



Осинцев И. А.
Логинов А. А.

электровоз ЭП2К

Авторы: преподаватель Тайгинской дорожно-технической школы Осинцев И.А.
преподаватель Тайгинской дорожно-технической школы Логинов А.А.

Данное пособие предназначено для подготовки в технических школах и учебных центрах ОАО «РЖД» по профессиям: машинист электровоза, помощник машиниста электровоза.

Содержание пособия соответствует примерным учебным планам и программам подготовки рабочих кадров по предметам: «Устройство и ремонт электровозов», «Управление и техническое обслуживание электровозов».

В пособии рассмотрена конструкция электровоза постоянного тока ЭП-2К.

© Осинцев И.А., Логинов А.А.

© ТрансИнфоПроект

© Корпоративный центр развития профессионального обучения персонала ОАО «РЖД»

Основные технические данные электровоза:

Таблица 1

-номинальное напряжение на токоприемнике, кВ	3
-осевая формула	3о-3о
-служебная масса, т	135±3%
-нагрузка от колесной пары на рельсы, кН (тс), не более	221±3%(22,5±3
-номинальный диаметр бандажа колесной пары по кругу катания,	1250
-конструкционная (максимальная в эксплуатации) скорость, км/ч	160
-мощность продолжительного режима на валах тяговых двигателей, кВт, не менее	4320
-мощность в часовом режиме на валах тяговых двигателей, кВт, не менее	4800
-сила тяги в продолжительном режиме, кН (тс), не менее	167,4 (17,06)
-сила тяги в часовом режиме, кН (тс), не менее	192,8 (19,7)
-скорость в продолжительном режиме, км/ч, не менее	91
-скорость в часовом режиме, км/ч, не менее	87,8
-максимальная сила тяги при трогании, кН (тс), не менее	302 (30,8)
-сила тяги при максимальной скорости, кН (тс), не менее	91,4(9,3)
-КПД в продолжительном режиме, не менее	0,88
-минимальный радиус проходимых кривых при скорости 10 км/ч	125
-высота оси автосцепки от головки рельса при новых бандажах, мм	1040-1080
-высота от головки рельса до рабочей поверхности полоза токоприемника: а) в опущенном состоянии	5100
б) в рабочем положении	5500-7000

