторегулирование» с учетом профиля пути, времени хода, постоянных и временных ограничений, скорости движения и сигналов светофора;
- контроль за состоянием оборудования и агрегатов;
- диагностику оборудования и аппаратов.

В состав МПСУиД входят:

- ✓ микропроцессорная система управления локомотивом (МСУЛ-А);
- ✓ подсистема аналоговых измерений (подсистема СИ);
- ✓ подсистема автоведения (подсистема А);

✓ подсистема диагностики (подсистема Д).

Система МСУЛ-А обеспечивает следующее:

- разгон электровоза до заданной скорости с возможностью последующего автоматического поддержания скорости в диапазонах, определяемых тяговыми характеристиками электровоза;
- плавное изменение силы тяги в режиме независимого возбуждения тяговых двигателей;
- электрическое торможение до заданной скорости с возможностью последующего автоматического поддержания скорости на спусках;
- плавное изменение силы торможения;
- защиту от боксования и юза;
- регулирование частоты вращения вентиляторов охлаждения тяговых двигателей (ТЭД) в зависимости от токовой нагрузки;
- ограничение величины тока и его скорости нарастания в якорях ТЭД;
- регулирование и ограничение тока возбуждения ТЭД;
- контроль процессов, протекающих при управлении электровозом, отображение его результатов на мониторе и выдачу голосовой информации;
- дублирование основных функций по двухканальной линии связи;
- запись в энергонезависимую память параметров функционирования для последующей расшифровки на ПК действий машиниста по управлению электровозом, состояния машиниста и состояния системы.

В каждой секции электровоза устанавливается комплект МПСУиД (рисунок 9), взаимодействие между секциями электровоза осуществляется по межкузовной линии связи. Микропроцессорная система управления и диагностики имеет многоуровневую структуру.

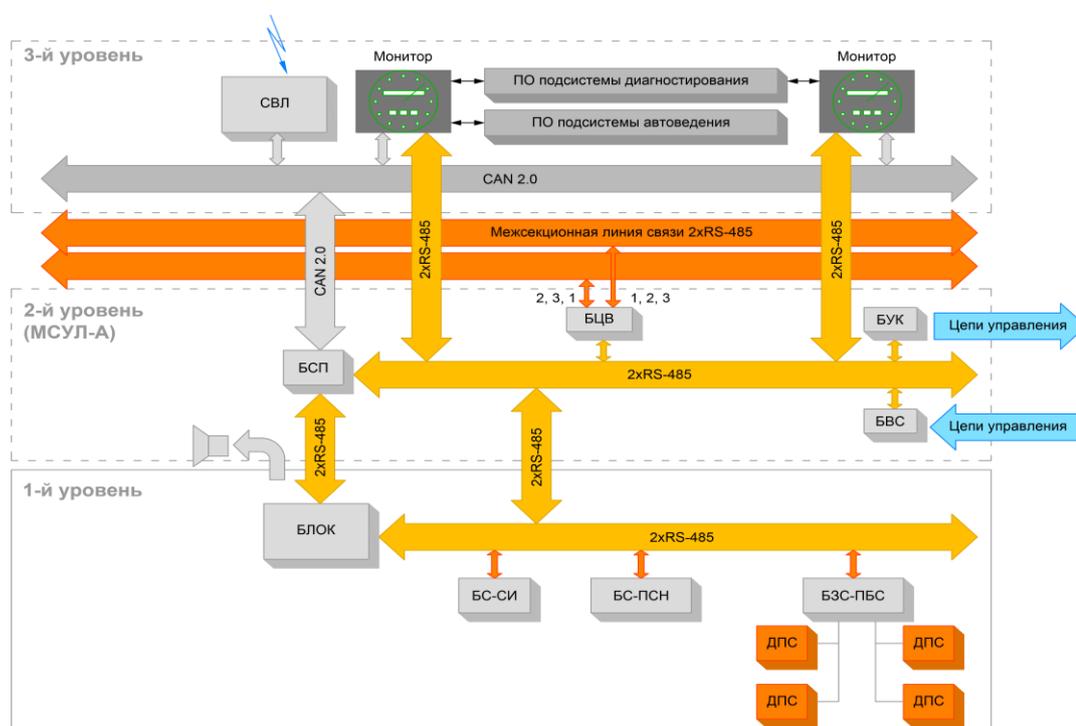


Рисунок 9 – Структура микропроцессорной системы управления и диагностики

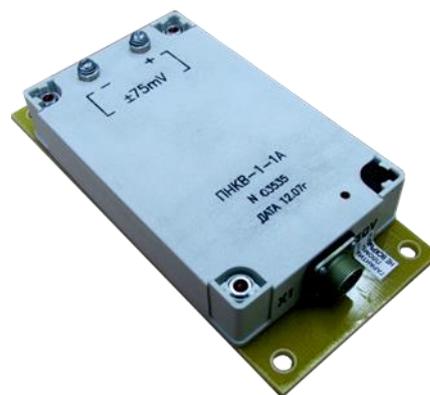
Первый уровень МПСУиД включает в себя блоки противобоксовочной защиты (БЗС-ПБС), связи с преобразователем (БС ПСН), связи с системой измерения (БС-СИ). Подсистема СИ предназначена для ввода в МСУЛ-А аналоговых сигналов (о токах и напряжениях в силовой цепи электровоза) от преобразователей напряжения в код (ПНКВ-1), мегаомметров МГМ-1 (о величине сопротивления изоляции ТЭД) и передачи получаемой информации через БС-СИ в каждый из двух каналов линии связи RS-485 МСУЛ-А.

Подсистема СИ (рисунок 10) включает в себя:

- ✚ блок связи со средствами измерения (БС-СИ);
- ✚ преобразователи напряжения в код ПНКВ -1 -1А;
- ✚ делители напряжения (ДН);
- ✚ блок связи с датчиками давления (БС-ДД);
- ✚ преобразователь давления измерительный ДД-И-1,00-0 или датчик избыточного давления ДДИ-1 (выполнены на базе датчика давления ДД);
- ✚ измеритель сопротивления изоляции МГМ-1 (АВМЮ.411212.001).



БС-СИ



НКВ-1



МГМ-1



ДН-1



ДД



БС-ДД

Рисунок 10 – Блоки подсистемы СИ

Блок БС-СИ обеспечивает прием данных по линии связи со средствами измерения, а также преобразование и передачу преобразованных данных в две линии связи RS-485.

Блок ПНКВ-1 предназначен для измерительного преобразования входных напряжений в кодовый сигнал и передачи его по линии связи RS-485 через БС-СИ в МСУЛ-А.

Блок МГМ-1 обеспечивает измерение сопротивления изоляции между обмотками и корпусом ТЭД при номинальном рабочем напряжении контактной сети и отображение на встроенном цифровом индикаторе полученных значений сопротивления изоляции, испытательного напряжения, тока утечки, а также для преобразования измеренных величин в кодовый сигнал и передачи его по линии связи RS-485 через БС-СИ в МСУЛ-А.

Датчик напряжения ДН-4 производит преобразование высоковольтного входного напряжения до 4кВ в напряжение до 75мВ для дальнейшего его использования в системе измерения.

Датчики ДД предназначены для преобразования давления сжатого воздуха в электрический сигнал. Используются взаимозаменяемые датчики двух типов:

- преобразователь давления измерительный ДД-И-1,00-01;
- датчик избыточного давления ДДИ-1.

Блок связи БС-ДД осуществляет:

- прием аналоговых сигналов от датчиков ДД и преобразование их в последовательный код;
- измерение сопротивления изоляции цепей управления, не соединенных с корпусом электровоза;
- передачу преобразованных данных по двум линиям связи RS-485 в МСУЛ-А.

Второй уровень включает в себя основную часть МПСУиД – микропроцессорную систему МСУЛ-А, которая обобщает поступающую информацию и вырабатывает управляющие сигналы. В состав системы МСУЛ-А (рисунок 11) входят:

- ✓ блок центрального вычислителя (БЦВ);
- ✓ блок связи с пультом управления электровозом (БСП);
- ✓ блок управления контакторами (БУК-3);

- ✓ блок входных сигналов (БВС);
- ✓ комплект мониторингового блока, в том числе монитор, клавиатура (на базе клавиатуры 84S-DD-014) и кабель;
- ✓ пульт управления (ПУ-МСУЛ);
- ✓ источник питания (ИП-ЛЭ).



БЦВ



БУК-3



БСП



Блоки МСУЛ-А



Мониторный блок МСУЛ

Рисунок 11 – Блоки МСУЛ-А

Блок БЦВ осуществляет:

- ❖ организацию обмена информацией между отдельными блоками системы в секции локомотива по двум последовательным каналам в стандарте RS-485;
- ❖ организацию обмена данными между отдельными секциями локомотива по двум последовательным дифференциальным линиям связи;
- ❖ определение числа и ориентации секций в сцепе;
- ❖ подачу питания к блокам БУК с возможностью его автоматического отключения при необходимости;
- ❖ сигнализацию на светодиодах о работе трех каналов БЦВ;
- ❖ на основании полученной по линиям связи информации в соответствии с заложенным алгоритмом выдачу управляющих команд на исполнительные блоки.

Блок БСП предназначен для обработки сигналов, поступающих от органов управления электровозом, передачи обработанных сигналов в линии связи МСУЛ-А, обеспечения информационного обмена между МСУЛ-А и системами САУТ-ЦМ/485, КЛУБ-У, СВЛ ТР, подсистемами СИ, А, Д, ПСН, а также другими системами, собранными на интерфейсе CAN 2.0. Все элементы БСП, включая две платы источников электропитания, установлены

на одной многослойной плате. С целью обеспечения резервирования и достоверности передаваемых данных в БСП предусмотрены три параллельных канала обработки информации. Каждый из каналов выполнен на основе микроконтроллера типа Atmega64.

Блок БВС предназначен для приема сигналов, поступающих от цепей управления, и передачи обработанных сигналов в линии связи МСУЛ-А. Блок состоит из двух идентичных каналов, что позволяет обеспечить его работоспособность в случае отказа любого из них. Он способен обрабатывать 16 сигналов, работает с двумя каналами связи RS-485.

Блок БУК-3 предназначен для управления электромагнитными и электропневматическими контакторами электровоза в соответствии с управляющими сигналами, поступающими через линии связи МСУЛ-А, состоит из двух идентичных каналов.

На третьем уровне находятся подсистемы автоведения (АВ), диагностирования (Д), система взаимодействия с локомотивом (СВЛ). Сюда же могут быть подключены и другие системы (по требованию заказчика).

Для информационной связи подсистем 2-го и 3-го уровней применен интерфейс CAN 2.0. В обмене используются макрокоманды доступа к управлению отдельными элементами.

Связи в системе 2-го уровня и ее связи с подсистемами 1-го уровня обеспечивает сдвоенный (с резервированием) интерфейс RS-485. В каждой линии связи присутствует информация от трех каналов МСУЛ-А. Каждая подсистема подключается к интерфейсу не более чем одним приемопередатчиком для каждой линии.

Для связи между элементами в подсистемах СИ, ПСН и ПБЗ используется интерфейс RS-485, в системе СВЛ – CAN 2.0.

С целью обеспечения надежности главные узлы МСУЛ-А выполнены трехканальными.

Система МСУЛ-А принимает информацию от подсистем 3-го уровня, органов управления, подсистем СИ и ПБЗ, цепей управления электровоза и выбирает управляющее воздействие на аппараты электровоза и подсистему авторегулирования. В процессе работы МСУЛ-А производит диагностику устройств своего уровня и непосредственно связанных с ними цепей электровоза, а также заносит в энергонезависимую память данные о функционировании устройств 2-го уровня.

В системе МСУЛ-А используется информация:

- ✚ оперативная, связанная непосредственно с управлением электровозом (цикл обмена 50-100мс);
- ✚ сервисная, например связанная с измерением сопротивления изоляции в высоковольтных и низковольтных цепях, расходом электроэнергии и т.д. (цикл обмена 1с и более)

От цепей управления электровоза в МСУЛ-А поступает информация в виде входных дискретных и аналоговых сигналов: дискретные сигналы – с пульта управления и аппаратов электровоза, аналоговые – от подсистемы СИ.

Пороговое значение напряжения входных дискретных сигналов составляет $(25 \pm 10)В$.

Система МСУЛ-А производит:

- управление электровозом, посылая управляющие выходные сигналы на его аппараты в соответствии с заложенным алгоритмом работы. Максимальное напряжение выходного сигнала 130В;
- запись параметров функционирования электровоза в энергозависимую память;
- выдачу голосовых сообщений на динамик в кабине машиниста.

Каждому из блоков БВС и БУК задан идентификационный адрес, что позволяет распознавать конкретный блок при обращении по линии связи. Адресу соответствует определенный набор перемычек, устанавливаемых в разьеме подключаемого к блоку кабеля связи. Каждому из однотипных блоков присваивается условный номер, например БВС№1, БКУ№3. Имеется соответствующий набор адресных перемычек в разьемах кабеля линии связи, подключаемого к блокам МГМ-1, СКВТ-М и ПНКВ-1, входящим в подсистему СИ.

После включения питания возможна самодиагностика МСУЛ-А. Система МСУЛ-А организует запуск вспомогательного оборудования электровоза и поддерживает требуемые параметры функционирования, обеспечивает реализацию тяговых и тормозных сил.

Система МСУЛ-А производит:

- ✓ автоматический набор до выхода на ходовую позицию таким образом, чтобы после переключения позиции не была превышена заданная сила тяги или электрического торможения;
- ✓ поддержание заданной силы тяги на ходовой позиции изменением тока возбуждения;
- ✓ увеличение или уменьшение заданной силы тяги при наборе или сбросе позиций;
- ✓ переход в режим выбега без разбора силовой схемы при силе тяги, равной нулю;
- ✓ автоматический переход в режим выбега с разбором силовой схемы после движения в течение 1мин с заданной силой тяги, равной нулю;
- ✓ остановку автоматического набора позиций в случае превышения заданного максимального тока в цепях ТЭД и продолжение его после снижения тока;
- ✓ автоматический сброс позиций при перегрузке ТЭД в течение заданного временного интервала;
- ✓ запрет набора позиций при перегрузке ТЭД;
- ✓ защиту пусковых резисторов от перегрева автоматическим сбросом позиций через заданное время;
- ✓ сбор силовой схемы после окончания выбега при скорости более 5км/ч с одновременным заданием требуемой силы тяги. В зависимости от

скорости и напряжения в контактной сети собирается схема на ходовой позиции соответствующего соединения ТЭД.

Блоки БСП и БЦВ выполнены трехканальными, каждый канал подключен к обоим каналам линии связи, по которым обмен данными между блоками МСУЛ-А осуществляется циклически, поочередно для каждого из трех каналов с общим периодом около 150мс (три канала по 50мс). При использовании информации, полученной по линии связи, каждый блок системы МСУЛ-А производит выбор из трех каналов по мажоритарному принципу. При исправной линии связи обмен данными между блоками системы осуществляется по двум линиям со сдвигом циклов в них на 50-100мс, что позволяет получать достоверную (идентичную в двух каналах) информацию с задержкой, не превышающей 50мс. В случае отказа одного из каналов линии связи время задержки увеличивается, но не превышает 100мс. Для связи отдельных секций электровоза используется двухканальная линия связи, аналогичная интерфейсу RS-485, но с напряжением, увеличенным до 12В.

Максимальное возможное число секций электровоза, управляемых МСУЛ-А, равно восьми. Время задержки информации управления составляет около 40мс, а информации сигнализации – около 120мс. В случае отказа одного из каналов линии связи время задержки распространения информации увеличивается в 2 раза.

На мониторы выводится полная информация, полученная по обеим линиям связи RS-485, о состоянии цепей управления, силовой схемы электровоза, о готовности к работе МСУЛ-А и диагностируемых параметрах. К левому монитору подключены система автоведения и система информирования машиниста. На пульте управления установлены две клавиатуры, каждая из которых соответствует определенному монитору.

4 Алгоритм работы системы МПСУиД

На электровозах с традиционным для второй половины XX века аналоговым (релейным) управлением последовательность включения аппаратов определялась механическими блокировочными контактами, нормально разомкнутыми или нормально замкнутыми. Блокировочные контакты одного аппарата, как правило, устанавливали в цепь питания катушки другого, и таким образом осуществлялась зависимость функционирования одного от действий другого. При этом основную роль играла электрическая схема цепей управления.

Электровоз 2ЭС6, относящийся к электровозам переходного периода, оснащен многочисленными высоковольтными коммутационными аппаратами, но их функционирование в зависимости друг от друга и собственно управление ими реализованы с помощью выходных транзисторных ключей микропроцессорной системы управления. В цепь катушки каждого аппарата со стороны «минуса» введен выходной

транзисторный ключ, который обеспечивает подключение катушки к питанию только по заданному программой алгоритму. На таких электровозах основную роль играет уже не электрическая схема цепей управления, а алгоритм, в соответствии с которым управляющая катушка того или иного аппарата получает питание. Для того чтобы понять последовательность работы оборудования электровоза, определить характеристики электровоза, необходимо рассмотреть алгоритмы, задаваемые для системы МПСУиД. Возможно определить несколько этапов работы электровоза:

- приведение в рабочее состояние;
- эксплуатация;
- перевод в холодное состояние.

При приведении электровоза в рабочее состояние необходимо включить систему МПСУиД, которая затем задает команды на запуск остальных систем и оборудования электровоза. Прежде всего для этого следует подключить аккумуляторную батарею, автоматические защитные выключатели, выключатели систем МПСУиД и БЛОК (в шкафу МПСУиД – справа в машинном отделении) и затем исполнительные цепи управления МПСУиД.

Алгоритм включения цепей управления МПСУиД. Команда подается выключателем S1 «Выключатель управления».

Условие выполнения команды: не находятся во включенном положении кнопки «Токоприемник», «Быстродействующий выключатель», «Мотор-вентиляторы», «Мотор-компрессор», «Мотор-компрессор принудительно», «Продувка резервуаров», «Отпуск тормоза», «Песок». Если хотя бы одна из них включена, необходимо ее выключить и повторить команду выключателем S1.

Действия по алгоритму (см. схема цепей управления и силовая цепь локомотива 2ЭС6):

- ✓ включаются контакторы КМ10 и КМ11 (при отсутствии неисправностей в блоках МПСУиД соответственно в первом и втором каналах), которые соединяют с общим «минусом» провода 600А и 600Б, подсоединяющие блок БУК;
- ✓ определяется число секций и их ориентация относительно кабины, из которой осуществляется управление;
- ✓ на секции, где активирован пульт машиниста для МПСУиД, устанавливается режим приема команд с пульта машиниста и трансляции их в другие секции; на других секциях устанавливается режим приема команд по линии связи.

Затем МПСУиД запускает алгоритмы изменения положения разъединителя, заземлителя и включения токоприемника.

Алгоритм подъема токоприемника, включения разъединителя и заземлителя.