Рис. I Общий вид электровоза ЭП2К

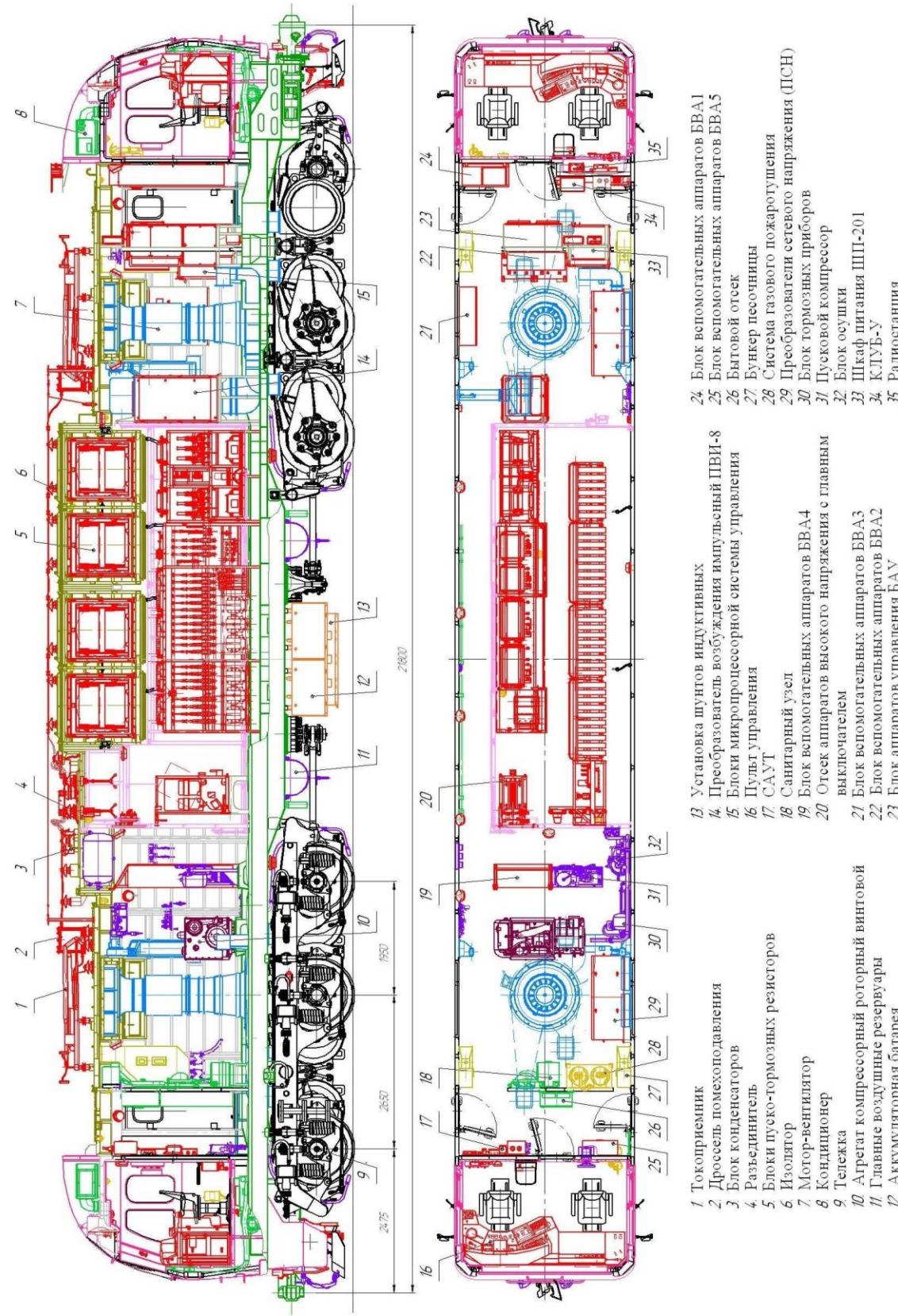


Рисунок 1

1. Конструктивные особенности электровоза

Пассажирский электровоз ЭП2К постоянного тока предназначен для вождения пассажирских поездов на железных дорогах Российской Федерации колеи 1520 мм в климатических районах I₂ ; II₄ – II₁₀ по ГОСТ 16350.

Пассажирский электровоз постоянного тока ЭП2К является односекционным локомотивом, с часовой мощностью 4800 кВт, с системой энергоснабжения вагонов поезда мощностью 1200 кВт.

Пассажирский электровоз ЭП2К имеет следующие конструктивные особенности:

- современную кабину машиниста с эргономичным пультом управления;
- микропроцессорную систему управления и диагностики МПСУ;
- преобразователи собственных нужд 3000/380 В;
- экономичную систему вентиляции с малообслуживаемыми фильтрами воздуха и плавным регулированием частоты вращения вентиляторов;
- блочное пневматическое оборудование;
- новую конструкцию тележки с опорно-рамным подвешиванием тяговых электродвигателей и редукторов, рычажным механизмом передачи силы тяги;
- гребнесмазыватель;
- системы безопасности КЛУБ-У, ТСКБМ, САУТ;
- автоматическую систему обнаружения и тушения пожара;
- усовершенствованные тяговые электродвигатели.
- новые блоки пуско-тормозных резисторов с питанием двигателей вентиляторов от резисторов, а не от сети;
- буферные фонари на светодиодах;
- современный дизайн кузова;
- лобовые и боковые стекла повышенной безопасности с электрообогревом;

-обогреваемые зеркала заднего вида.

Расположение оборудования на электровозе представлено на рисунке 1.

Оборудование электровоза установлено в кузове вагонного типа с бесраскосным каркасом и стальной приварной обшивкой, включенной в силовую конструкцию.

Кузов имеет две кабины машиниста, передний и задний тамбуры, машинное помещение.

Кабина оборудована:

-пультом управления с органами управления и средствами отображения информации на цветном графическом дисплее и панели системы КЛУБ-У;

-системой отопления и вентиляции;

-кондиционером;

-лобовыми высокопрочными стеклами с электрообогревом;

-электрическими стеклоочистителями пантографного типа;

-боковыми высокопрочными стеклами с электрообогревом;

-зеркалами заднего вида с электрообогревом;

-системой ТСКБМ;

-радиостанцией РВ-1М (регион эксплуатации- от Урала до Дальнего Востока) или РВС-1-07/0020 (регион эксплуатации –европейская часть от Урала).

За креслом машиниста передней кабины расположен шкаф, в котором установлена трехдиапазонная радиостанция типа РВ-1М или РВС-1-07/0020.

В задней кабине за креслом помощника машиниста расположен привод ручного тормоза.

В переднем тамбуре установлены блоки системы КЛУБ-У, микропроцессорной системы управления МПСУ, вспомогательных аппаратов БВА1, инвертор кондиционера передней кабины, а также блок аппаратов управления БАУ.

В заднем тамбуре установлены блоки системы автоматического управления тормозами САУТ и шкаф для одежды и инструмента, блок вспомогательных аппаратов БВА5, автоматическая система пожаротушения. Машинное помещение имеет один рабочий проход шириной 500 мм.

По центру машинного помещения расположена высоковольтная камера, в которой установлены блоки силовых аппаратов БСА с высоковольтной аппаратурой. Двери в высоковольтную камеру имеют блокирующие устройства, которые исключают доступ в нее при наличии напряжения на токоприемнике или при незаземлении при положении заземлителя “не заземлено”.

Симметрично, относительно продольной оси электровоза, расположены два осевых вентилятора с электроприводом системы охлаждения электрооборудования и вентиляции.

Система вентиляции разделена на две одинаковые конструктивные части, размещенные в передней, задней частях электровоза и состоит из мультициклонных фильтров, вентиляторов и каналов подачи воздуха к потребителям. Воздух, проходя через мультициклонные фильтры, очищается от пыли, осадков, а загрязненный пылевой концентрат отсасывается центробежными вентиляторами с приводом от электродвигателей и через каналы выбрасывается в атмосферу. Степень очистки воздуха 75%.

Система вентиляции с использованием двух экономичных осевых вентиляторов позволяет снизить затраты мощности на охлаждение электрооборудования.

Вентиляторы производительностью 5 $\text{м}^3/\text{с}$, обеспечивают подачу воздуха, очищенного в мультициклонных фильтрах, к тяговым электродвигателям, преобразователям типа ПСН, статическому преобразователю возбуждения тяговых электродвигателей, а также в кузов для обеспечения принудительной вентиляции.

В районе переднего вентилятора установлены блоки вспомогательных аппаратов БВА2 и БВА3, шкаф питания цепей управления и заряда аккумуляторной батареи, преобразователь собственных нужд, ПСН, а также статический преобразователь возбуждения тяговых электродвигателей.

В районе заднего вентилятора расположен компрессорный роторный винтовой агрегат АКРВ 3,2/10-1000 У2М1 с электроприводом производительностью 3,2 м³/с, блоки пневматических приборов и системы подготовки сжатого воздуха, второй преобразователь собственных нужд, пусковой компрессор , блок вспомогательных аппаратов БВА4, а также санитарный узел.

В крышевом блоке, над высоковольтной камерой, установлены 4 блока пуско-тормозных резисторов с мотор-вентиляторами их охлаждения производительностью 13 м³/с.

На крыше электровоза размещены два токоприемника, разъединитель , дроссель помехоподавления, блок конденсаторов, токопроводящая шина установленная на изоляторах.

Под кузовом электровоза, между тележками, установлены ящики аккумуляторных батарей, между ними главные резервуары общим объемом 1000л.

Между тягами механизма передачи силы тяги расположен блок индуктивных шунтов. Кузов электровоза опирается при помощи винтовых пружин, обеспечивающих гибкую связь при горизонтальных и вертикальных перемещениях, на две трехосные тележки с опорно-рамным подвешиванием тягового электродвигателя и тягового редуктора.

Электровоз имеет двухступенчатое рессорное подвешивание с гидравлическими амортизаторами в первой и второй ступени.