Команда подается установкой в положение «Вкл» одного или нескольких переключателей «Токоприемники»: SB15 «Секция 1», SB16 «Секция 2», SB17 «Секция 3», SB18 «Секция 4».

Условие выполнения команды по изменению положения разъединителей и заземлителя для всех секций:

- ❖ закрыты двери ВВК и люки выхода на крышу всех секций;
- ❖ выключены быстродействующие выключатели (БВ) на всех секциях.

Действия по алгоритму для всех секций:

- ⚡ снимается питание с включающих катушек заземлителей QS2-1;
- ⚡ получают питание выключающие катушки заземлителей QS2-2, заземлители отключаются на всех секциях;
- ⚡ блокировочные контакты QS2 размыкают цепи электромагнитных защелок YAB1-YAB4, предназначенных для блокирования дверей ВВК и люка выхода на крышу;
- ⚡ снимается питание с выключающих катушек разъединителей QS1-2, и получают питание включающие катушки QS1-1, разъединители всех секций включаются.

После этого осуществляется подъем токоприемников.

Условия выполнения команды на подъем соответствующего токоприемника:

- ❖ БВ выключены или имеется $U_{кв}$ на секциях 1 и 2 (при двух секциях) или на секциях 1 – 3 (при трех секциях);
- ❖ ножи переключателя Q1 установлены в положение нормальной эксплуатации (отменено переключение силовой цепи на розетки ввода в депо X21 и X22);
- ❖ отсутствует сигнал системы пожаротушения (контакт KL21 замкнут);
- ❖ уже поднято не более двух токоприемников;
- ❖ достаточно давление в питательной магистрали.

Действия по алгоритму:

- подается питание на электропневматический клапан КР1 выбранной секции;
- осуществляется подъем токоприемника.

После подъема токоприемника производится включение БВ и затем сразу включение преобразователя собственных нужд (ПСН).

Алгоритм включения БВ и ПСН. Команда на включение БВ подается тумблером SB30 «Быстродействующий выключатель».

Действия по алгоритму:

- срабатывает промежуточное реле KL9, включается на 2с контактор KM17 (возврат защиты), если выключены тяговый и тормозной режимы ТЭД;
- по цепи, в которой замкнуты блокировочные контакты дифференциальных реле КА1, КА2 и быстродействующих контакторов К41 и К42, блокировочный контакт блока защиты А1 преобразователя ПСН, подается напряжение 110В на катушки БВ, электромагнитной защелки QF1-2 (354) и электромагнитного вентиля QF1-1 (335);

- БВ включается и становится на самоподпитку после замыкания блокировочного контакта QF1;
- другой блокировочный контакт QF1 выводит из цепи катушки электромагнитной защелки дополнительный резистор R133, что обеспечивает ток, достаточный для ее удержания;
- еще один блокировочный контакт QF1 подает напряжение 110В в цепь провода 400; включается промежуточное реле KL2, которое вводит в цепь катушки КА1 добавочный резистор R103.

Включение на 2с контактора КМ17 обеспечивает включение БВ и подачу напряжения на катушки подпитки дифференциального реле токовой защиты от коротких замыканий на землю: КА1 – реле защиты тяговых двигателей, КА2 – реле защиты ПСН. Реле КА2 включается и готово к работе, если разность тока в его силовых катушках не превышает 8,5А; при большей разности токов срабатывает защита и выключается БВ.

Подача высокого напряжения на вход ПСН осуществляется двумя ступенями, что обеспечивается последовательным включением контакторов КМ1 и КМ2. Контактор КМ1 (1-я ступень запуска ПСН) включается через 3с после выключения контактора КМ17, еще через 2с включается контактор КМ2 (2-я ступень запуска ПСН). Система МПСУиД осуществляет контроль за включением ПСН по сигналам, поступающим на ее вход через блокировочные контакты КМ1 и КМ2. Если через 1с после включения КМ2 не появился сигнал «**Контроль ПСН**», контакторы КМ1 и КМ2 выключаются; повторное включение ПСН производится только после выключения БВ.

Алгоритм включения главного компрессора. На главный компрессор от преобразователя ПСН подается напряжение:

- ⚡ 380В трехфазного переменного тока (с регулированием частоты и напряжения) для питания асинхронного электродвигателя привода;
- ⚡ 220В однофазного переменного тока для питания осушителя и ТЭН подогрева масла;
- ⚡ 110В постоянного тока для питания цепей управления.

Команда на включение компрессора подается с пульта двумя способами:

- тумблером «**Компрессор**» при давлении в напорной магистрали любой секции менее 7,5кгс/см²;
- кратковременным нажатием кнопки SB11 «**Принудительное включение компрессора**».

Условия выполнения команды сводятся к следующему:

- включен БВ;
- отсутствует команда «**Возврат защиты**»;
- поступил сигнал «**Готовность МК**» от внутреннего блока управления компрессора;
- имеется сигнал «**Контроль ПСН**» («включены контакторы КМ1, КМ2»).

Действия по алгоритму:

- ✓ поступает команда в ПСН на включение двигателя компрессора. Частота питающего напряжения двигателя постепенно увеличивается до 50Гц (100%) в течение 10с при изменении напряжения на его выводах линейно от нуля до установившегося рабочего значения 380В; это обеспечивает плавный разгон двигателя;
- ✓ промежуточное реле KL11 включает блок управления А15 тормозного компрессора.

Отключение компрессора происходит при достижении давлением в напорной магистрали любой секции 9кгс/см², если включение производилось по команде «**Включение МК**». Если включение производилось по команде «**Включение МК принудительно**», то отключение его происходит при отжатии кнопки SB11 «Принудительное включение компрессора».

Продувка главных резервуаров продолжительностью 1, 2с выполняется каждый раз через 5с после команды «**Включение МК**» или «**Включение МК принудительно**».

Алгоритм управления вентиляторами охлаждения тяговых двигателей.

Команда подается включением кнопки SB28 «Вентиляторы».

Условия выполнения команды:

- ✓ включен БВ;
- ✓ отсутствует команда «**Возврат защиты**» (отключен К17);
- ✓ имеется сигнал «**Контроль ПСН**» (включены контакторы КМ1, КМ2);

Действия по алгоритму:

- выдается команда в ПСН на включение электродвигателей вентиляторов охлаждения ТЭД;
- частота вращения МВ изменяется в зависимости от величины тока в цепи ТЭД, что достигается регулированием частоты питающего напряжения в шкафу ПЧ ПСН. При токе в цепях ТЭД не более 320А для мотор-вентиляторов (МВ), соответствующих отключенным ТЭД, частота вращения (уставка МВ) составляет 25Гц (50%), при токах более 320А она равна 50Гц (100%). В зависимости от требований заказчика и региона работы электровоза данные параметры могут меняться. Например, в Урало-Сибирском регионе некоторое время использовалось программное обеспечение с разделением на «летний» и «зимний» режимы, которые вводились по определенным датам.

Алгоритм управления тяговыми электродвигателями. Действия машиниста по выбору режима работы (включения) ТЭД:

- ✚ идентификация секций (головная или прицепная);
- ✚ вывод (отключение) ТЭД из работы;
- ✚ реверсирование;
- ✚ возбуждение последовательное или независимое;
- ✚ режим тяги;
- ✚ режим электрического торможения.

Выбор режимов ТЭД возможен только на нулевых позициях джойстиков выбора позиций и тока возбуждения.

Команда на идентификацию секций для двухсекционного электровоза подается выключателем SA32 «Режим работы секций 1: головная/прицепная». Для сцепа из четырех секций идентификация секций 3 и 4 производится по команде от выключателя SA34 «Режим работы секций 3: головная/прицепная». Секция на которой отключены все ТЭД, идентифицируется как прицепная независимо от положения выключателей **«Режим работы секций»**.

Команда на отключение ТЭД подается переключателями SA28-SA31, команда на выбор направления движения (реверсирование) электровоза – переключателем SA41 **«Реверсор»**.

Действия по алгоритму:

- в зависимости от идентификации секции производится включение электропневматических реверсоров QR1 для ТЭД первой тележки секции и QR2 для ТЭД второй тележки;
- переключателем SA41 **«Включение реверсора вперед»** подается питание на вентили QR1-1 и QR2-1 (**«Вперед»**) для головной секции и QR1-2 и QR2-2 (**«Назад»**) для прицепной;
- переключателем SA41 **«Включение реверсора назад»** производится подача питания на вентили QR1-2 и QR2-2 (**«Назад»**) для головной секции и QR1-1 и QR2-1 (**«Вперед»**) для прицепной.

Команда на выбор режима возбуждения тяговых двигателей подается при включении переключателя SB14 **«Возбуждение»**.

Действия по алгоритму при независимом возбуждении:

- питание подается на вентили QR3-1 и QR4-1 электропневматических переключателей;
- обмотки возбуждения ТЭД питаются от шкафов СТПР-1000 (А2) статического преобразователя ПСН;
- включаются контакторы К31 и К32;
- если отключены двигатели 1 и 2, то контакты контактора К31 разомкнуты, канал статического преобразователя возбуждения для двигателей 1 и 2 отключен;
- если отключены двигатели 3 и 4, то контакты контактора К32 разомкнуты, канал статического преобразователя возбуждения для двигателей 3 и 4 отключен.

Действия по алгоритму при последовательном возбуждении:

- питание подается на вентили QR3-2 и QR4-2 электропневматических переключателей;
- обмотки возбуждения включаются в цепь якорей ТЭД последовательно;
- контакторы К31 и К32 не включаются;
- статические преобразователи возбуждения выключены.

Алгоритмы для режима «Тяга». Условия выполнения:

- ⚡ включен выключатель управления;
- ⚡ включен БВ;

- ✦ отсутствует команда «**Возврат защиты**»;
- ✦ реверсор установлен в положение «**Вперед**» или «**Назад**», и есть сигнал, подтверждающий установку реверсоров всех секций в положение, соответствующее ориентации секции;
- ✦ есть сигнал, подтверждающий установку переключателей возбуждения в заданное положение;
- ✦ собрана цепь контроля команды «**Выбег**» (KL10 не получает питания, электропневматический клапан автостопа включен, выключатель цепей управления установлен в положение 3).

В случае невыполнения хотя бы одного из этих условий производится установка позиции 0 и уставки тока возбуждения, равной нулю.

Команды управления в режиме «**Тяга**» подаются:

- ❖ джойстиком SA45 «**Тяга**» - выбор позиций управления командами «+1», «-1», «+А», «-А»;
- ❖ джойстиком SA46 «**Ток возбуждения**» - задание команд «+ОВ», «-ОВ», изменяющих интенсивность силы тяги;
- ❖ включением кнопки SB31 «**Выбег**» - создается возможность для перевода ТЭД в режим выбега;
- ❖ тумблером SA43 «**Фиксированная скорость**» - для обеспечения установившейся скорости движения.

Алгоритм включения силовых цепей в режиме «Тяга». Действия в соответствии с алгоритмом различаются в зависимости от состояния ТЭД (включены или выключены) на разных секциях (ведущая - ведомая).

При всех включенных ТЭД на ведущей секции осуществляется:

- переключение реостатных контакторов с позиции 0 по позицию 65;
- переключение линейных контакторов при изменениях соединений ТЭД (С – серийное, СП – серийно – параллельное, П - параллельное);
- кратковременное включение промежуточного реле KL2, т.е. управление подпиткой дифференциального реле КА1 защиты силовой цепи ТЭД при переходе с соединения С на соединение СП.

При всех включенных ТЭД на ведомой секции производится:

- ✓ переключение реостатных контакторов с позиции 24 по позицию 65;
- ✓ переключение линейных контакторов при изменении соединений ТЭД;
- ✓ включение реле KL2 при переходе С-СП.

При отключении тяговых двигателей 1 и 2 или 3 и 4 на ведущей секции обеспечивается:

- ❖ переключение реостатных контакторов с позиции 0 по позицию 23;
- ❖ выключенное состояние реостатных контакторов с позиции 24 по позицию 44;
- ❖ переключение реостатных контакторов с позиции 45 по позицию 65 в последовательности, соответствующей позициям 24 – 44 нормального (без выведенных ТЭД) режима;

- ❖ переключение линейных контакторов при изменении соединения ТЭД (С, СП, П), исключающее протекание тока по обмоткам отключенных ТЭД;
- ❖ выключенное состояние реостатных контакторов с позиции 0 по позицию 23;
- ❖ включение реле KL2 при переходе С-СП.

При отключении тяговых двигателей 1 и 2 или 3 и 4 на ведомой секции обеспечивается:

- ✚ выключенное состояние реостатных контакторов с позиции 0 по позицию 44;
- ✚ переключение реостатных контакторов с позиции 45 по позицию 65 в последовательности, соответствующей позициям 24 – 44 нормального (без выведенных ТЭД) режима;
- ✚ переключение линейных контакторов при изменении соединений ТЭД, не допускающее протекания тока по обмоткам отключенных ТЭД;
- ✚ включение реле KL2 при переходе С-СП.

В случае выключения всех ТЭД на ведомой секции обеспечивается:

- выключенное состояние реостатных контакторов с позиции 0 по позицию 65;
- включение линейных контакторов, не допускающее протекание тока по цепи тяговых двигателей секции;
- включение реле KL2 при переходе с соединения С на СП.

Алгоритм набора позиций в режиме «Тяга». Условия выполнения алгоритма:

- установка реверсов в одно из положений в соответствии с ориентацией секции;
- наличие напряжения в цепи контроля команды «**Выбег**»;
- отсутствие признака разрешения набора позиций на время более 0,5с; в момент нахождения не на позиции 0 выполняется команда «**Выбег**»;
- отсутствие сигнала «**Разрешение тяги**», получаемого по цепи контроля команды «**Выбег**» (провод 215) или при наличии команды «**Отключение тяги**» (на блок индикации выводится сигнал о запрете тяги);
- напряжение U_{kc} на любой секции не превышает 4000В (на блок индикации выводится сигнал «**Повышенное U_{kc}** »);
- напряжение U_{kc} на любой секции не ниже 2700В (на блок индикации выводится сигнал «**Пониженное U_{kc}** »);
- напряжение U_{kc} на любой секции в пределах 2200-4000В, напряжение от внешнего источника в пределах 200-600В, либо установлен тестовый режим.

Действия по алгоритму набора позиций по командам «+1» и «-1»:

- ✓ осуществляется последовательное переключение реостатных контакторов в соответствии с позициями;

- ✓ в течение предельного времени работы на каждой реостатной позиции отсутствует в линии связи команда «Отключение тяги» на ведущей секции, поступающая от системы автоматического управления тормозами (САУТ);
- ✓ при токе якоря 500А обеспечивается время нахождения на реостатных позициях не более 20с;
- ✓ на позициях 62, 63 и 64 при токе якоря более 500А обеспечивается время работы на позиции до 12с.

Указанные ограничения реализуются принудительным (автоматическим) переходом на следующую реостатную или ходовую позицию по истечении времени ограничения в случаях, когда выполнялась команда «+1». В процессе выполнения команды «-1» по истечении времени ограничения происходит принудительный (автоматический) переход на предыдущую реостатную или ходовую позицию.

Условия для набора позиций по команде «+А»:

- ❖ команды выполняются автоматически последовательным переключением реостатных контакторов в зависимости от скорости движения и тока якорей ТЭД;
- ❖ при первом вводе команды «+А» устанавливается минимальное значение тока якоря 400А, т.е. переход на следующую позицию происходит, когда ток всех якорей ТЭД ведущей секции будет меньше 400А;
- ❖ при последующих вводах команды «+А» вплоть до ее отмены минимальное значение тока якоря увеличивается до большего из значений тока якоря на ведущей секции, зафиксированного перед вводом команды, но не более 600А.

Таблица 1 – Выбор позиции СП в зависимости от тока якоря

Позиция	Выбираемая позиция при значении тока якоря, А								
	Менее 270	270-310	310-360	360-410	410-450	450-510	510-580	580-650	Более 650
Позиция СП, на которую осуществляется переход	24	25	26	27	28	29	30	31	Переход запрещается

Действие команды «+А» заканчивается при достижении ходовой позиции (23, 44, 65). Выполнение команды «+А» может быть прервано вводом команд «-А», «-1», «Выбег» или по сигналу «слабого» скольжения от подсистемы ПСЗ (защита от скольжения) любой секции.

Алгоритм набора позиций из режима «Выбег». Условие выполнения: скорость движения менее 12км/ч (позиция 0, уставка тока возбуждения равна 0).

Действия по алгоритму:

- по команде «+1» или «+А» собирается схема С соединения ТЭД;
- контакторы К1-К4 и К9-К24 переключаются на ведущей секции в положение, соответствующее позиции 1 по таблице замыканий (таблица 2); на позициях 1 и 2 команда «+А» выполняется как команда «+1»;
- в следующем такте задается ток возбуждения 400А;
- при дальнейшем наборе позиций происходят переключения контакторов К1-К4 и К9-К24.

Таблица 2 – Последовательность включения реостатных контакторов на соединениях С в режиме тяги

№ поз.	R _{пуск} Ом	К2	К4	К10	К12	К14	К16	К18	К20	К22	К24	К1	К3	К9	К11	К13	К15	К17	К19	К21	К23
1	20,2960	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
2	14,2980	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+
3	10,9800	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+
4	8,3995	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+
5	6,6169	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+
6	5,9995	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+
7	5,1594	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+
8	4,5860	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+
9	3,9000	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
10	3,4949	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
11	2,8895	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
12	2,3241	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
13	2,0027	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+
14	1,5835	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+
15	1,3862	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+
16	1,0794	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
17	0,9722	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
18	0,7106	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
19	0,5372	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
20	0,3435	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
21	0,2388	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
22	0,1037	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-
23	0	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+

На всех позициях управления переключением реостатных контакторов устанавливается ограничение на снижение тока возбуждения ТЭД менее 400А. Верхнее ограничение для тока возбуждения устанавливается 700А.

Алгоритм перехода с С соединения на СП соединение ТЭД. Условие: переход ТЭД с С на СП соединение осуществляется на 23 позиции управления (ходовая позиция) при приеме команд «+1» или «+А».

Действия по алгоритму:

- по среднему значению тока якоря на 23 позиции определяется номер позиции, соответствующей СП соединению, на которую выполняется переход, исходя из значения тока якоря таблица 1;
- со следующей после ходовой позиции происходит переключение контакторов К1-К4 и К9-К24, и тяговые двигатели переходят на СП соединение;
- для обоих статических преобразователей (СТПР) секции задается уставка тока возбуждения ТЭД, равная 400А, если на 23 позиции она была меньше.

Такой алгоритм перехода с С на СП соединение применяется только для секции со всеми включенными ТЭД.

Алгоритм перехода ТЭД с СП на П соединение. Условия выполнения алгоритма: переход осуществляется при нахождении на 44 позиции и приеме команд «+1» или «+А».