Тележка состоит из рамы, колесных пар связанных с рамой буксовыми поводками, рессорного подвешивания, механизма передачи тяговых и тормозных сил от тележки

к кузову, тяговых электродвигателей и передаточного механизма крутящего момента от тяговых электродвигателей через редуктор и полый вал с двумя поводковыми муфтами к колесам, рычажной передачи тормоза.

Связь кузова с тележками для передачи сил тяги и торможения осуществляется через механизм параллелограммного типа.

Электровоз оборудован фрикционным тормозом с пневматическим и электропневматическим управлением, электрическим реостатным тормозом мощностью 4000 кВт и фрикционным стояночным с ручным приводом.

Электрическая схема электровоза обеспечивает работу в режиме тяги и электрического реостатного торможения, регулирование скорости, работу вспомогательных систем и системы энергоснабжения вагонов поезда.

Система управления электровозом ЭП2К выполнена на базе микропроцессорной системы управления и диагностики МПСУ, которая обеспечивает вывод оперативно-предупредительной и аварийной информации на дисплей пульта управления. Микропроцессорная система управления обеспечивает автоматическое управление набором скорости в режиме тяги, реализацию реостатного торможения с поддержанием заданной скорости, управление оборудованием и вспомогательным приводом, диагностику оборудования.

2.Механическая часть

2.1. Тележка

Тележка электровоза (рисунок 2) трехосная с индивидуальным приводом колесных пар, опорно-рамным подвешиванием ТЭД и редуктора и гидравлическими гасителями колебаний первой и второй ступени, сварной рамой тележки, связанной с колесными парами посредством установки между рамой тележки и буксами поводков, механизмом передачи силы тяги от тележки к кузову, устройством возвращающим, рычажной передачи тормоза.