Действия по алгоритму:

- по среднему значению тока якоря на 44 позиции (ходовая позиция) определяется номер позиции, соответствующей П соединению, на которую осуществляется переход, исходя из тока якоря (таблица 3);
- на следующей после ходовой позиции происходит переключение контакторов К1-К4 и К9-К24, и тяговые двигатели переходят на П соединение;
- при наличии на данной секции отключенных ТЭД контакторы К1-К4 и К9-К24 переключаются по таблице замыкания, соответствующей СП соединению;
- уставка тока возбуждения для статического преобразователя включенной группы ТЭД изменяется от 0 до значения, установленного на других секциях для текущей позиции;
- переключение ТЭД на П соединение для секции, где имеются отключенные ТЭД, происходит за время, равное 0,6с;
- уставка тока возбуждения ТЭД для обоих статических преобразователей (СТПР) секции задается равной 400А, если на 44-ой позиции она была ниже.

Таблица 3 – Выбор позиции П соединения в зависимости от тока якоря

Позиция	Выбираемая позиция при значении тока якоря, А			
	Менее 410	$410 \leq I_a \leq 500$	$500 \leq I_a \leq 570$	Более 570
Позиция П соединения, на	45	46	47	Переход запрещается

которую осуществляется переход				
--------------------------------------	--	--	--	--

Алгоритм перехода на ходовую позицию из режима «Выбег». Последовательность действий зависит от скорости, на которой происходит набор позиций. Имеются алгоритмы перехода при значениях скорости 12-24км/ч, 24-48км/ч и свыше 48км/ч.

1 Условия выполнения: скорость движения в режиме «**Выбег**» (позиция 0) составляет 12-24км/ч; поступает команда «+1» или «+А».

Действия по алгоритму при переходе из режима «**Выбег**» на С соединение:

- ✓ контакторы К1-К4 и К9-К24 в головной секции переключаются на позицию 1;
- ✓ тяговые двигатели переключаются на С соединение, если данная секция не отключена;
- ✓ заданный ток возбуждения I_B для обоих статических преобразователей секции изменяется от 0 до 100А;
- ✓ через 0,6с проверяется отношение между напряжением контактной сети $U_{кc}$ и напряжением $U_{тд}$ на ТЭД;
- ✓ если $(U_{кc} - 200) > U_{тд}$, уставка тока возбуждения для обоих СТПР секции увеличивается на 5А в каждом такте;
- ✓ при выполнении условия $U_{тд} \geq (U_{кc} - 200)$ контакторы К1-К4 и К9-К24 переключаются на 18 позицию;
- ✓ для дальнейшего набора необходимо получение команды «+А», при выполнении которой набор производится автоматически до 23 ходовой позиции С соединения.

2 Условия выполнения: скорость движения в режиме «**Выбег**» составляет 24-48км/ч; поступает команда «+1» или «+А».

Действия по алгоритму при переходе из режима «**Выбег**» на СП соединение:

- ❖ контакторы К1-К4 и К9-К24 переключаются на позицию 1;
- ❖ тяговые двигатели переключаются на «СП» соединение, если на секции нет отключенных ТЭД;
- ❖ заданный ток возбуждения для обоих статических преобразователей секции изменяется от 0 до 100А;
- ❖ через время, равное 0,6с, проверяется соотношение между напряжением контактной сети $U_{кc}$ и напряжением $U_{тд}$ на ТЭД;
- ❖ если $(U_{кc} - 200) > U_{тд}$, уставка тока возбуждения для обоих СТПР секции увеличивается на 5А в каждом такте;
- ❖ при выполнении условия $U_{тд} \geq (U_{кc} - 200)$ контакторы К1-К4 и К9-К24 переключаются на 39 реостатную позицию;
- ❖ для дальнейшего набора позиций необходимо получение команды «+А», при выполнении которой набор до 44 ходовой позиции «СП» соединения производится автоматически.

3 Условия выполнения алгоритма: скорость движения в режиме «**Выбег**» превышает 48км/ч; поступает команда «+1» или «+А».

Действия по алгоритму при переходе из режима «**Выбег**» на П соединение:

- ✚ контакторы К1-К4 и К9-К24 переключаются на позицию 1;
- ✚ тяговые двигатели переключаются на «П» соединение;
- ✚ заданный ток возбуждения I_v для обоих статических преобразователей секции изменяется от 0 до 100А;
- ✚ через время, равное 0,6с, проверяется соотношение между напряжением контактной сети и напряжением на ТЭД;
- ✚ для дальнейшего набора необходимо получение команды «+А», при выполнении которой набор производится до ходовой 65 позиции П соединения.

Если на данной секции имеется одна отключенная группа ТЭД, то контакторы К1-К4 и К9-К24 переключаются в соответствии с таблицей замыкания для соединения СП.

Алгоритм установки режима «Выбег». Команда подается нажатием кнопки SB31 «**Выбег**».

Условия выполнения алгоритма:

- поворот ключа ЭПК по часовой стрелке (контакт ЭПК замыкается);
- применение экстренного торможения;
- давление воздуха в тормозных цилиндрах более 0,13-0,15МПа (1,3 – 1,5кгс/см²) при торможении краном вспомогательного тормоза;
- срабатывание реле KL10 при обрыве тормозной магистрали, контакты которого находятся в цепи датчика КР21 «**Контроль ТМ**». Датчик КР21 предназначен для выдачи сигнала в систему МПСУиД для разбора цепей тягового режима или электрического торможения при нарушении целостности тормозной магистрали (ТМ) поезда.

Действие по алгоритму:

- по команде «**Выбег**» разбирается\ схема тягового режима или электрического торможения;
- при сигнале об обрыве тормозной магистрали (ТМ) и замедлении движения поезда машинист должен произвести торможение, отключив микровыключатель ДТЦ камеры тормозных цилиндров; при этом разрывается цепь питания катушки реле KL10, контакт которого замыкает цепь, соответствующую режиму «**Выбег**», светодиод VD59 гаснет.

В случае обрыва ТМ в хвосте поезда воздухораспределитель на торможение не срабатывает. Если при разрядке ТМ давление снижается на 20кПа (0,2кгс/см²), замыкается контакт микровыключателя камеры дополнительной разрядки ДДР. Катушка реле KL10 не связана с МПСУиД и получает питание от провода 600. Одним контактом реле KL10 разрывает цепь, соответствующую режиму «**Выбег**», другим шунтирует ДДР. При этом происходит «запоминание» полученного сигнала обрыва даже в случае

кратковременного замыкания контактов ДДР. Светодиод VD59 сигнализирует о нарушении целостности ТМ.

Алгоритм ограничений перехода из режима «Тяга» в режим «Выбег». Команда «Выбег» (перевод из режима «Тяга» в режим «Выбег») выполняется за два такта: в первом выключается часть реостатных контакторов и в цепь ТЭД вводятся пусковые резисторы, во втором выключаются все остальные контакторы.

Действия по алгоритму:

- ❖ в режиме «Тяга» при токе якоря любого ТЭД более 800А блокируется выполнение команд «+1» и «+А», выводится сообщение «Перезагрузка ТЭД на секции №...» и выполняется команда «Увеличение уставки силы тяги» (+ОВ). Если перезагрузка ТЭД не ликвидирована за 10с, то выполняется команда «-1»;
- ❖ по сигналу «Сильное скольжение», поступающему от подсистемы ПСЗ любой из секций, выполняется команда «-1». Если через 6с поступление команды «Сильное скольжение» не прекратилось, команда «-А» выполняется повторно.

На каждой реостатной позиции С, СП и П соединений тяговых двигателей предельное время работы при токах якоря более 500А составляет 20с. На позициях 62, 63 и 64 параллельного соединения при токах якоря более 500А предельное время работы равно 12с. В случае более длительного нахождения на какой-либо позиции осуществляется принудительный переход на следующую позицию (если до этого выполнялся набор позиций) или принудительный переход на предыдущую позицию (при сбросе позиций).

Алгоритм управления возбуждением ТЭД при регулировании силы тяги. Ток возбуждения тяговых двигателей регулируется в зависимости от тока якоря блоком управления СТПр:

$$I_B = I_{B \text{ зад}} + kI_{Я},$$

где $I_{B \text{ зад}}$ - заданный ток возбуждения, устанавливаемый по командам «+ОВ» или «-ОВ».

Ток возбуждения регулируется отдельно для групп тяговых двигателей отдельных тележек.

Для отключенных групп ТЭД ток возбуждения устанавливается равным 0, соответствующий контактор в цепи обмоток возбуждения остается разомкнутым.

На реостатных позициях во время пуска ($R_{\text{пуск}} \neq 0$) при выполнении условия $0,6U_{\text{кв}} \geq U_{\text{тд}}$ уставка тока возбуждения передается на все секции. Когда напряжение на ТЭД в процессе пуска станет больше 60% напряжения в контактной сети, управление ТЭД переводится в режим, предусматривающий регулирование силы тяги на отдельных тележках.

Действия по алгоритму:

- на секции, с которой ведется управление, при вводе команды «+ОВ» или «-ОВ» и в течение 0,6с после его прекращения вычисляется заданное значение силы тяги для одной тележки:
 - по среднему току возбуждения или по току возбуждения включенной ветви ТЭД определяется магнитный поток Φ ;
 - рассчитывается сила тяги для тележки (сила тяги больше 0, сила торможения меньше 0):

$$F_k = 2\Phi I_{я}, \text{кН}$$
 - полученное значение силы тяги передается в качестве задания на все секции и не изменяется до ввода команды «+ОВ» или «-ОВ»;
- на соединениях С и СП при необходимости снижения силы тяги или торможения на определенной тележке производится уменьшение уставки тока возбуждения соответствующей группы ТЭД, а для увеличения силы тяги или силы торможения уставка тока возбуждения увеличивается;
- на параллельном соединении увеличение силы тяги какой-либо тележки производится путем уменьшения уставки тока возбуждения ее двигателей, а снижение силы торможения производится снижением уставки тока возбуждения.

При регулировании силы тяги должны выполняться следующие условия:

- максимальный ток якорей ТЭД для соединений С и СП – 650А;
- максимальный ток якорей ТЭД для параллельного соединения – 570А;
- задаваемый ток возбуждения при пуске – 600А.

Алгоритм управления в режиме «Электрическое торможение». Команда «-ОВ» или «-А» подается, пока не будут достигнуты отрицательные значения силы:

1 При достижении силой тяги или торможения отрицательных значений в режиме «**Выбег**» (сила равна 0, номер позиции 0):

- по скорости движения определяется соединение ТЭД, на котором должен работать привод;
- по истечении времени от 5 до 10с устанавливается значение силы торможения, заданное машинистом с учетом условий и ограничений.

2 При достижении силой тяги или торможения отрицательных значений в процессе работы на каком-либо соединении ТЭД:

- ✓ путем регулирования тока возбуждения на этом соединении ТЭД устанавливается режим «**Электрическое торможение - рекуперация**» с предварительным торможением при тормозной силе $F_{тн}$ уровне 30кН, действующим в течение 15-20с.
- ✓ по истечении 15-20с устанавливается значение силы торможения, заданное машинистом с учетом условий и ограничений.

Условия применения алгоритма:

- в случае отсутствия потребления энергии подключаются пусковые резисторы – осуществляется переход в режим **«Рекуперативно-реостатное торможение»**;
- если на выбранном соединении ТЭД в процессе замедления поезда реализация заданной силы становится невозможной вследствие достижения ограничения по току возбуждения, производится переход на следующее соединение ТЭД со снижением силы торможения;
- в режиме электрического торможения при переходе с одного соединения на другое обеспечивается подтормаживание пневматическими тормозами в момент смены соединений ТЭД. При этом теряет питание клапан КЭБ1 и получает питание ЭПВ, который, воздействуя на реле давления, обеспечивает наполнение тормозных цилиндров; давление в них должно достигнуть 0,15-0,18МПа. Регулированием тока возбуждения осуществляется перевод в режим **«Электрическое торможение-рекуперация»** с применением предварительного торможения при тормозной силе на уровне 30кН в течение 5-10с;
- после завершения перехода на другое соединение ТЭД вентиль ЭПВ теряет питание и получает питание клапан КЭБ1, обеспечивающий блокировку пневматических тормозов;
- если заданное значение силы торможения не удастся установить вследствие ограничения по напряжению в контактной сети, производится переход из режима **«Электрическое торможение - рекуперация»** в режим **«Электрическое торможение - реостатное»**.

Алгоритм ограничений управления режимами тяги и электрического торможения. Условие: в режимах электрического торможения максимальное значение тока якоря составляет 550А, возбуждения – 600А.

Действия по алгоритму:

- при рекуперативном торможении в случае напряжения на ТЭД, равном 3900В и более, прекращается увеличение уставки тока возбуждения;
- при рекуперативном торможении, когда напряжение в контактной сети превышает 3800В, параллельно ТЭД секции включаются пусковые резисторы, сопротивление которых соответствует позиции 1. Отключение пусковых резисторов производится при снижении напряжения в контактной сети до 3400В;
- в процессе регулирования силы тяги отдельных тележек проверяется соотношение заданных и допустимых значений силы тяги и силы торможения (по сцеплению);
- в процессе регулирования силы тяги отдельных тележек проверяется соотношение заданной силы тяги и ограничений сил тяги и торможения по сцеплению;
- если заданная сила тяги превышает ограничение по сцеплению или заданная сила торможения меньше допустимой по сцеплению, на дисплей выводится соответствующее сообщение;

- если после ликвидации боксования или юза колесных пар какой-либо тележки потеря сцепления снова происходит менее чем через 15с, для этой тележки заданное значение силы тяги или силы торможения снижается на 5% за 1мин.

Алгоритм управления электродвигателями вентиляторов охлаждения пуско-тормозных резисторов. Условия: электродвигатели вентиляторов охлаждения пуско-тормозных резисторов (ПТР) включаются автоматически в режимах тяги и электрического торможения при наличии напряжения на пусковых резисторах по двум вариантам:

- ✓ вариант 1 – включены контакторы К7 и К8 (на двигатели подается часть напряжения на резисторах);
- ✓ вариант 2 – включены контакторы К5 и К6 (на двигатели подается полное напряжение на резисторах).

Действия по алгоритму:

- переключение контакторов с одной схемы на другую со сдвигом по времени, равным 2с;
- включение двигателей вентиляторов ПТР по варианту 1 на позициях 1-19, 24-38;
- включение двигателей вентиляторов ПТР по варианту 2 на позициях 20-22, 39-43, 60-64;
- включение двигателей вентиляторов ПТР на остальных позициях в зависимости от соединения ТЭД и токов якорей;
- в тестовом режиме (при отсутствии напряжения контактной сети) на позиции 1 включение контакторов К7 и К8, на позициях 2 и выше – контакторов К5, К6.

Алгоритм управления открытием жалюзи ПТР. Условие: управление открытием жалюзи для забора воздуха осуществляется автоматически перед включением вентиляторов ПТР.

Действия по алгоритму:

- ❖ электропневматический вентиль КР10 «Жалюзи» получает питание в режиме «Тяга» на реостатных позициях или в режиме «Электрическое торможение». Жалюзи не открываются на прицепных секциях при С соединении в тяговом режиме, так как задействованы только ПТР на секции, с которой ведется управление;
- ❖ конечные выключатели SQ4-SQ7 предназначены для контроля, осуществляемого системой МПСУиД.

Алгоритм управления тормозным оборудованием. Алгоритмы, используемые для управления тормозным оборудованием, в разных режимах работы различны.

Отпуск тормозов. Условия выполнения: приведены в действие тормоза состава, используется переключатель «Отпуск тормоза» SA47, имеющий три положения: «0» и «1» - фиксированные, «2» - импульсное.

Действия по алгоритму:

- ❖ для отпуска тормозов локомотива необходимо включить переключатель SA47 «Отпуск тормоза». После переключения SA47 из положения «1» в положение «2» получает питание электромагнитный вентиль клапана КР22;
- ❖ атмосферный клапан открывается, и через него сжатый воздух из полости реле давления (РД) выходит в атмосферу; перекрывается подача воздуха от блока воздухораспределителя БВР к реле РД, и тормозные цилиндры (ТЦ) сообщаются с атмосферой; происходит отпуск тормозов;

После установки переключателя SA47 в положение «2» команда «Отпуск тормоза» может быть отменена только в случае перевода его в положение «0» либо при давлении в тормозной магистрали выше 0,48МПа (5кгс/см²).

Блокировка тормозов.

Действия по алгоритму:

- ✓ при включении режима электрического торможения получает питание клапан КР23;
- ✓ блокируется импульсный трубопровод; БВР и реле давления РД сообщаются с атмосферой.

Команда «Блокировка тормоза» отменяется при переходе в режим «Выбег».

Срыв рекуперации. При срыве электрического торможения подается команда «Срыв».

Действия по алгоритму:

- ✚ в режиме электрического торможения в момент смены соединений ТЭД обеспечивается подтормаживание пневматическими тормозами. При этом теряет питание клапан КР23 и получает питание электропневматический вентиль КР24, который обеспечивает наполнение тормозных цилиндров до давления 0,25МПа (2,5кгс/см²). После завершения перехода на другое соединение ТЭД вентиль ЭПВ теряет питание, а клапан КР23 получает питание и обеспечивает блокирование пневматических тормозов;
- ✚ совместная работа электрического и вспомогательного пневматического (при помощи крана КВТ) тормозов возможна до установления в ТЦ давления сжатого воздуха, равного 0,13-0,15МПа (1,3-1,5кгс/см²). Дальнейшее повышение давления в ТЦ приводит к отключению электрического торможения.

Экстренное торможение. Команда: установка поездного крана машиниста в положение экстренного торможения.

Условие выполнения: разрядка тормозной магистрали до давления в ней, равного 0,35МПа (3,5 кгс/см²).

Действие: выдача команды на разбор схемы режима тяги.

Алгоритм выключения цепей управления МПСУиД. Команда: выключение выключателя управления.

Действия по алгоритму:

- выключение (тягового или тормозного режима) тяговых электродвигателей, работающих в тяговом или тормозном режиме;
- выключение мотор-вентиляторов охлаждения тяговых электродвигателей, мотор-компрессора, преобразователя собственных нужд;
- выключение быстродействующего выключателя;
- опускание токоприемников;
- выключение контакторов КМ10 и КМ11.

Алгоритм опускания токоприемника. Команда: опускание токоприемника.
 Действие по алгоритму:

- на соответствующей секции теряет питание электропневматический вентиль КР1, токоприемник этой секции опускается.

Условия выполнения алгоритма на выключение разъединителей:

- БВ на соответствующей секции отключен;
- остальные токоприемники опущены.

Действие по алгоритму:

- ✓ получают питание выключающие катушки разъединителей QS1-2;
- ✓ выключаются разъединители всех секций;
- ✓ включаются заземлители QS2-1.

Условия включения заземлителей:

- отсутствуют команды на подъем токоприемников всех секций;
- отсутствует напряжение $U_{кз}$ на всех секциях сцепы;
- выключены БВ.

Алгоритм отключения БВ. Команда: отключение тумблера SB30 «Быстродействующий выключатель».

Действия по алгоритму:

- ⚡ выключается реле КЛ9;
- ⚡ напряжение 110В снимается с катушек БВ.

По команде «**Выключение БВ**» перед потерей питания реле КЛ2 сначала производит выключение тягового и тормозного режима ТЭД, а также ПСН.

5 Описание схемы силовых цепей

5.1 Общие сведения

Схема силовых цепей (вкладка 1) обеспечивает работу электровоза в составе двух, трех и четырех секций в режимах тяги, рекуперативного и электродинамического торможения, а также в режиме выбега. При этом рабочим режимом является независимое возбуждение тяговых двигателей. При необходимости есть возможность перехода на последовательное возбуждение в тяговом режиме. Регулирование скорости электровоза производится: – изменением соединения групп тяговых двигателей; – ступенчатым изменением сопротивления пускового резистора; – изменением магнитного потока тяговых двигателей путем регулирования тока в обмотках возбуждения за счет регулирования напряжения на выходах статических преобразователей А7 и А8 (СТПР-1000). Переключение тяговых двигателей при переходе с одного соединения на другое производится без разрыва силовой цепи с помощью электропневматических контакторов и разделительных диодов (вентильный переход). Все переключения в силовых цепях секций пусковых резисторов, тяговых электродвигателей, блоках управления возбуждением и двигателях вентиляторов охлаждения модулей пуско-тормозных резисторов (ПТР) производятся электропневматическими контакторами К1...К40. Для изменения группировки в цепи тяговых

электродвигателей применены разделительные диоды VD7 и VD8. Управление пневматическими контакторами реостатными K1...K4 и K9...K24 (переключение секций пусковых резисторов) и линейными K27...K40 (переключение тяговых электродвигателей с одного соединения на другое) производится блоками управления контакторами (БУК-3) под управлением микропроцессорной системы МПСУ и Д. Контактры K30 и 4 K36 используются для шунтирования переходных вентилей VD8 и VD7. Для включения электродвигателей M11 и M12 вентиляторов охлаждения модулей пуско-тормозных резисторов (ПТР) используются контакторы K5...K8. Последовательность работы контакторов по позициям приведена в табл. 1.1, 1.2

Таблица 1.1 – Последовательность включения реостатных контакторов по позициям силовой схемы цепи тяговых двигателей электровоза

Позиция включения реостатных контакторов	Сигналы пускового резистора, Ом	Порядок включения контакторов																				
		K2	K4	K10	K12	K14	K16	K18	K20	K22	K24	K1	K3	K9	K11	K13	K15	K17	K19	K21	K23	
1	20,632	+																				
2	14,719	+																				
3	11,086	+																				
4	8,8962	+																				
5	7,1008	+																				
6	6,0962	+																				
7	5,2424	+																				
8	4,5511	+																				
9	4,0060	+																				
10	3,6406	+																				
11	3,0855	+																				
12	2,5253	+																				
13	2,1700	+																				
14	1,7617	+																				
15	1,5757	+																				
16	1,2394	+																				
17	1,0984	+																				
18	0,7657	+																				
19	0,5778	+																				
20	0,3639	+																				
21	0,2609	+																				
22	0,1228	+																				
23	0,0000	+																				
24	6,0060	+																				
25	5,2424	+																				
26	4,5511	+																				
27	4,0060	+																				
28	3,6681	+																				
29	3,2648	+																				
30	2,8565	+																				
31	2,5219	+																				
32	2,0014	+																				
33	1,6651	+																				
34	1,4257	+																				
35	1,2002	+																				
36	1,0015	+																				
37	0,8256	+																				

38	0,7016	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
39	0,5778	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
40	0,4143	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-
41	0,3142	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-
42	0,2084	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
43	0,1234	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
44	0,0000	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+
45	2,1833	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
46	1,6411	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
47	1,4212	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
48	1,3350	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
49	1,2098	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-
50	1,0015	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-
51	0,8947	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-
52	0,8161	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	-
53	0,6560	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-
54	0,5778	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
55	0,4710	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-
56	0,4143	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-
57	0,3639	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
58	0,3146	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
59	0,2645	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
60	0,2084	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
61	0,1425	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
62	0,0965	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-
63	0,0833	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
64	0,0550	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
65	0,0000	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 1.2 - Последовательность включения линейных контакторов электровоза

Режим работы	Номер линейного контактора														
	К2 7	К2 8	К2 9	К3 0	К3 1	К3 2	К3 3	К3 4	К3 5	К3 6	К3 7	К3 8	К3 9	К4 0	
Соединение «С» головная секция включены все двигатели	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	
Соединение «С» прицепная секция включены все двигатели	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+	
Соединение «С» головная секция при отключенных 1-2 ТЭД	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	
Соединение «С» головная секция при	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	

отключенных 3-4 ТЭД														
Соединение «С» прицепная секция при отключенных 1 – 2 ТЭД	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
Соединение «С» прицепная секция при отключенных 3 – 4 ТЭД	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+
Соединение «С» прицепная секция отключены все двигатели	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Соединение «СП» включены все двигатели	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-
Соединение «СП» при наличии отключенных двигателей	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Соединение «П» включены все двигатели	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
Соединение «П» при отключенных 1-2 ТЭД	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-
Соединение «П» при отключенных 3-4 ТЭД	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-

Электровоз 2ЭС6 имеет 65 позиций включения реостатных контакторов, из которых 23, 44 и 65 являются ходовыми. На этих позициях пусковые резисторы R3 и R4 полностью шунтируются контакторами и отключаются вентиляторы охлаждения модулей ПТР. Реверсирование направления движения электровоза осуществляется переключением обмоток якорей тяговых электродвигателей с помощью двух двухкулачковых переключателей реверсоров QP1 и QP2. Обмотки возбуждения каждой пары

тяговых двигателей получают питание от статических преобразователей А7 и А8 (СТПР-1000). В контур каждой пары обмоток возбуждения введен быстродействующий контактор К41 (К42) и реактор L2 (L3). Реакторы, кроме того, включены и в цепь обмоток якоря. Использование реактора в общей части цепей токов якоря и возбуждения двигателей – принципиальная особенность предлагаемой схемы. Это обеспечивает динамическую обратную связь по току якоря для магнитного потока тяговых двигателей и существенно улучшает качество переходных процессов и эффективность защиты тяговых двигателей при коротких замыканиях. Переключение тяговых двигателей на последовательное возбуждение при отказе статических преобразователей А7 и А8 осуществляется режимными переключателями QР3 и QР4. Отключение поврежденных тяговых электродвигателей осуществляется изменением алгоритма включения линейных контакторов К27...К40. Защита силовой цепи электровоза от токов короткого замыкания осуществляется быстродействующим выключателем QF1. При коротких замыканиях силовых цепей, когда установившееся значение тока ниже тока уставки БВ, защита в цепи тяговых двигателей осуществляется дифференциальное реле КА1, а в цепях вспомогательных машин и преобразователей собственных нужд – КА2. Перегрузка тяговых двигателей диагностируется и выявляется МПСУ и Д через преобразователи напряжений в код (ПНКВ) в якорной цепи UZ5 (UZ10) и UZ6 (UZ11), в цепи возбуждения – UZ7 и UZ8, перегрузка 8 статического преобразователя А2 – UZ9, защита от повышенного или пониженного напряжения в контактной сети – UZ1. Напряжение на пускотормозных резисторах измеряется ПНКВ UZ2. Измерение величины сопротивления изоляции тяговых электродвигателей производится мегомметрами UZ3 и UZ4. После токоприемника ХА1 в цепь включен входной LC-фильтр, предназначенный для снижения уровня радиопомех, создаваемых при токосъеме. Фильтр состоит из конденсаторов С1, С2 и дросселя помехоподавления L1. Для защиты от коммутационных и атмосферных перенапряжений в цепи установлен ограничитель перенапряжений FV1. Для отключения (в обесточенном состоянии) всех вышеперечисленных аппаратов, кроме дросселя помехоподавления L1, от высоковольтной цепи электровоза, в случае повреждения хотя бы одного из них, служит разъединитель QS1. Заземлитель QS2 предназначен для заземления высоковольтной цепи при опущенном токоприемнике. Для ввода (вывода) электровоза в депо путем питания тяговых электродвигателей от внешнего источника питания пониженного напряжения служит отключатель Q1.

1.2 Режим тяги

Рассмотрим работу электровоза в двухсекционном варианте (секция 1 + секция 2). Принимаем, что секция 1 – головная, а секция 2 – прицепная, реверсор QP1 находится в положении «Вперед», режимный переключатель возбуждения тяговых двигателей QP2 – в положении «Независимое». После набора первой позиции собирается схема последовательного соединения тяговых электродвигателей включением реостатных контакторов K2, K21...K23 и линейных контакторов K27, K29...K32, K34, K36, K39 в 9 головной секции и K27, K29...K32, K34, K36, K40 в прицепной секции. Собирается цепь из восьми последовательно соединенных тяговых электродвигателей с полностью введенными пусковыми резисторами R3 и R4 в головной секции. Контактors K30 и K36 шунтируют переходные диоды VD7 и VD8 на всех позициях последовательного соединения тяговых двигателей. При поднятом токоприемнике на прицепной секции (секция 2) двухсекционного локомотива ток протекает по цепи: токоприемник XA1, провод 001, разъединитель QS1, провод 002 и по высоковольтной шине в головную секцию (секция 1). В секции 1 ток протекает по цепи: провод 002, дроссель L1, провод 003, силовой контакт быстродействующего выключателя QF1, вводной провод 006 через окно магнитопровода дифференциального реле KA1, контакт контактора K2, провод 010, пусковой резистор R4, провод 026, контакт контактора K22, провод 028, контакт контактора K23, провод 007, пусковой резистор R3, провод 025, контакт контактора K21, провод 027, контакт контактора K27, провод 029, контакты 1-2 реверсора QP1, провод 031, якорь тягового двигателя M1, провод 033, якорь тягового двигателя M2, провод 035, контакты 5-6 реверсора QP1, провод 037, шунт RS1 преобразователей ПНКВ UZ5 и UZ10, провод 039, реактор L2 шунтированный резистором R13, провод 049, контакт быстродействующего контактора K41, провод 051, контакты 1-2 режимного переключателя QP2, провод 055, контакт контактора K30, провод 032, контакт контактора K29, провод 030, контакты 10-11 реверсора QP1, провод 034, якорь тягового двигателя M3, провод 036, якорь тягового двигателя M4, провод 038, контакты 8-9 реверсора QP1, провод 040, шунт RS2 преобразователей ПНКВ UZ6 и UZ11, провод 042, реактор L3 шунтированный резистором R14, провод 052, контакт быстродействующего контактора K42, провод 054, контакты 8-10 режимного переключателя QP2, провод 058, контакт 10 контактора K34, провод 060, контакт контактора K36, провод 061, розетка высоковольтная межсекционная X4 секции 1 и далее по межсекционному проводу в секцию 2. В ведомой секции ток протекает по цепи: розетка высоковольтная межсекционная X3, провод 064, пластина панели переключения секций (далее ППС) XB1 положение «Г», провод 059, контакт контактора K40, провод 027, далее аналогично цепи тока секции 1, провод 061, розетка высоковольтная межсекционная X4 и далее по

межсекционному проводу в секцию 1. В ведущей секции ток протекает по цепи: розетка высоковольтная межсекционная X3, провод 064, пластина ППС XB1 положение «Г», провод 059, контакт контактора K39, выводной провод 062 через окно магнитопровода дифференциального реле КА1, шунт RS6 счетчика электроэнергии P1, провод 063, токосъемные устройства колесных пар ХА2, ХА3, ХА4, ХА5, рельсовая цепь. Питание обмоток возбуждения тяговых электродвигателей в режиме «Независимое возбуждение» осуществляется от преобразователей СТПР 1000 А7 и А8. Для тяговых электродвигателей М1 и М2 ток возбуждения протекает по цепи: плюсовой вывод преобразователя А7, провод 053, контакты 6-5 режимного переключателя QP2, провод 055, контакты 2-1 режимного переключателя QP2, провод 051, контакт быстродействующего контактора K41, провод 049, реактора L2 шунтированный резистором R13, провод 039, шунт RS3 преобразователя ПНКВ UZ7, провод 041, обмотка возбуждения тягового двигателя М1, провод 043, обмотка возбуждения тягового двигателя М2, провод 045, контакт контактора K31, провод 047, минусовой вывод преобразователя А7. Для тяговых электродвигателей М3 и М4 ток возбуждения протекает по цепи: плюсовой вывод преобразователя А8, провод 056, контакты 9-11 режимного переключателя QP2, провод 058, контакты 8-10 режимного переключателя QP2, провод 054, контактор быстродействующего контактора K42, провод 052, реактора L3 шунтированный резистором R14, провод 042, шунт RS4 преобразователя ПНКВ UZ8, провод 044, обмотка возбуждения тягового двигателя М3, провод 046, обмотка возбуждения тягового двигателя М4, провод 048, контакт контактора K32, провод 050, минусовой вывод преобразователя А8. На последующих позициях последовательного соединения, начиная со второй, за счет переключения секций пусковых резисторов происходит уменьшение их сопротивления до нулевого значения на 23-й позиции (таблица 1.1). При наборе 24-й позиции происходит переход с последовательного на последовательно-параллельное соединение тяговых электродвигателей. Собирается цепь из четырех последовательно соединенных тяговых электродвигателей с частично введенными пусковыми резисторами R3 и R4 в каждой секции. Секции между собой соединены параллельно. Переход происходит в следующей последовательности: переключается часть реостатных контакторов в обеих секциях, что приводит к вводу в цепь тяговых электродвигателей пусковых резисторов (таблица 1.1). Далее отключается контактор K36, что приводит к вводу в цепь тяговых электродвигателей переходных диодов VD7, включаются контакторы K37 и K38, отключаются контакторы K39 (ведущей секции) и K40 (ведомой секции). На последующих позициях последовательно-параллельного соединения, начиная с двадцать пятой, за счет переключения секций

пусковых резисторов происходит уменьшение их сопротивления до нулевого значения на 44-й позиции (таблица 1.1). При наборе 45-й позиции происходит переход на параллельное соединение тяговых электродвигателей. Образуются две параллельные цепи 12 на каждой секции электровоза из двух последовательно соединенных тяговых электродвигателей с частично введенными пусковыми резисторами R3 и R4. Секции между собой соединены параллельно. Переход происходит в следующей последовательности: переключается часть реостатных контакторов, что приводит к вводу в цепь тяговых электродвигателей пусковых резисторов (таблица 1.1). Далее отключается контактор K30, что приводит к вводу в цепь тяговых электродвигателей переходных диодов VD8, включаются контакторы K28 и K33, отключается контактор K29. На последующих позициях параллельного соединения, начиная с сорок шестой, за счет переключения секций пусковых резисторов происходит уменьшение их сопротивления до нулевого значения на 65-й позиции (таблица 1.1). Все переключения в схеме при обратных переходах происходят в последовательности обратной процессу набора. Переключения в схеме питания тяговых электродвигателей электровоза из трех секций аналогичны переключениям при двухсекционном варианте. На последовательном соединении в цепь последовательно включены двенадцать тяговых электродвигателей. На последовательно-параллельном соединении тяговые двигатели каждой секции включены последовательно, при этом секции между собой включены параллельно (три параллельных ветви по четыре тяговых электродвигателя в каждой). При параллельном соединении создается шесть параллельных ветвей по два последовательно включенных тяговых электродвигателя в каждой. При составе электровоза из четырех секций, каждая пара секций работает как при двухсекционном исполнении. Порядок установки пластин на ППС ХВ1 при объединении секций электровоза указан в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Порядок установки пластин при объединении секций

Режим работы электровоза	Положение пластин на ППС			
	Секция 1	Секция 2	Секция 3	Секция 4

2 секционный	Г	Г	-	-
3 секционный	Г	С	Г	-
4 секционный	Г	Г	Г	Г

1.3 Режимы электрического торможения

Питание обмоток тяговых электродвигателей в режиме независимого возбуждения осуществляется от преобразователей СТПр-1000, что позволяет значительно облегчить условия перехода электровоза в режим электрического торможения. Микропроцессорная система управления, получая информацию от преобразователей А7 и А8, полностью управляет режимами электрического торможения в зависимости от скорости электровоза и текущих значений напряжения контактной сети. На электровозе применяется рекуперативное и реостатное торможение (электродинамический тормоз), работа которого обеспечена в диапазоне скоростей от 120 до 3 км/ч. В режиме рекуперативного торможения при параллельном соединении тяговых двигателей в каждой секции создается цепь : рельсовая цепь, токосъемные устройства ХА2...ХА5, провод 063, шунт RS6, выводной провод 062 дифференциального реле КА1, контакты контакторов К37 и К38, провод 060 и далее двумя параллельными ветвями: Первая ветвь: контакт контактора К33, провод 055, контакты 2-1 режимного переключателя QP2, провод 051, контакт быстродействующего контактора К41, провод 049, реактор L2 шунтированный резистором R13, провод 039, шунт RS1, провод 037, контакты 6-5 реверсора QP1, провод 035, якорь тягового двигателя М2, провод 033, якорь тягового двигателя М1, провод 031, контакты 2-1 реверсора QP1, провод 029, контакт контактора 14 К27. Вторая ветвь: контакт контактора К34, провод 058, контакты 11-9 режимного переключателя QP2, провод 054, контакт быстродействующего контактора К42, провод 052, реактор L3 шунтированный резистором R14, провод 042, шунт RS2, провод 040, контакты 9-8 реверсора QP1, провод 038, якорь тягового двигателя М4, провод 036, якорь тягового двигателя М3, провод 034, контакты 11-10 реверсора QP1, провод 030, контакт контактора К28. Далее обе ветви соединяются проводом 027 и ток протекает по цепи: блоки разделительных диодов VD3 и VD4, вводной провод 006 дифференциального реле КА1, силовой контакт быстродействующего выключателя QF1, провод 003, дроссель L1, провод 002, разъединитель QS1, провод 001, токоприемник ХА1, контактная сеть. При последовательно-параллельном соединении ТЭД в каждой секции создается цепь из четырех двигателей. В режиме рекуперативного торможения при напряжении в контактной сети более 3,8 кВ система МПСУ и Д, путем подачи питания на соответствующие блоки управления контакторами, включает пневматические контакторы, которые

вводят в схему пуско-тормозные резисторы R3 и R4. При снижении напряжения контактной сети до 3,4 кВ контакторы размыкаются и пуско-тормозные резисторы выводятся из цепи тяговых двигателей. Переход из режима рекуперативного торможения в режим электродинамического торможения (ЭДТ) производится системой МПСУиД без разбора силовой схемы. В цепь тяговых двигателей вводится часть пускотормозных резисторов R3 и R4. При этом происходит отключение цепи тяговых двигателей от контактной сети, так как напряжение в контактной сети больше напряжения на тяговых двигателях и диоды VD3, VD4 закрыты. Последовательность включения реостатных контакторов в режиме 15 электродинамического торможения на параллельном соединении тяговых электродвигателей приведена в таблице 1.4. При последовательном возбуждении тяговых электродвигателей режим электрического торможения невозможен. Цепи питания обмоток при независимом возбуждении тяговых электродвигателей в режиме электрического торможения аналогичны тяговому режиму.