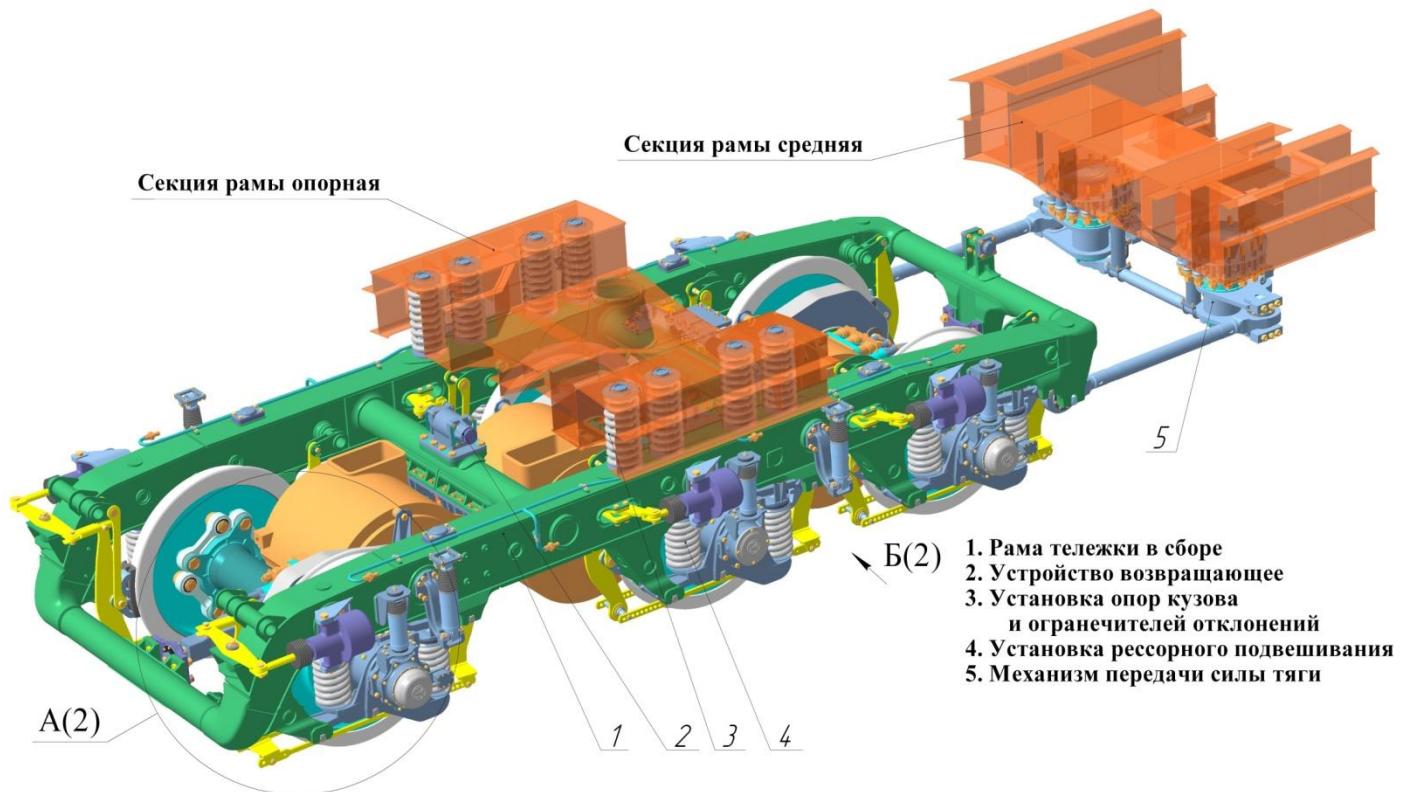


Рисунок 2 - Тележка ЭП2К в сборе

2.2. Установка опор кузова и ограничителей отклонений

Опорами кузова на тележку (рисунок 3) являются пружины 1 расположенные в нишах рамы кузова и опирающиеся на боковины рамы тележки. На верхних листах боковин имеются направляющие втулки для установки и фиксирования нижних чащ пружин 2. Верхние чаши 3 закреплены в нишах рамы кузова.

Регулировочные прокладки 5 расположены под нижними чащами пружин и предусмотрены для регулирования положения кузова относительно тележек по вертикали и регулирования нагрузки по колесным парам тележки. В случае разборки опор кузова все детали должны быть установлены на прежние места.

Пружины устанавливают таким образом, чтобы направление наибольшего поперечного смещения нижнего витка пружины относительно верхнего было направлено наружу, под прямым углом от продольной оси тележки (направление наибольшего смещения отмечено на пружине прокрашенной полосой). При этом разница величин поперечного смещения нижнего витка пружины относительно верхнего, пружин расположенных симметрично относительно продольной оси тележки не более 2 мм.

При относительных перемещениях тележки и кузова в горизонтальной плоскости (относ кузова и поворот тележки) пружины опор кузова получают поперечные деформации, создавая при этом упругое сопротивление этим перемещениям, величина поперечных перемещений кузова относительно тележки ограничивается устройством возвращающим, а угловой поворот тележки ограничен упорами 4, расположенными на концевой балке рамы тележки. Вертикальные деформации пружин опор кузова ограничены вертикальными упорами