Таблица 1.4 – Последовательность включения контакторов в режиме ЭДТ

№ позиции	R _{пуск} , Ом	K2	K4	K10	K12	K14	K16	K18	K20	K22	K24	K26	K1	K3	K9	K11	K13	K15	K17	K19	K21	K23	K25	
1	2,18 33	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	
2	1,64 11	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3	1,42 12	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+
4	1,33 50	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
5	1,20 98	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
6	1,00 15	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+
7	0,89 47	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+
8	0,81 61	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+
9	0,65 60	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+
1	0,57	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+

путем изменения алгоритма включения линейных контакторов. При выводе из работы тяговых электродвигателей М1 и М2 контакторы К27, К29...К31 не включаются. Цепь питания тяговых электродвигателей М3 и М4 создается путем включения контактора К28. При выводе из работы тяговых электродвигателей М3 и М4 контакторы К29, К30, К32, К34 не включаются. Цепь питания тяговых электродвигателей М1 и М2 создается путем включения контактора К33. Последовательность включения линейных контакторов электровоза при нормальной эксплуатации и в аварийных ситуациях показана в таблице 1.2. На последовательно-параллельном соединении секция с хотя бы одним неисправным тяговыми двигателями М1...М4 полностью выводится из работы. При выходе из строя статических преобразователей А7 и А8, цепь питания обмоток возбуждения ТЭД отключается режимным переключателем QR2. Тяговые двигатели переключаются на последовательное возбуждение. Контакторы К31 и К32 при этом не включаются. Регулирование магнитного поля тяговых двигателей при последовательном возбуждении не работает.

2 Описание схемы вспомогательных цепей

2.1 Общие сведения

Вспомогательные цепи каждой секции электровоза 2ЭС6 (рисунок 1) включают в себя: преобразователь собственных нужд ПСН-210-03, один трехфазный асинхронный электродвигатель компрессора М13, два трехфазных асинхронных электродвигателя М14 и М15 вентиляторов охлаждения тяговых двигателей, четыре трехфазных асинхронных электродвигателя М16...М19 мультициклонных фильтров системы охлаждения тяговых двигателей. ПСН-200 состоит из следующих блоков: А1 – блок защиты; А2 – статический преобразователь СТПр-1000; А4 – статический преобразователь СТПр-600; А5 – шкаф ПЧ и ЗУ; Вспомогательные цепи получают питание от статического преобразователя ПСН-210-03, питающийся от контактной сети 3 кВ и имеющий ряд выходных каналов: – каналы №№ 1...3 выдают переменное 3-х фазное напряжение, с регулировкой по напряжению от 0 до 380 В и частоте от 2,5 до 50 Гц для питания асинхронных двигателей вспомогательных машин; 18 – канал № 4 выдает переменное 3-х фазное напряжение 380 В для питания системы микроклиматом кабины машиниста; – канал № 5 выдает постоянный ток напряжением 90...130 В для зарядки аккумуляторной батареи; – канал № 6 выдает постоянный ток напряжением 110 В для питания цепей управления и собственных нужд электровоза; – каналы № 7, 8 предназначены для питания обмоток возбуждения ТЭД; Управление асинхронными вспомогательными машинами осуществляется путем подачи соответствующих сигналов от МПСУ и Д к системе управления преобразователем ПЧ ПСН-210-03.

Включение асинхронных двигателей вентиляторов охлаждения ТЭД возможно и от внешнего источника питания трехфазного тока напряжением 380В через внешние розетки. Для плавного пуска в работу ПСН в его цепи включены резисторы: пусковой R11, который шунтируется через 3 с после подачи напряжения на ПСН-210-03, и демпферный R10, постоянно включенный в цепь питания. Для защиты цепи питания статического преобразователя используется дифференциальное реле КА-2. Срабатывание дифференциального реле приводит к отключению быстродействующего выключателя QF1. Рабочее положение рукоятки переключателей резервирования QR1...QR6 блоков ПСН-210-03 верхнее.

2.2 Цепь питания преобразователя собственных нужд ПСН-210-3

Питание преобразователя ПСН-210-3 от контактной сети 3 кВ осуществляется по цепи (рисунок 2): токоприемник ХА1, провод 001, разъединитель QS1, провод 002, дроссель L1, провод 003, силовой контакт быстродействующий выключатель QF1, провод 006, катушка дифференциального реле КА2 (выводы 12 и 11), провод 800, демпферный резистор R10, провод 801, контакт контактора КМ1, провод 802, контакт контактора КМ2 шунтирующий пусковой резистор R11, провод 803, блок защиты А1, провод 804, контакт разъединителя QS6, провод 20 818, катушка дифференциального реле КА2 (выводы 14 и 13), провод 819, шунт RS5, провод 062, шунт RS6, провод 063, токосъемные устройства колесных пар ХА2, ХА3, ХА4, ХА5, рельсовая цепь. Разъединитель QS6 служит для вывода из работы ПСН при его неисправности или по другим причинам.

2.3 Цепи питания асинхронных электродвигателей

Трехфазный асинхронный двигатель М13 мотор-компрессора получает питание по цепи (рисунок 2): выход канала №1 преобразователя А5, кабель 807, статор асинхронного двигателя М13. Система охлаждения тяговых двигателей на каждой секции включает в себя два асинхронных двигателя мотор-вентиляторов М14 и М15. Для очистки охлаждающего воздуха тяговых двигателей применена система модулей мультициклонных фильтров с четырьмя асинхронными электродвигателями М16...М19, включенных параллельно двигателям мотор-вентиляторов М14 и М15 через автоматические выключатели SF21 и SF22 соответственно. Трехфазный асинхронный двигатель мотор-вентилятора М14 (М15) получает питание по цепи (рисунок 2): выход канала №2 (№ 3) преобразователя А2-5, кабель 809 (811), контакт переключателя QS4 (QS5) для включения мотор-вентиляторов от внешнего источника питания, кабель 810 (812), статор асинхронного двигателя мотор-вентилятора М14 (М15). Асинхронные двигатели модулей мультициклонных фильтров системы охлаждения тяговых двигателей М16,

M17 (M18, M19) получают питание по цепи (рисунок 2): контакты автоматического защитного выключателя SF21 (SF22), кабель 813 (814), статоры двигателей M16, M17 (M18, M19). Асинхронные двигатели вспомогательных машин, кроме моторкомпрессора, можно запитать от внешнего источника трехфазного переменного тока напряжением ~380В, подав его на розетку X5-1 или X5-2. 21 Перед включением асинхронных двигателей необходимо перевести переключатели QS4 и QS5 в положение «Стационарное питание вспомогательных машин» (верхнее положение рукоятки переключателя). При установке выключателя управления (ВУ) S1 «Стационарное питание» в положение «Вкл» получает питание магнитный пускатель КМ3 по цепи: «фаза» розетки X5-1 (X5-2), провод 703, контакт ВУ S1, провод 705, катушка магнитного пускателя КМ3, провод 706, «ноль» розетки X5-1 (X5-2). Пускатель КМ3 включается и замыкает свои силовые контакты между проводами 805 и 806.

2.4 Цепи питания двигателей мотор-вентиляторов охлаждения пуско-тормозных резисторов (ПТР)

Двигатели мотор-вентиляторов (МВ) M11 и M12 для охлаждения блоков пуско-тормозных резисторов R3 и R4 включены в цепь тяговых двигателей. При следовании электровоза на реостатных позициях двигатели МВ M11 и M12 включаются в цепь ТЭД параллельно части блока пускового резистора (рисунок 2). Их запуск происходит автоматически при наличии напряжения на резисторах (режим «Тяга» на неходовых позициях или режим «ЭДТ»). По мере набора позиций и выводе из работы части пуско-тормозных резисторов снижения скорости вращения МВ не происходит. Это достигается изменением схемы включения МВ, которая предусматривает два варианта: - вариант 1 - включены контакторы К7 и К8, (отвод резистора); - вариант 2 - включены контакторы К5 и К6. (полный резистор). Переключение контакторов с одной схемы на другую производится со сдвигом во времени равным не менее 2 с.

3 Описание цепей управления

3.1 Схема питания цепей управления и заряда аккумуляторной батареи

Источником стабилизированного напряжения 110 В для питания цепей управления электровоза служат аккумуляторные батареи GB1 и GB2 (далее АБ), а также статический преобразователь А5 (шкаф ПЧ ПСН-210-03). Его канал № 6 выдает постоянный ток напряжением 110 В (рисунок 3, вкладка 2). Питание цепей управления, освещения и сигнализации осуществляется от выходного канала № 6 ПСН постоянным током напряжением 110 В. При неработающем ПСН-200 питание цепей управления и освещения может

осуществляться от АБ GB1 и GB2, либо от внешнего источника питания через наружные низковольтные розетки X6 и X7.

Система автоматического пожаротушения получает питание непосредственно от АБ через автоматический выключатель SF18. Напряжение от АБ поступает по следующей цепи: плюсовой вывод АБ GB2, провод 308, АБ GB1, провод 304А, автоматический выключатель SF19, провод 300, и далее по двум параллельным ветвям. Первая ветвь: провод 300, автоматические выключатели источников питания: SF10 - G1 (приборы безопасности); SF11 - G2 (первый канал системы МПСУ и Д); SF9 - G3 (второй канал системы МПСУ и Д); SF13 - G4 (схема УКТОЛ). Вторая ветвь: контакт контактора KM18, провод 301. От 301 провода получают питание цепи питания освещения кабины, высоковольтной камеры, машинного отделения, шкафов низковольтной аппаратуры и приборов безопасности, так же низковольтные розетки 110 В X8...X11. Для контроля напряжения цепей управления оно через предохранитель FU3 по проводу 313 подается на вольтметр PV3 пульта управления в кабине машиниста. Далее обе ветви объединяются проводом 600 и образуется цепь: контакт автоматического выключателя SF19, провод 305А, шунт RS8 цепи АБ, провод 103, минусовой вывод АБ GB2. После установки выключателя цепей управления (ВЦУ) «Управление» в положение «Включено» создается цепь (рисунок 4): +50 В от источника питания локомотивного (ИП-ЛЭ-110/50) G2 и G3, провод 514, катушки электромагнитных контакторов KM10 (KM11), провод 298 (299), общий вывод 50 В БЦВ SWG1 (SWG2). Контактors KM10 и KM11 всех секций включаются, замыкая свои силовые контакты между проводами 301 и 302, а также 600 и 600А (600Б). От провода 302 питание 110 В поступает в следующие цепи: 25 управления электровозом и вспомогательными машинами; вспомогательного компрессора и пульта управления тормозного компрессора; сигналов «Свисток» и «Тифон»; «Выбег»; ламп освещения ходовых частей и буферных фонарей; ламп прожектора, подсветки кабины и приборов пульта управления; преобразователя напряжения постоянного тока 110/24 В G5; обогрева спускных кранов и продувки главных резервуаров; обогрева бака умывальника и освещения туалетного помещения. Схема питания 110 В цепей управления и собственных нужд является двухпроводной и изолированной от корпуса электровоза. Провод 600 является общим проводом. Для зарядки АБ служит выходной канал № 5 ПЧ ПСН-200, выдающий постоянный ток заряда напряжением 90...130 В. После включения ПСН-200 напряжение 110 В с выходного канала № 6 подается на катушку контактор KM18 по цепи (рисунок 2): контактный зажим 6.2 ПЧ ПСН (+110 В), провод 303, катушка контактора KM18, провод 600, шунт RS9 цепей управления, провод 168, контактный зажим 6.1 ПЧ ПСН (общий вывод 110 В). Контактор KM18 включается, разрывая своим контактом цепь между

проводами 300 и 301. Происходит отключение АБ от питания цепей управления электровоза и начинается ее зарядка. Зарядка АБ осуществляется по цепи: контактный зажим 5.1 ПЧ ПСН (плюсовой вывод), провод 300, контакт автоматического выключателя SF19, провод 304А, «плюс» АБ GB1, «минус» АБ GB1, провод 308, «плюс» АБ GB2, «минус» АБ GB2, провод 103, шунт RS8 амперметра РА2, провод 305А, контакт автоматического выключателя SF19, провод 600, контактный зажим 5.2 ПЧ ПСН (минусовой вывод). В дальнейшем питание цепей управления электровоза осуществляется от выходного канала № 6 ПЧ ПСН-200 по цепи: контактный зажим 6.2 ПЧ ПСН (+110 В), провод 303. Провод 303 служит для подачи напряжения 110 В на блок коммутации А5 системы микроклимата. От провода 303 через диод VD132 получают питание цепи управления, запитанные от провода 301, а через силовые контакты контакторов КМ10 и КМ11 – запитанные от провода 302. Для контроля величины напряжения цепей управления от 301 провода через предохранитель FU3 напряжение поступает по проводу 313 на вольтметр PV3 пульта управления.

3.3 Цепи управления электродвигателем вспомогательного компрессора.

Для подачи напряжения 110 В в цепь управления вспомогательным компрессором необходимо включить автомат SF3 «Вспомогательный компрессор», расположенный на панели автоматов в шкафу МПСУ и Д. Включается электропневматический клапан КЭП11 по цепи (рисунок 5): провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF3, провод 569, катушка электропневматического клапана КЭП11, провод 600. Управление работой электродвигателя М8 вспомогательного компрессора осуществляется кнопкой SB1 «Вспомогательный компрессор», расположенной на пульте управления. 28 При включении кнопки SB1 создается цепь: провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF3, провод 569, контакт кнопка SB1, провод 568, катушка электромагнитного контактора КМ16, провод 600. Контакт КМ16 включается и двигатель вспомогательного компрессора М8 получает питание по цепи: провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF3, провод 569, силовой контакт электромагнитного контактора КМ16, провод 519, двигатель вспомогательного компрессора М8, провод 600.

3.4 Цепи управления токоприемниками, заземлителями и разъединителями

Подъем токоприемников происходит после установки одного или нескольких переключателей «Токоприемники» SB15 – «Секция 1», SB16 – «Секция 2», SB17 – «Секция 3» и SB18 – «Секция 4» в положение «Вкл». Подъем токоприемника и включение разъединителя возможно только при выполнении следующих условий: - БВ QF1 находятся в выключенном состоянии или имеется сигнал о наличии напряжения контактной сети Uks; - есть сигналы о закрытых дверях высоковольтных камер ВВК-1, ВВК-2 и люках выхода на крышу всех секций; - есть сигналы о выключенных заземлителях QS2 всех секций; - ножи переключателя Q1 перевода силовой цепи на деповское питание от розеток X21 и X22 всех секций установлены в положение нормальной эксплуатации; - число поднятых токоприемников не превышает 2-х; - отсутствует аварийный сигнал в БВС № 2 МПСУ и Д от системы автоматического пожаротушения по проводу 322А (рисунок 6). Контроль выполнения операций по закрытию дверей камер ВВК и люков выхода на крышу, а так же положение переключателя Q1 на всех электровоза секций осуществляет реле РП1. В цепи катушки РП1 включены блок-контакты электромеханических блокировок QП1 и QП2 (дверей камер ВВК-1 и ВВК-2 соответственно), QП3 (люка выхода на крышу), Q1 (переключателя перевода силовой цепи на деповское питание) и QS2 (заземлителя силовой цепи). Для поднятия токоприемников необходимо установить переключатель ВЦУ «Управление» в положение «Включено», а затем переключатель (переключатели) «Токоприемники» в положение «Вкл». Под управлением системы МПСУ и Д происходит поднятие токоприемника (токоприемников) в следующей последовательности (рисунок 6): получает питание катушка вентиля заземлителя QS2-2 «Выкл» по цепи: провод 301 (+110 В), контакты электромагнитных контакторов КМ10 и КМ11, провод 302, контакт выключателя автоматического SF1, провод 320, катушка вентиля заземлителя QS2-2, провод 643, БУК-3 № 13, провод 600. Заземлитель выключается, замыкается его блок-контакт QS2 между проводами 320 – 638 и система МПСУ и Д через БВС № 2 получает сигнал о выключении заземлителя;

- размыкается блок-контакт заземлителя QS2 между проводами 320 и 388. Электромагниты YAB1...YAB5 теряют питание и блокируют двери ВВК-1 и ВВК-2, а также люк выхода на крышу электровоза. Размыкается блок-контакт QS2 между проводами 347 и 600. При этом теряет питание катушка РП1, подготавливая цепь включения клапана подъема токоприемника КЭП1;
- получает питание катушка разъединителя QS1-1 «Вкл» по цепи: провод 320 (+110 В), блок-контакт заземлителя QS2, провод 638, катушка вентиля разъединителя QS1-1 «Вкл», провод 382, контакт переключателя SA1 (положение «Вкл»), провод 639, БУК-3 № 13, провод 600. Разъединитель QS1 включается, размыкается его блок-контакт QS1 между проводами 320 – 641 в цепи катушки

включающего вентиля заземлителя QS2-1. Система МПСУ и Д получает сигнал о включении разъединителя QS1 через БВС № 2;

-получает питание катушка электропневматического клапана КЭП1 подъема токоприемника по цепи: провод 320 (+110 В), контакт электромеханической блокировки QП1 (двери ВВК-1), провод 321, контакт электромеханической блокировки QП2 (двери ВВК-2), провод 321А, контакт электромеханической блокировки QП3 (люк выхода на крышу), провод 322, контакт реле РП1, провод 323, контакт выключателя управления пневматического ВУП1, провод 324, катушка электропневматического клапана КЭП1, провод 325, контакт тумблера SA1 (положение «Вкл.»), провод 326, БУК-3 № 3 МПСУ и Д, провод 600. Срабатывая, клапан КЭП1 открывает доступ воздуха к токоприемнику. В БВС № 2 МПСУ и Д поступает сигнал о подъеме токоприемника по проводу 324. При незаблокированной камере ВВК или открытом люке или в случае потери цепи по контактам электромеханических блокировок QП1, QП2, QП3 или переключателя Q1, находящемся в положении ввода электровоза под пониженным напряжением, в любой секции, получают питание катушки реле РП1, которые размыкают свои контакты между проводами 322 и 323 в цепи катушки клапана электропневматического КЭП1. Подъем токоприемников становится невозможен. При поднятых токоприемниках в случае появления цепи по контактам электромеханических блокировок QП1 или QП2 или QП3 или Q1 в любой секции, либо отсутствия контроля напряжения на электропневматическом клапане КЭП1 (сигнал в систему МПСУ и Д по проводу 324 «Контроль подъема токоприемника») более 0,4 секунды, произойдет отключение БВ всех секций и опускание токоприемников. По команде «опускание токоприемника на секции N» на соответствующей секции выключается клапан КЭП1, выключается катушка вентиля QS1-1 (разъединитель включен) и через 7,5 секунд включается катушка вентиля QS1-2 (разъединитель выключен). Включение заземлителей QS2 всех секций производится, если выполняются условия: - отсутствуют команды «подъем токоприемника на всех секциях имеющихся в сцепе электровоза»;

- отсутствует напряжение контактной сети U_{кs} на всех секциях сцепа;

- выключена кнопка «БВ»; - имеются сигналы о выключенных разъединителях на всех секциях, имеющихся в сцепе. Тумблер SA1 «Токоприемник» имеет два положения:

- «Вкл» - работа под управлением системы МПСУ и Д;

- «Выкл» - для отключения токоприемника в случае его повреждения или по другим причинам. При установке тумблера SA1 «Токоприемник» в положение «Выкл» для удержания разъединителя QS1 в выключенном

состоянии образуется цепь: провод 320 (+110 В), катушка разъединителя QS1-2 «Выкл», провод 640, контакт тумблера SA1 (положение «Выкл»), провод 639, БУК-3 № 13 МПСУ и Д, провод 600.

3.5 Цепи управления быстродействующими выключателями

Для подачи напряжения 110 В в цепи управления быстродействующим выключателем (БВ) QF1 необходимо включить автоматический выключатель SF1 «Управление» и SF4 «Управление силовыми цепями». Включение БВ QF1 производится кнопкой SB30 – «Быстродействующий выключатель», смотри рисунок 8. Включение БВ QF1 на электровозе, вводимом в рабочее состояние, возможно только при выполнении следующих условий:

- переключатель ВЦУ «Управление» установлен во включенное положение;
- имеется напряжение на электропневматических вентилях КЭП1 всех поднятых токоприемников (контролируется МПСУ и Д);
- имеется напряжение в контактной сети;
- быстродействующие контакторы К41 и К42 включены;
- дифференциальные реле КА1 и КА2 включены;
- отсутствует сигнал аварийного состояния блока защиты А1;
- отключен тяговый и тормозной режимы ТЭД.

Внимание. При включении одного из выключателей SB15...SB18 «Токоприемники» пантограф не поднялся, следует выключить данный выключатель, так как алгоритм включения быстродействующего выключателя не будет соблюден. При необходимости проверить работу аппаратуры (в тестовом режиме под «низким напряжением») возможно включение БВ, если выполняются следующие условия:

- напряжение датчика контактной сети меньше 200 В;
- опущены все токоприемники;
- разблокирована (открыта) одна из ВВК электровоза.

Принудительное выключение БВ можно производить в любой момент, при этом все операции по разбору схемы тягового режима, электрического торможения и выключению вспомогательных машин будут выполнены в автоматическом режиме и безопасной последовательности. При повторном включении или выключении БВ кнопки включения вспомогательных машин

необходимо выключить, для снятия блокировок со стороны МПСУ и Д, а затем повторно включить.

При включении кнопки SB30 «Быстродействующий выключатель», система МПСУ и Д замыкает цепь питания катушки реле РП9 (рисунок 7). Реле РП9 через свой контакт между проводами 320 и 327 подготавливает цепь питания катушек электромагнита и электропневматического вентиля БВ QF1, а так же цепь подпитки катушек реле дифференциальной защиты (далее РДЗ) тяговых электродвигателей КА1 и ПСН-200 КА2. Далее система МПСУ и Д на 2 секунды замыкает цепь питания катушки контактора КМ17 по цепи: провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF1, провод 320, контакт контактора КМ1 (ПСН выключен), провод 339, катушка контактора КМ17, провод 340, БУК-3 № 13, 600 провод. Контактор КМ17 включается и замыкает свой силовой контакт в цепях:

- реле дифференциальной защиты КА1 и КА2;
- включающих электромагнитах БК К41 и К42;
- «Включение защиты» блока А1 ПСН-200.

Включается РДЗ КА1 (КА2) по цепи: провод 320 (+110 В), контакт контактора КМ17, провод 334, добавочный резистор R134, диод VD167 (VD168), провод 336 (338), катушка реле КА1 (КА2), провод 600. РДЗ КА1 включается и замыкает свой контакт между проводами 327 и 328. РДЗ КА2 включается и замыкает свой контакт между проводами 328 и 329. Если оба быстродействующих контактора КА41 и КА42 сработали и стоят на защелке, образуется цепь: провод 320 (+110 В), контакт контактора КМ17, провод 334, блок-контакт К41, катушка электромагнита К41, провод 394, блок-контакт К42, катушка электромагнита К42, провод 600. Быстродействующие контакторы К41 и К42 взводятся и замыкают свои блокконтакты между проводами 329 – 331 в цепи БВ QF1. Получают питание электромагнит и электропневматический вентиль БВ QF1 по цепи: провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF1, провод 320, контакт реле РП9, провод 327, контакт РДЗ КА1, провод 328, контакт РДЗ КА2, провод 329, контакт быстродействующего контактора К41, провод 330, контакт быстродействующего контактора К42, провод 331, контакт блока защиты ПСН-200 А1, провод 354 и далее двумя ветвями. Первая ветвь: катушка электромагнита БВ, провод 2 (2БП.274.118. Схема электрическая ВАБ-55), вспомогательный контакт БВ QF1, провод 332, тумблер «БВ» SA2 (положении «Вкл»), провод 600. Электромагнит БВ QF1 включается. Вторая ветвь: диод VD131, провод 335, катушка вентиля электропневматического БВ QF1, провод 600. Подвижная часть БВ под действием воздуха перемещается и БВ QF1 включается. При этом замыкается его вспомогательный контакт

между проводами 327 и 335 в цепи питания электропневматического вентиля QF1. Размывается вспомогательный контакт БВ, шунтирующий резистор R133, через который происходит подпитка катушки электромагнита при включенном БВ. Через 2 секунды, после включения кнопки «Быстродействующий выключатель», теряет питание электромагнитный контактор КМ17. Дифференциальные реле КА1 и КА2 встают на удержание по цепи: провод 320 (+110 В), контакт реле РП9, провод 327, резистор R139 (R140), провод 317 (318), резистор R102 (R104), провод 336 (338), катушка дифференциального реле КА1 (КА2), провод 600. Нахождение БВ во включенном состоянии контролируется системой МПСУ и Д по цепи: провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF4, провод 360, вспомогательный контакт БВ QF1, провод 400, вход БВС № 2 МПСУ и Д. При выключении кнопки «Быстродействующий выключатель», перед выключением реле РП2, сначала производится отключение тягового и тормозного режима ТЭД, а также ПСН. При наличии напряжения контактной сети величиной больше 4100 В продолжительностью более 0,3 секунды производится выключение БВ аналогично отключению его кнопкой. Тумблер SA2 «БВ» имеет два положения: «Вкл» - работа под управлением системы МПСУ и Д; «Выкл» - отключения БВ.

3.6 Цепи управления включением ПСН-210-03

Для подачи напряжения 110 В в цепи управления включением ПСН необходимо включить автоматический выключатель SF4 («Управление силовыми цепями»), расположенный на панели автоматов в шкафу МПСУ и Д. Включением ПСН управляет система МПСУ и Д. Через 3 секунды после выключения контактора КМ17 включается контактор КМ1 (1-я ступень пуска ПСН) по цепи (рисунок 8): провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF4, провод 360, контакт вспомогательного контакта БВ QF1, провод 400, контакт тумблера SA17 «ПСН» (положение «Вкл»), провод 385, контакт реле А2-1 (РН-3000(1)), провод 386, контакт реле А2-2 (РН-3000(2)), провод 387, катушка электромагнитного контактора КМ1, провод 373, БУК-3 №11, провод 600. Контактор КМ1 включается и замыкает свой силовой контакт в цепи питания ПСН 3кВ. Через 2 секунды система МПСУ и Д выдает команду на включение контактора КМ2 (2-я ступень пуска ПСН), шунтирующего пусковой резистор R11 в цепи питания ПСН. Если через 1 секунду, после включения КМ2, не появился сигнал «Контроль ПСН», производится выключение контакторов КМ1 и КМ2. Повторное включение ПСН производится только после выключения БВ. Если при включенном

ПСН сигнал «Контроль ПСН» пропадает на время более 0,5 секунды производится выключение контакторов КМ1 и КМ2 аналогично. Контроль включенного состояния ПСН системой МПСУ и Д осуществляется через замкнутые вспомогательные контакты контакторов КМ1 и КМ2 по проводам 379 и 380 соответственно. При установке тумблера SA17 в положение «Выкл» ПСН данной секции не включается. При выводе из работы регулятора напряжения А2-1 РН-3000 (1) или А2-2 РН-3000 (2) переключателями QR1 либо QR2 их блокировки замыкают цепь включения контактора КМ1.

3.7 Цепи управления мотор-компрессором. Блок управления МК

Для подачи напряжения 110 В в цепь блока управления мотор-39 компрессором (МК) необходимо включить автоматический выключатель SF3), расположенный на панели автоматов в шкафу МПСУ и Д. После включения ВЦУ подается напряжение 110 В на блок управления компрессором М13 по проводу 569. Через 30 секунд включается дроссельный клапан Y1 (рисунок 9) для исключения утечки сжатого воздуха из питательной магистрали электровоза. Подача напряжения на двигатель МК с ПЧ ПСН (рисунок 8) возможно только при следующих условиях:

- включен быстродействующий выключатель;
- отсутствует команды «Возврат защиты»;
- есть сигнал «Контроль ПСН» (включены контакторы КМ1, КМ2);
- есть сигнал «Готовность МК» от блока управления МК на БВС № 1.

При включении на пульте управления кнопки SB27 «Компрессоры» или SB11 «Принудительное включение компрессора» и давлении в напорной магистрали любой секции менее 0,74 МПа (7,5 кгс/см²) подается команда на включение реле РП11. Так же поступает команда в ПЧ ПСН на включение электродвигателя МК. Величина уставки частоты питающего напряжения двигателя МК плавно увеличивается до 50 Гц (100 %), за время, определяемое программой преобразователя частоты ПСН. Отключение МК происходит при достижении давления в напорной магистрали любой секции величины 0,88 МПа (9,0 кгс/см²), если включение производилось по команде «включение МК». Если включение производилось по команде «Включение МК принудительно», то отключение происходит при снятии этой команды путем отключения кнопки SB11 «Принудительное включение компрессора». После отключения МК на 30 секунд остается отключенным дроссельный

клапан У1 для разгрузки компрессора. Схема цепей блока управления компрессором показана на рисунке 9. Блок управления компрессорной установкой предназначен для 41 управления, визуального контроля параметров, защитных блокировок, защитного отключения установки при выходе контролируемых параметров за предельно-допустимые значения, оперативной и аварийной световой сигнализации. Блок управления обрабатывает входные сигналы, в том числе:

аналоговые:

- температура масловоздушной смеси на выходе компрессора, 0С;
- температура масла в маслоотделителе, 0С;
- давление сжатого воздуха, МПа.

дискретные:

- кнопка включения нагревателей масла;
- включение главного двигателя компрессора;
- перепад давления на сепараторе;
- сброс индикации технического обслуживания (смена масла).

Для индикации состояния компрессора на монитор пульта управления машиниста выдается информация о готовности, предаварийных или аварийных ситуациях в работе. Блок управления снабжен энергонезависимой памятью, в которой запоминаются аварийные отключения и значения всех параметров с привязкой к моточасам. При необходимости, архив аварий может быть извлечен с помощью IBM-совместимой ЭВМ по последовательному каналу. Устройство имеет встроенный импульсный источник питания, который сохраняет работоспособность при постоянном напряжении питания 60...180 В. Диапазон рабочих температур блока управления МК от минус 40 до плюс 60 °С.

Внимание. При температуре окружающей среды от минус 40 до минус 25 °С блок управления МК отключен от источника питания. При таких температурах внутренний датчик температуры блока включает встроенный нагреватель, и после достижения внутри корпуса температуры минус 25 °С автоматически подает питание на блок управления.

Расположение элементов индикации на блоке управления МК показано на рисунке 10. На лицевой панели блока управления МК располагаются:

- 1 – семисегментный индикатор температуры масловоздушной смеси на выходе компрессора, °С;

- 2 – семисегментный индикатор температуры масла в маслоотделителе, °С;
- 3 – семисегментный индикатор давления сжатого воздуха, МПа;
- 4 – семисегментный индикатор индикации моточасов, мин;
- 5 – единичный индикатор – «Напряжение подано»;
- 6 – единичный индикатор – «Подогрев включен»;
- 7 – единичный индикатор – «Компрессор работает»;
- 8 – единичный индикатор – «Клапаны включены»;
- 9 – единичный индикатор – «Перепад давления на сепараторе»;
- 10 – единичный индикатор – «Авария» - тэны включены. Дублирование индикации машиниста в контроллере:
- 11 – единичный индикатор К1 – «Готовность к работе»;
- 12 – единичный индикатор К2 – «Предупреждение об аварии»;
- 13 – единичный индикатор К3 – «Авария».

3.8 Цепи управления мотор-вентиляторами

3.8.1 Мотор-вентилятор охлаждения пуско-тормозных резисторов

Мотор-вентиляторы пуско-тормозных резисторов (М11 и М12) включаются автоматически при наличии напряжения на резисторах (режим «Тяга» на неходовых позициях или режим «ЭДТ»). Двигатели вентиляторов ПТР могут включаться по двум вариантам (рисунок 11): включены контакторы К7 и К8 (отвод резистора); включены контакторы К5 и К6 (полный). Переключение контакторов с одной схемы на другую производится со сдвигом во времени на 2 секунды. На позициях 1...19, 24...38 двигатели вентиляторов ПТР включаются по варианту 1. На позициях 20...22, 39...43, 60...64 двигатели вентиляторов ПТР включаются по варианту 2. На остальных позициях согласно таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Условия переключения двигателей вентиляторов по величине тока якоря тяговых двигателей

Позиция	Условие переключения со схемы по варианту 1 на схему по варианту 2	Условие переключения со схемы по варианту 2 на схему по варианту 1
Последовательное соединение ТЭД (С-соединение)		
20	Независимо от тока якоря	
Последовательно – параллельное соединение ТЭД (СП - соединение)		
39	Независимо от тока якоря	
Параллельное соединение ТЭД (П - соединение)		
45	$I_a \leq 200A$	$I_a > 250A$
46	$I_a \leq 200A$	$I_a > 250A$
47	$I_a \leq 300A$	$I_a > 350A$
48	$I_a \leq 300A$	$I_a > 350A$
49	$I_a \leq 300A$	$I_a > 350A$
50	$I_a \leq 300A$	$I_a > 350A$
51	$I_a \leq 300A$	$I_a > 350A$
52	$I_a \leq 380A$	$I_a > 450A$
53	$I_a \leq 380A$	$I_a > 450A$
54	$I_a \leq 380A$	$I_a > 450A$
55	$I_a \leq 470A$	$I_a > 650A$
56	$I_a \leq 550A$	$I_a > 650A$
57	$I_a \leq 550A$	$I_a > 650A$
58	$I_a \leq 650A$	$I_a > 550A$
59	$I_a \leq 650A$	$I_a > 750A$

Переключение двигателей вентиляторов со схемы по варианту 1 на схему по варианту 2 производится, если указанные в таблице условия выполняется более 2 секунд, а переключение со схемы по варианту 2 на 45 схему по варианту 1 без задержки. В тестовом режиме (при отсутствии напряжения контактной сети) на 1-й позиции включаются контакторы К7 и К8, а на позициях 2-й и выше – К5 и К6.

3.8.2 Мотор-вентилятор охлаждения тяговых двигателей

Включение МВ охлаждения тяговых двигателей (М14 и М15) возможно только при включенном БВ, отсутствии команды «Возврат защиты» и при наличии сигнала «Контроль ПСН » (включены контакторы КМ1, КМ2). При включении на пульте управления кнопки SB28 «Вентиляторы» (рисунок 11) дается команда в ПСН на включение мотор-вентиляторов охлаждения ТЭД. Скорость вращения МВ изменяется в зависимости от величины тока в цепи ТЭД. Это происходит за счет регулирования частоты питающего напряжения с ПЧ ПСН. При величине тока в цепях тяговых электродвигателей не более 200 А, а также для МВ соответствующих отключенным ТЭД, задается скорость вращения мотор-вентилятора (уставка МВ) равная 12 Гц (25 %). Изменение уставки МВ производится: - при изменении тока от 200 до 380 А происходит плавное увеличение частоты от 12 до 20 Гц (25 – 40 %); - при изменении тока ТЭД от 380 до 480 А происходит плавное увеличение частоты от 20 до 50 Гц (40 – 100 %).

3.9 Цепи управления реверсивным и режимным переключателями

3.9.1 Управление переключателем реверсивным

Для управления переключателем реверсивным QP1 необходимо установить переключатель SA41 «Реверсор» на пульте управления в положения «Вперед» или «Назад». Система МПСУ и Д производит перевод реверсивного переключателя с одного положения в другое только для схемы находящейся в состоянии соответствующем «0» позиции, с учетом 47 ориентации относительно предстоящего движения различных секций электровоза. Для подачи напряжения 110В в цепь управления необходимо включить автоматический выключатель SF4 «Управление силовыми цепями» (рисунок 12), расположенный на панели автоматов в шкафу МПСУ и Д. После установки переключателя SA41 в одно из положений («Вперед» или «Назад») получают питание электромагнитные вентили реверсивных переключателей по цепи (рисунок 12): провод 302 (+110 В), автоматический выключатель SF4, провод 360, вентиль реверсора QP1в («Вперед») или QP1н («Назад»), провод 365 (368), БУК-3 № 2, провод 600. Реверсор разворачивается в соответствующее положение. Система МПСУ и Д через БВС № 1 контролирует положение реверсора по замыканию его вспомогательных контактов: QP1в - положение «Вперед» по проводу 439;

QR1н - положение «Назад» по проводу 440. Для исключения поворота реверсивного переключателя под током, после его установки в одно из положений и включения линейных контакторов, образуется дополнительная цепь питания соответствующего вентиля переключателя. Подпитка осуществляется через вспомогательные контакты линейных контакторов K27 или K28 по цепи (рисунок 12): провод 302 (+110 В), автоматический выключатель SF4, провод 360, катушка электромагнитного вентиля QR1в (QR1н), провод 365 (368), вспомогательный контакт реверсивного переключателя QR1в (QR1н), провод 366 (397), диод VD169 (VD173), провод 364, вспомогательный контакт контактора K27 (K28), провод 367, диод VD170 (VD171), провод 600А (600Б), вспомогательный контакт электромагнитного контактора KM10 (KM11), провод 600.

3.9.2 Управление переключателем режимным.

На рисунках 8 и 12 переключатели QR1 и QR2 резервирования 48 регуляторов напряжения РН-3000 показаны при работе тяговых электродвигателей в режиме «Независимое возбуждение ТЭД». Система МПСУ и Д контролирует положение переключателей через БВС № 2 по проводу 389. После установки одного из этих переключателей в нижнее положение, система МПСУ и Д автоматически переводит режимный переключатель в положение «Последовательное возбуждение ТЭД» по цепи: провод 302 (+110 В), автоматический выключатель SF4, провод 360, вентиль режимного переключателя QR2П «Последовательное», провод 371, БУК-3 № 7, провод 600. Режимный переключатель разворачивается в положение соответствующее последовательному возбуждению тяговых двигателей. Для перехода в режим последовательного возбуждения при работающих регуляторах напряжения РН-3000 служит тумблер SA19 «Независимое возбуждение». При установке тумблера SA19 в положение «Выкл» система МПСУ и Д переводит режимный переключатель на последовательное возбуждение ТЭД. Система МПСУ и Д через БВС № 1 контролирует положение режимного переключателя по замыканию его вспомогательных контактов: QR2 Н - положение «Независимое» по проводу 375; QR2 П - положение «Последовательное» по проводу 376. Для исключения поворота режимного переключателя под током, после его установки в одно из положений и включения линейных контакторов, образуется дополнительная цепь питания соответствующего вентиля переключателя. Подпитка осуществляется через вспомогательные контакты линейных контакторов K27 или K28 по цепи: провод 302 (+110 В), автоматический выключатель SF4, провод 360, электромагнитный вентиль QR2Н (QR2П), провод 369 (371), вспомогательный контакт переключателя QR2Н (QR2П), диод VD174

(VD175) провод 370, диод VD172, провод 364, вспомогательный контакт контактора K27 (K28), провод 367, диод VD170 (VD171), провод 600А (600Б), вспомогательный контакт электромагнитного контактора KM10 (KM11), провод 600.

3.10 Цепи управления электровоза в режиме тяги.

3.10.1 Общие сведения.

Сбор схемы тягового режима возможен при следующих условиях:

- включен быстродействующий выключатель QF1;
- переключатель SA43 «Режим» находится в положении «Тяга»;
- переключатель SA41 «Реверсор» установлен в положение «Вперед» или «Назад»;
- режимные переключатели всех секций электровоза находятся в положении «Независимое» или «Последовательное»;
- наличие сигнала в систему МПСУ и Д по цепи «Выбег»;
- наличие сигнала в систему МПСУ и Д от САУТ (при включенной САУТ) о разрешении тяги;
- напряжение в контактной сети в пределах 2200...4000 В или в пределах 200...600 В при управлении электровозом через низковольтные розетки;
- при отсутствии напряжения контактной сети и открытой ВВК в одной из секций – для проверки действия схемы.

В тяговом режиме, если напряжение контактной сети не находится в пределах 2200...4000 В или в пределах 200...600 В более 3-х секунд система МПСУ и Д выполняет команду «Выбег» и разбор схемы. При напряжении более 4100В система МПСУ и Д выключает БВ. После сбора схемы режима тяги она может быть разобрана в следующих случаях:

- нарушение условий сбора схемы тягового режима, описанных выше;
- при отсутствии сигнала в системе МПСУ и Д о включении контакторов K30 и K36 от любой секции на последовательном соединении тяговых электродвигателей;

- при отсутствии сигнала в системе МПСУ и Д о включении контактора К30 от любой секции на последовательно-параллельном соединении тяговых электродвигателей;
- наличие в системе МПСУ и Д сигнала сильного боксования при выключенной кнопке SB14 «Отключение ПБЗ».

При собранной (собираемой) схеме режима тяги производится переход на ходовые позиции (0 или 23 или 44) в следующих случаях:

- при наличии сигнала сильного боксования;
- при наличии сигнала о токе якорей тяговых электродвигателей более 750А в течение 10 с.

Питание катушек электромагнитных вентилях линейных контакторов производится по цепи (рисунок 14): провод 302 (+110 В), выключатель автоматический SF4, провод 360, контакт быстродействующего выключателя QF1, провод 400, электромагнитные вентилях линейных контакторов, вывод БУК-3 (№№ 2, 7, 8, 14), провод 600. Набор (сброс) позиций производится после установки джойстика S45 «Тяга» в положение «+1» («-1») или «+А» («-А»). При этом система МПСУ и Д замыкает или размыкает цепь питания электромагнитных вентилях соответствующих данной позиции линейных и реостатных контакторов. Для последующего набора (сброса) позиций в ручном режиме необходимо джойстик «Тяга» после каждой установки в положение «+1» («- 1») возвращать в положение «0». Автоматический набор (сброс) позиций до первой ходовой осуществляется после установки джойстика «Тяга» в положение «+А» («-А»). При движении на выбеге со скоростью допускающей включение ходовой позиции по команде «+1» происходит сбор силовой схемы без включения реостатных контакторов на максимально возможном соединении ТЭД. Джойстик SA46 «Задатчик силы» осуществляет переключение режимов «Тяга - Торможение». С его помощью осуществляется задание требуемого тягово-тормозного усилия и набора позиций в автоматическом режиме. На последовательном возбуждении ТЭД джойстик «Задатчик силы» не используется. Переключатель SA43 «Фиксация скорости» задает режим поддержания скорости при движении на ходовых позициях тягового режима или при электрическом торможении. Управление электровозом при маневровой работе может производиться с пульта ПУ-МСУЛ при помощи двух кнопок: «+1» для набора и «-А» для сброса позиций (рисунок 13).

3.10.2 Управление тяговыми электродвигателями на последовательном соединении.

На первой позиции получают питание электромагнитные вентили линейных контакторов К27, К29...К32, К34 и К36 на всех секциях электровоза (рисунок 14). На головной секции получает питание электромагнитный вентиль контактора К39. На прицепной секции получает питание электромагнитный вентиль контактора К40. На последующих позициях последовательного соединения тяговых 53 электродвигателей, вплоть по 23 позицию, перечисленные выше линейные контакторы остаются включенными. Система МПСУ и Д производит включение реостатных контакторов в соответствии с таблицей 1 В систему МПСУ и Д поступают сигналы от вспомогательных контактов линейных контакторов. МПСУ и Д использует полученные сигналы для анализа правильности срабатывания линейных контакторов.

3.10.3 Управление тяговыми электродвигателями на последовательно-параллельном соединении.

Переход с последовательного соединения тяговых электродвигателей на последовательно-параллельное соединение (позиция 24) производится в четыре такта под управлением системы МПСУ и Д. В первом такте система МПСУ и Д включает часть реостатных контакторов и замыкает цепь питания реле РП2, которое через свой контакт замыкает цепь подпитки дифференциального реле тяговых электродвигателей КА1. Подпитка производится на протяжении всех четырех тактов и прекращается с выходом на 24 позицию. Реле КА1 получает дополнительное питание по цепи (рисунок 15): провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF1, провод 320, контакт реле РП2, провод 337, добавочный резистор R103, провод 336, катушка КА1, провод 600. Теряет питание электромагнитный вентиль контактора К36 шунтирующий переходные диоды VD7. Система МПСУ и Д осуществляет контроль по времени нахождения переходных диодов VD7 под током (до момента включения контакторов К37 и К38) по сигналам в проводах 407 и 423. Если по каким-то причинам имеется временная задержка нахождения диодов под током, система МПСУ и Д выключает все контакторы. Во втором такте получают питание электромагнитные вентили контакторов К37 и К38. В третьем такте теряют питание электромагнитные вентили контакторов К39 в головной секции и К40 в прицепной секции. В четвертом такте МПСУ и Д снимает питание с катушки реле РП2. На последующих позициях последовательно-параллельного соединения тяговых электродвигателей вплоть по 44-ю

позицию остаются под питанием электромагнитные вентили тех же линейных контакторов, что и на 24-й позиции. МПСУ и Д производит включение реостатных контакторов в последовательности представленной в таблице 1.1.

3.10.4 Управление тяговыми электродвигателями на параллельном соединении.

При переходе на 45-ю позицию параллельного соединения тяговых электродвигателей от МПСУ и Д теряют питание электромагнитные вентили контакторов К29 и К30 и получают питание электромагнитные вентили линейных контакторов К28 и К33 (рисунок 16). В процессе перехода система МПСУ и Д контролирует время нахождения переходных диодов VD8 под током (до момента срабатывания 56 контакторов К28 и К33). На последующих позициях параллельного соединения тяговых электродвигателей вплоть по 65 позицию остаются под питанием электромагнитные вентили тех же линейных контакторов, что и на 45-й позиции. МПСУ и Д производит включение реостатных контакторов в последовательности представленной в таблице 1.1.

3.10.5 Управление тяговыми электродвигателями изменением тока возбуждения.

Трогание с места всегда производится по команде «+1» джойстика «Тяга» (рисунок 13). Для продолжения разгона командами «+С» джойстика «Задатчик силы» производится увеличение требуемой силы тяги. Переключение позиций производится автоматически до выхода на ходовую позицию так, чтобы после переключения позиции не была превышена заданная сила тяги. При выходе на ходовую позицию продолжается режим поддержания заданной силы тяги изменением тока возбуждения ТЭД. Уменьшение заданной силы производится командами джойстика «- С». Временный переход на выбег (без разбора силовой схемы) производится заданием силы тяги равной нулю. По истечению одной минуты движения в этом режиме автоматически произойдет переход на выбег с разбором силовой схемы.

3.10.6 Независимое возбуждение

Независимое возбуждение тяговых двигателей используется при всех тяговых режимах и режимах электрического торможения. Обмотки возбуждения двигателей каждой тележки включены последовательно и получают питание от управляемых выпрямителей преобразователя СТПр-1000. На тяговые двигатели М1 и М2 подается напряжение от преобразователя А2 (А7 – для электровозов до №27), выходы которого шунтированы блоком А12, содержащим цепь из тиристора и резистора. Реакторы L2 и L3 включены одновременно в контуры обмоток возбуждения и цепь якорей двигателей, что обеспечивает при управлении тяговым двигателем динамическую обратную связь по току возбуждения. Регулирование тока возбуждения осуществляется по закону:

$$I_{\text{в}} = I_{\text{в зад}} + kI_{\text{я}},$$

где $I_{\text{в зад}}$ – минимальное задаваемое значение тока возбуждения, установленное системой управления;

k – коэффициент компаундирования обратной связи по току якоря;

$I_{\text{я}}$ – ток якоря для группы тяговых двигателей.

Такой закон регулирования предоставляет возможность изменять жесткость тяговых характеристик электровоза в процессе движения поезда в зависимости от условий сцепления и уровня нагрузки. Цепь питания обмоток возбуждения от ПСН (блок А2) рассмотрим на примере двигателей М1 и М2 (рисунок 17). От блока А2 напряжение подается на провод 053, по нему через контакты быстродействующего контактора К41, реактор L2, шунт RS3 по проводу 041 на обмотки возбуждения двигателей, а затем по проводам 045, 047 подводится к ПСН. В режиме тяги ток от якорей двигателей по проводу 039 идет к реактору L2 и далее через контакт К41 по проводу 051. После точки соединения проводов 051 и 053 схема может иметь разную топологию в зависимости от соединения тяговых двигателей. Как видно, ток, проходящий через реактор, в режиме тяги равен разнице токов якоря и возбуждения. В режиме электрического торможения, когда ток якоря имеет противоположное направление, через реактор проходит сумма токов якоря и возбуждения.

Выходные цепи СТПр-1000 шунтированы тиристорно-резисторной цепью устройств А12, обеспечивающей ускорение размагничивания тяговых двигателей при срабатывании защиты, что облегчает протекание переходных процессов. Использование реактора в общей цепи якоря и возбуждения двигателей – принципиальная особенность данной схемы. Это обеспечивает динамическую обратную связь по току якоря для магнитного потока тяговых

двигателей, а также существенно улучшает качество переходных процессов и эффективность защиты тяговых двигателей при коротких замыканиях.

3.11 Цепи управления в режимах электрического торможения.

Режим электрического торможения на электровозе 2ЭС6 возможен только при независимом возбуждении ТЭД. Применяются два вида режима электрического торможения: рекуперативное и реостатное. Включение режима электрического торможения возможно если:

- работают все регуляторы напряжения РН-3000;
- работают преобразователи СТПР-1000 либо отключена пара ТЭД с неработающим СТПР-1000;
- отсутствует сигнал в МПСУ и Д о сильном боксовании или юзе при выключенном положении кнопки «Отключение ПБЗ»;
- отсутствует сигнал в МПСУ и Д о токе якорей тяговых двигателей более 500 А; - напряжение контактной сети в пределах 2200...3900 В;
- наличие сигнала в МПСУ и Д «Контроль защиты» при электрическом торможении».

Включение силовой схемы в тормозной режим из режима «Выбег» при любой скорости производится командой джойстика «-С» с одновременным заданием требуемого тормозного усилия. В зависимости от скорости движения и напряжения в контактной сети силовая схема включится на максимально возможном соединении ТЭД в режиме рекуперативного торможения или в режим реостатного торможения на «СП» соединении с заданным тормозным усилием (при скорости недостаточной для рекуперации на «С» соединении). При уменьшении скорости движения, когда рекуперативное торможение на соединениях «СП», «С» становится невозможным, происходит автоматический переход на ЭДТ. Для перехода из тормозного режима в тяговый необходимо уменьшить заданную тормозную силу до нуля. Вернуть джойстик «Задатчик силы» в исходное положение и затем, командой «+С», задать требуемое тяговое усилие. В процессе электрического торможения, при необходимости, можно произвести смену соединения ТЭД. Для этого, при заданной тормозной силе, нужно дать команду «+А» для перехода на соединение выше или «-А» - на соединение ниже. Переход производится с провалом тормозной силы до нуля за 2...5 секунд.

В процессе использования рекуперативного торможения МПСУ и Д контролирует напряжение в контактной сети и вмешивается в процесс торможения в следующих случаях:

- при повышении напряжения более 3800 В система МПСУ и Д подключает пуско-тормозные резисторы;
- при понижении напряжения менее 3400 В система МПСУ и Д выводит пуско-тормозные резисторы (соответствует 0 позиции);
- при повышении напряжения более 3900 В система МПСУ и Д снижает тормозное усилие;
- при повышении напряжения в контактной сети более 4000 В система МПСУ и Д отключает режим электрического торможения;
- при повышении напряжения более 4100 В система МПСУ и Д отключает БВ.

3.12 Цепи управления электровоза при отключенных неисправных тяговых электродвигателях.

3.12.1 Общие сведения

Система МПСУ и Д разрешает производить отключение неисправных тяговых электродвигателей только при отсутствии режима тяги или электрического торможения. Допускается любая комбинация парного отключения тяговых двигателей вплоть до выведения из работы всех тяговых двигателей секции. При отключении всех тяговых электродвигателей на какой-либо секции двухсекционного электровоза необходимо, чтобы она была назначена «Прицепная». Если это секция «Головная» переназначить ее «Прицепная» переключателем SA32 «Режимы работы секций 1». Если это ведомая (головная) секция заднего двухсекционного электровоза переназначить ее «Прицепная» и назначить «Головная» ведомую (прицепную) секцию переключателем SA34 «Режимы работы секций 3». Для трехсекционного электровоза выбор головной секции производится переключателем «Режимы работы секций 1». При этом головной может быть только одна из крайних секций, две другие - прицепные. Последовательность включения линейных контакторов при различных соединениях тяговых электродвигателей, в случае повреждения любого из них, приведена в таблице 1.2.

3.12.2 Последовательное соединение тяговых электродвигателей.

В случае повреждения тягового электродвигателя М1 или М2 в головной и М3 или М4 в прицепной секциях, после установки переключателей SA28 «1 секция» в положение «1-2» и SA29 «2 секция» в положение «3-4», МПСУ и Д включает линейные контакторы. При сборе схемы последовательного соединения при отключенных двигателях М1 и М2 в головной и М3 и М4 в прицепной секциях, МПСУ и Д замыкает цепь питания электромагнитных вентилях линейных контакторов К28, К32, К34, К36 и К39 на головной секции и К27, К31, К33, К36 и К40 – на прицепной секции (рисунок 18). На секциях второго электровоза сплотка в случае повреждения тягового электродвигателя М1 или М2 после установки переключателя SA30 «3 секция» (SA31 «4 секция») в положение «1-2» МПСУ и Д управляет линейными контакторами аналогично. На секциях второго электровоза сплотка в случае повреждения тягового электродвигателя М3 или М4 после установки переключателя SA30 «3 секция» (SA31 «4 секция») в положение «3-4» МПСУ и Д управляет линейными контакторами аналогично.

3.12.3 Последовательно-параллельное соединение ТЭД.

На последовательно-параллельном соединении ТЭД секция с неисправным тяговыми электродвигателем М1 (или М2 или М3 или М4) полностью выводится из работы. В случае повреждения тягового электродвигателя в любой секции, после установки любого переключателя «Отключение тяговых двигателей» в одно из положений «1-2» или «3-4», МПСУ и Д выдает запрет на включение линейных контакторов.

3.12.4 Параллельное соединение ТЭД.

В случае повреждения тягового электродвигателя М1 или М2 в любой секции после установки переключателя SA28 «1 секция» (SA29 «2 секция») в положение «1-2» система МПСУ и Д включает линейные контакторы К28, К32, К34 и К38. На секциях второго электровоза сплотка в случае повреждения тягового электродвигателя М1 или М2 после установки переключателя SA30 «3 секция» (SA31 «4 секция») в положение «1-2» управление линейными контакторами аналогично (рисунок 19). В случае повреждения тягового электродвигателя М3 или М4 в любой секции после

установки переключателя SA28 «1 секция» (SA29 «2 секция») в положение «3-4», МПСУ и Д включает линейные контакторы К27, К31, К33 и К37. На секциях второго электровоза сплотка в случае повреждения тягового электродвигателя М3 или М4 после установки переключателя SA30 «3 секция» (SA31 «4 секция») в положение «3-4» управление линейными контакторами аналогично. При установке переключателей «Отключение ТЭД секция № _» в одно из положений «1-2» или «3-4» на любой секции, работа реостатных контакторов с 45-й по 65-ю позицию осуществляется в последовательности, которая соответствует позициям с 24-й по 44-ю нормального (без выведенных ТЭД) режима.

3.13 Цепи управления жалюзи

Электропневматический клапан КЭП10 «Жалюзи ПТР» включается в режиме «Тяга» на неходовых позициях и в режиме «ЭДТ» (рисунок 20). Для контроля положения жалюзи применены четыре оптических бесконтактных выключателя SQ1...SQ4 на каждую секцию. При отсутствии сигнала «Контроль жалюзи» на BBC №2, осуществляемый через контакты реле оптических выключателей SQ1...SQ4, произойдет разбор силовой схемы. Жалюзи не открываются на прицепных секциях при следовании на последовательном соединении тяговых двигателей. Для контроля состояния оптического выключателя на нем установлен сигнальный светодиод. Светодиод должен светиться при включении автоматического выключателя SF1 и закрытого положения жалюзи. При открывании жалюзи светодиод гаснет.

3.14 Цепи управления компоновочного блока тормозного оборудования

3.14.1 Цепи управления отпуска тормозов

При приведенных в действие тормозах состава для отпуска тормозов локомотива необходимо включить переключатель «Отпуск тормоза» SA47. Переключатель SA47 «Отпуск тормоза» имеет три положения «0», «1» и «2» (рисунок 21). Положение «0» соответствует выключенному состоянию, т.е. питание с электроблокировочного клапана КЭБ2 снято. При переключении из положения «0» в положение «1» питание с КЭБ2 также снято. После установки переключателя SA47 из фиксированного положение «1» в импульсное (нефиксированное) положение «2» получает питание

электромагнитный вентиль клапана КЭБ2. Сжатый воздух из управляющей полости реле давления РД сообщается с атмосферой через атмосферный клапан КЭБ2. Перекрывается подача воздуха от блока воздухораспределителя БВР к РД и тормозные цилиндры ТЦ сообщаются с атмосферой. После установки переключателя SA47 в положение «2» команда «Отпуск тормоза» может быть отменена только в случае постановки этого переключателя в положение «0» либо в случае повышения давления в тормозной магистрали выше 0,48 МПа (5,0 кгс/см²).

3.14.2 Электрическое торможение

При включении электрического тормоза получает питание клапан КЭБ1 по цепи (рисунок 21): провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF1, провод 320, контакт блокировки БВ QF1, провод 342, катушка клапана КЭБ1, провод 344, БУК-3 № 3, провод 600. При этом блокируется импульсный трубопровод БВР и реле давления РД сообщаются с атмосферой. Питание с КЭБ1 снимается при переходе из режима электрического торможения к режиму «Выбег».

3.14.3 Срыв электрического торможения

При срыве электрического торможения электрический тормоз замещается пневматическим с наполнением тормозных цилиндров (ТЦ) до давления 0,13...0,14 МПа (1,3...1,4 кгс/см²), если тормоза состава поезда не были приведены в действие. Если же на момент срыва электрического торможения тормоза состава поезда были заторможены, ТЦ наполняются до давления равного давлению в ТЦ вагона. В случае срыва электрического торможения КЭБ1 и КЭБ2 теряют питание. Система МПСУ и Д выдает команду на включение электропневматического вентиля (ЭПВ), который, получив питание, пропускает воздух из питательного резервуара к реле давления. При этом открывается путь сжатому воздуху из питательной магистрали к тормозным цилиндрам.

3.14.4 Применение пневматического тормоза при электрическом торможении

В режиме электрического торможения обеспечивается подтормаживание пневматическими тормозами в момент смены соединений ТЭД. При этом

теряет питание клапан КЭБ1 и получает питание вентиль ЭПВ, который воздействуя на РД обеспечивает наполнение тормозных цилиндров до давления 0,25 МПа (2,5 кгс/см²). После завершения перехода на другое соединение ТЭД вентиль ЭПВ теряет питание, а получает питание клапан КЭБ1, обеспечивая блокировку пневматических тормозов. Совместная работа электрического и вспомогательного пневматического (при помощи крана КВТ) тормозов возможна до установления величины давления сжатого воздуха в ТЦ, равной 0,13...0,15 МПа (1,3...1,5 кгс/см²). Дальнейшее повышение давления в ТЦ приводит к отключению электрического тормоза.

3.15 Действие цепей управления при экстренном торможении и срабатывании ЭПК. Цепь «Выбег»

3.15.1 Экстренное торможение в тяговом режиме

При установке поездного крана машиниста в положение VI (экстренное торможение) и достижении разрядки тормозной магистрали величины давления 0,35 МПа (3,5 кгс/см²), которое контролируется датчиком давления ВР5 («ТМ»), система МПСУ и Д дает команду на разбор схемы режима тяги (рисунок 22).

3.15.2 Экстренное торможение в режиме электрического торможения

Экстренное торможение в режиме электрического торможения не отличается от экстренного торможения в тяговом режиме. Дополнительно смотрите «Срыв электрического торможения» и «Применение пневматического тормоза при электрическом торможении» настоящего руководства по эксплуатации.

3.15.3 Срабатывание ЭПК в режиме тяги или электрического торможения.

При срабатывании ЭПК замыкается его контакт в цепи проводов 550 и 593. При этом система МПСУ и Д получает сигнал по цепи (рисунок 22): провод 302, выключатель автоматический SF17, провод 550, пневматический 68

контакт ЭПК, провод 593, БВС № 1 МПСУ и Д. Дальнейшая работа схемы не отличается от экстренного торможения в тяговом режиме.

3.15.4 Цепь «Выбег».

Цепь «Выбег» представляет собой цепь последовательно соединенных контактов различных устройств (рисунок 22). Цепь защищена выключателем автоматическим SF12. При замкнутой цепи «Выбег» МПСУ и Д через БВС № 2 получает разрешающий сигнал на сбор различных режимов ведения электровоза. При разомкнутой этой цепи МПСУ и Д получает запрещающий сигнал (команда «Выбег») на сбор того или иного режима ведения электровоза, а также разбирает собранную схему в следующих случаях:

- поворот ключа ЭПК по часовой стрелке;
- применение экстренного торможения;
- давления воздуха в тормозных цилиндрах более 0,13...0,15 МПа (1,3...1,5 кгс/см²) при торможение краном вспомогательного тормоза;
- обрыва тормозной магистрали (срабатывание реле РП10);
- отключения автоматического выключателя SF12. Катушка реле РП10 находится в цепи датчика усл. № 418.000.

Контакт ЭПК замыкается при повороте ключа ЭПК против часовой стрелки. Для быстрого служебного разбора схемы команду «Выбег» можно реализовать нажатием на кнопку SB31 «Выбег» на пульте управления в кабине машиниста.

3.16 Действие устройства контроля обрыва тормозной магистрали поезда с пневмоэлектрическим датчиком (ДПЭ) усл. № 418.

Устройство предназначено для сигнализации и выдачи сигнала в систему МПСУ и Д для разбора цепей тягового режима или электрического торможения при нарушении целостности тормозной магистрали (ТМ) поезда. ДПЭ имеет два микропереключателя: ДДР – камеры дополнительной разрядки и ДТЦ – камеры тормозных цилиндров. В случае обрыва ТМ в хвосте поезда, воздухораспределитель на торможение не срабатывает. При разрядке ТМ на величину давления 20 кПа (0,2 кгс/см²) замыкается контакт микропереключателя ДДР. Катушка РП10 получает питание по цепи

(рисунок 23): провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF1, провод 320, контакт микропереключателя ДДР, провод 377, контакт микропереключателя ДТЦ, провод 378, катушка реле РП10, провод 600. Одним контактом реле РП10 разрывает цепь «Выбег» между проводами 210 и 211, другим контактом РП10 шунтирует микропереключателя ДДР. Это обеспечивает «запоминание» полученного сигнала обрыва даже при кратковременном замыкании контактов ДДР. От провода 378 через добавочный резистор R78 получает питание светодиод VD58 «ТМ», который при свечении сигнализирует о нарушении целостности ТМ. По команде «Выбег» система МПСУ и Д разбирает схему тягового режима или электрического торможения. При сигнале обрыва и замедлении движения поезда машинист должен произвести торможение. Давлением, создаваемым воздухораспределителем в канале тормозного цилиндра, контакты микропереключателя ДТЦ размыкают цепь питания катушки РП10. Контакт реле РП10 в цепи «Выбег» замыкается, светодиод «ТМ» гаснет. Во время служебных торможений происходит кратковременное загорание светодиода VD58 «ТМ», сигнализирующее об исправности системы. Если светодиод горит на стоянке без разрядки тормозной магистрали с электровоза, значит, в поезде была вызвана дополнительная разрядка магистрали (например, перекрытием концевых кранов или другим способом). При этом на электровозе невозможно включить тяговый режим. Убедившись в исправности сигнализатора, необходимо произвести сокращенное опробование автотормозов.

3.17 Цепи управления датчиков (преобразователей) давления (ДД).

Назначение электропневматических датчиков, установленных в пневматической тормозной системе электровоза приведены ниже:

- датчик - реле давления ДРТ1 – для выключения режима тяги электровоза при снижении давления в тормозной магистрали до $(0,32 \pm 0,05)$ МПа ($(3,2 \pm 0,5)$ кгс/см²). Включает тягу при повышении давления в тормозной магистрали до $(0,45 \pm 0,02)$ МПа ($(4,5 \pm 0,2)$ кгс/см²);
- датчик - реле давления ДРТ2 обеспечивает защиту от совместного применения электрического тормоза электровоза и пневматического торможения при экстренной разрядке ТМ. Реле настраивается на срабатывание для отключения электрического тормоза при снижении давления воздуха в ТМ до 0,3 МПа (3 кгс/см²). Одновременно происходит

замещение электротормоза пневматическим тормозом с давлением в ТЦ не менее 0,35 МПа (3,5 кгс/см²);

- датчики - реле давления ДРТЗ и ДРТ4 обеспечивают применение вспомогательного тормоза электровоза совместно с электрическим. Электрическое торможение автоматически отключается при давлении воздуха в тормозных цилиндрах более 0,13...0,15 МПа (1,3...1,5 кгс/см²);

- датчики отпуска тормозов ВРЗ и ВР4 сигнализируют о повышении давления воздуха в тормозных цилиндрах более 0,02...0,04 МПа (0,2...0,4 кгс/см²) или его падении ниже указанной величины путем включения или выключения светодиода «ТМ» на пульте управления;

- датчики избыточного давления ВР5 и ВР6 предназначены для вывода на экран дисплея монитора величины давления воздуха в тормозной и питательной магистралях (дублируют показания манометров). Датчик ВР6 предназначен для включения компрессора при давлении воздуха в питательной магистрали (0,75±0,02) МПа ((7,5±0,2) кгс/см²) и выключения компрессора при давлении (0,90 ± 0,02) МПа ((9,0±0,2) кгс/см²);

- датчик ВР7 предназначен для вывода на экран дисплея монитора величины давления воздуха в пневматических цепях управления.

Датчики ДД подключены к блоку связи с датчиками давления БС-ДД.

3.18 Цепи управления «Песок»

Для подачи напряжения +110 В в цепи управления подачей песка необходимо включить автоматические выключатели SF1 и SF17, расположенные на панели автоматов шкафа МПСУ и Д. Управление подачей песка осуществляется в автоматическом режиме системой МПСУ и Д либо в ручном режиме машинистом. Под управлением МПСУ и Д подача песка осуществляется в следующих случаях:

при наличии боксования или юза;

при экстренном торможении или срыве ЭПК, когда скорость движения более 10 км/ч.

Ручная подача песка производится после нажатия кнопки SB8 «Песок принудительно» (рисунок 24). После получения сигнала система МПСУ и Д замыкает цепь питания вентилей электропневматических клапанов КЭП16 и КЭП17 или КЭП18 и КЭП19 на всех секциях электровоза в соответствии с их ориентацией по ходу движения.

3.19 Защита оборудования силовых и вспомогательных цепей

3.19.1 Защита от токов коротких замыканий

Силовые и вспомогательные цепи электровоза от токов коротких замыканий (далее К.З.) превышающих ток 2700_{-200}^{+100} А защищаются БВ QF1. При К.З., когда установившееся значение тока ниже тока уставки БВ, защита в силовой цепи осуществляется с помощью реле дифференциальной защиты КА1, отрегулированным на ток небаланса 100^{-30} А. Цепи ПСН 73 защищаются дифференциальным реле КА2, отрегулированным на ток небаланса $8,5^{-2}$ А. При срабатывании дифференциальные реле КА1 и КА2 своими контактами разрывают цепь питания катушки электромагнита БВ (рисунок 7). Защита тяговых электродвигателей от К.З. в режиме тяги и электрического торможения при независимом возбуждении осуществляется размыкающими контактами быстродействующих контакторов (БК) К41 и К42 (рисунок 25). Для управления БК служит устройство управления быстродействующими контакторами (УУБК) А3. В режимах тяги или электрического торможения получает питание катушка реле РП8 по цепи (рисунок 25): провод 302 (+110 В), контакт автоматического выключателя SF4, провод 360, катушка реле РП8, провод 363, БУК-3 №13, провод 600. Реле РП8 включается и своим контактом замыкает цепь питания УУБК А3 и драйвера тиристора А11. При величине нарастания тока в обмотках возбуждения тяговых двигателей более 300 А/мс, от СТПР-1000 подается управляющий сигнал в блок А3 (УУБК). УУБК включает схему подачи дополнительного напряжения на последовательно соединенные отключающие катушки БК. В результате чего по отключающим катушкам БК (К41 и К42) протекает ток, превышающий их уставку. Контактors БК отключаются и удерживаются в отключенном положении защелкой. Система МПСУ и Д, получив сигнал о срабатывании БК от УУБК по проводу 362 через БВС № 2, разбирает силовую схему. Блок-контакты БК размыкают цепь питания катушки электромагнита БВ, что приводит к его отключению. Для улучшения коммутационных условий при размыкании силовых контактов БК К41 (К42), параллельно им вводятся резисторы R5 (R6). После восстановления состояния силовой схемы соответствующее 0-й позиции и повторном включении БВ система МПСУ и Д дает команду на включение 74 контактора КМ17 (рисунок 7). Контактор КМ17 включается и происходит восстановление БК К41 и К42. Для защиты блоков А7 и А8 (СТПР-1000) в режиме электрического торможения от перенапряжения при КЗ в цепи тяговых двигателей применено устройство защиты преобразователя статического (УЗПС) А12 (рисунок 25). При

появлении обратного напряжения, превышающего максимальный уровень напряжения на выходе СТПР-1000 (провода 053 (056) и 047 (050) УУБК А3 дает команду на драйвер тиристора А11. Это приводит к открыванию тиристоров, установленных в блоке УЗПС А12 и шунтированию выходов преобразователей А7 и А8 резисторами.

3.19.2 Защита от перегрузок и повышенного напряжения

Защита от перегрузок в силовой цепи осуществляется МПСУ и Д. При напряжении в контактной сети более 4100 В система МПСУ и Д управляет разбором схемы тягового режима или электрического торможения и отключением БВ. Информацию о величинах токов и напряжений в силовой цепи МПСУ и Д получает от преобразователей напряжений в код UZ1...UZ13 через блок связи со средствами измерения БС-СИ. Измерение напряжений и токов в силовых цепях осуществляется следующими преобразователями напряжения (рисунок 26) в код (ПНКВ-1) UZ:

UZ1 - измеряет величину напряжения в контактной сети;

UZ2 - измеряет величину напряжения на пуско-тормозных резисторах;

UZ3 - МГМ-1 тяговых электродвигателей М1 и М2;

UZ4 - МГМ-1 тяговых электродвигателей М3 и М4 ;

UZ5 - измеряет величину тока якорей тяговых двигателей М1 и М2;

UZ6 - измеряет величину тока якорей тяговых двигателей М3 и М4;

UZ7 - измеряет величину тока в обмотках возбуждения тяговых электродвигателей М1 и М2;

UZ8 - измеряет величину тока в обмотках возбуждения тяговых электродвигателей М3 и М4;

UZ9 - измеряет величину тока в цепи ПСН;

UZ10 - измеряет величину тока якорей тяговых электродвигателей М1 и М2 для СТПР-1000 (1);

UZ11 - измеряет величину тока якорей тяговых электродвигателей М3 и М4 для СТПР-1000 (2);

UZ12 – измеряет величину тока двигателя М11 обдува ПТР R3;

UZ13 – измеряет величину тока двигателя М12 обдува ПТР R4. Для защиты СТПР-1000 применены следующие преобразователями напряжения в код (ПНКВ-2) UZ:

UZ14 - измеряет величину тока якорей тяговых электродвигателей М1 и М2 для включения драйвера тиристора от СТПР-1000 (1);

UZ15 - измеряет величину тока якорей тяговых электродвигателей М3 и М4 для включения драйвера тиристора от СТПР-1000 (2).

В тяговом режиме при токе в якорях тяговых электродвигателей более 750 А в течение 10 секунд система МПСУ и Д производит переход на «0» (или «23» или «44») позицию. В тяговом режиме при напряжении в контактной сети более 4000 В система МПСУ и Д производит разбор силовой схемы режима тяги до состояния соответствующее «0-й» позиции. В режиме рекуперативного торможения при увеличении напряжения в контактной сети более 3800 В система МПСУ и Д включением «1-й» позиции реостатного торможения вводит в схему пуска-тормозные резисторы. При уменьшении напряжения до 3400 В эти резисторы выводятся. В режиме электрического торможения при напряжении в контактной сети более 3900 В система МПСУ и Д производит разбор схемы режима электрического торможения.

3.19.3 Защита от боксования и юза

Система защиты от боксования и юза включает в себя устройства выявления боксования и юза и схему МПСУ и Д, которой производится защита К устройствам выявления боксования и юза относятся датчики угла поворота BR1...BR4 и блок БС-ДПС-БЗС. Схема защиты устроена таким образом, что во всех режимах ведения поезда кроме тягового режима она выявляет юз. В тяговом режиме схема работает на выявление боксования. При нажатой кнопке SB14 «Отключение ПБЗ» защита от боксования и юза выключается на всех секциях одновременно. Различают режим слабого боксования (юз) и сильного боксования (юз). При возникновении боксования и юза МПСУ и Д выдает речевое сообщение «Боксование оси, секции» и загорается светодиод с номером боксующей колесной пары. При выявлении слабого боксования и юза МПСУ и Д производит импульсную подачу песка под все колесные пары до прекращения боксования и юза. При выявлении сильного боксования и юза МПСУ и Д производит подачу песка под все колесные пары и производит сброс позиций в тяговом режиме до позиции, на которой боксование прекращается. При электрическом торможении МПСУ и Д устраняет боксование или юз путем снижения тока на обмотках возбуждения

тяговых электродвигателей. Если через 6 с после сброса позиций сильное боксование или юз не прекращается, то производится дополнительный сброс позиций или последующее снижение тока на обмотках возбуждения тяговых электродвигателей при электрическом торможении. Система МПСУ и Д реагирует на сигнал боксования или юза только при нахождении кнопки SB14 «Отключение ПБЗ» в выключенном положении.

3.19.4 Защита от перенапряжений

Защита цепей электровоза от атмосферных и коммутационных перенапряжений осуществляется ограничителем перенапряжений FV1 типа ОПН-3,3-01, установленным на крыше секции электровоза и подключенным к силовой цепи после токоприемника.

3.19.5 Защита от радиопомех

При работе электрооборудования электровоза возникают помехи в канале поездной радиосвязи. Для снижения их уровня установлено фильтрующее устройство, состоящее индуктивности и емкости. В качестве индуктивности используется дроссель L1 типа ДР-150 У2, а в качестве емкости – конденсаторы С1 типа К75-15-10кВ - 0,5 мкФ +10% -У и С2 типа К75-63-10кВ - 0,01 мкФ + 10% - У, включенные в силовую схему электровоза