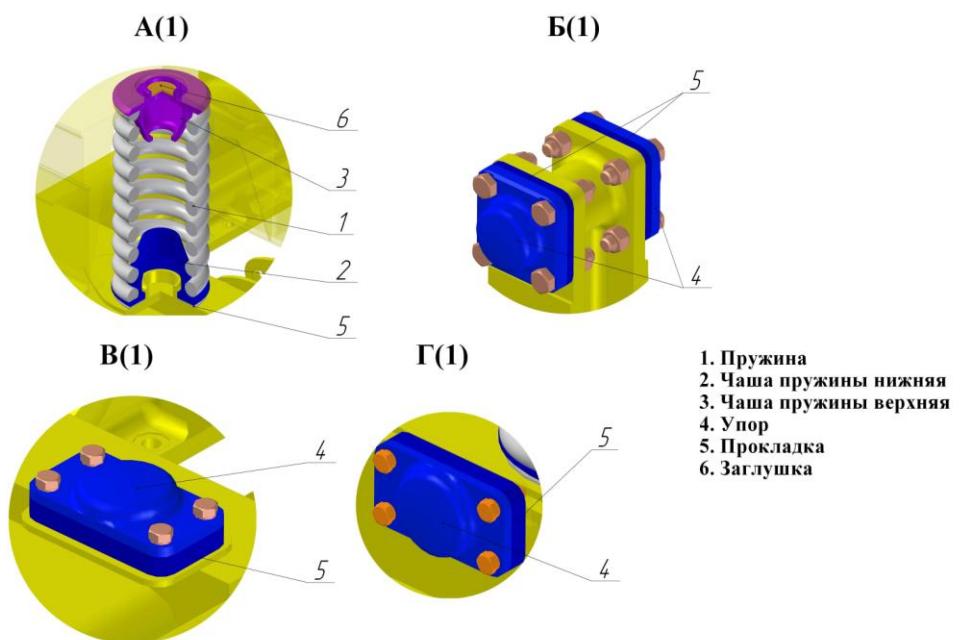


Рисунок 3 - Опоры кузова и ограничители отклонений

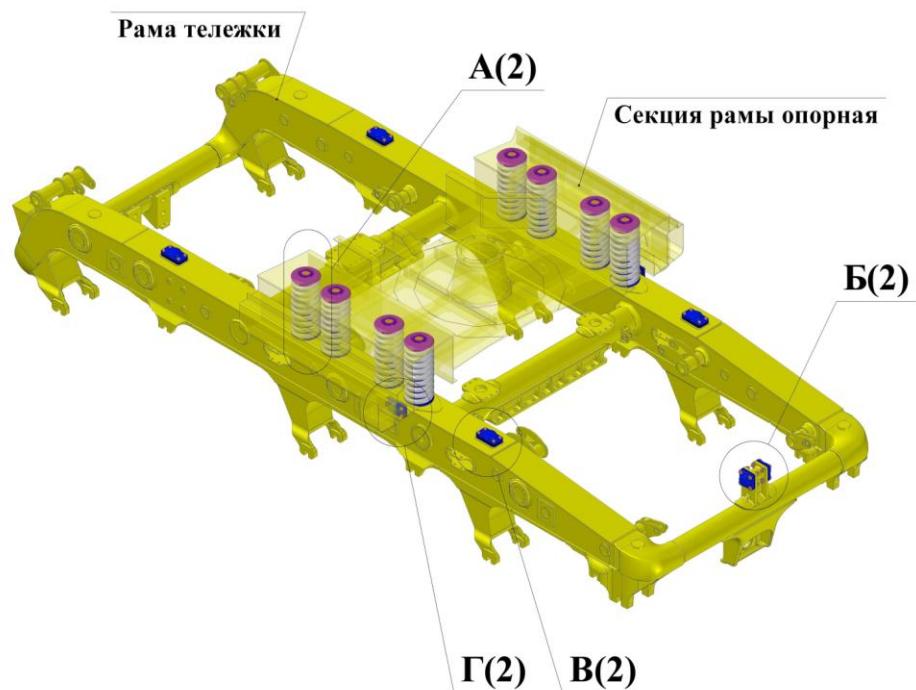


Рисунок 4 - Установка опор кузова и ограничителей отклонения

2.3. Рама тележки

Рама тележки (рисунок 5) состоит из двух боковин 5 и 6, соединенных между собой двумя средними балками 2 и 3, передней 1 и задней 4 концевыми балками. Боковины имеют коробчатое сечение и сварены из листовой стали с использованием литых деталей. Средние и концевые балки изготовлены из труб с приваренными к ним литыми кронштейнами для установки кронштейнов подвешивания тяговых электродвигателей, устройства возвращающего, кронштейнов крепления горизонтальных гидроамортизаторов и кронштейном под горизонтальные упоры и кронштейнами тормозных подвесок.

Вертикальные листы боковины 5 и 6 связаны между собой стаканами для крепления вертикальных гидравлических амортизаторов и кронштейнов установки тормозных цилиндров, трубами в местах установки кронштейнов под буксовые демпферы и кронштейнами тормозных подвесок 7,8,9, 10, а также вставками для размещения в них, балансиров рычажной передачи тормоза, проходящих через боковину.

Нижний пояс боковин из листовой стали и литых поводковых скоб. Скобы имеют клиновые пазы для присоединения буксовых поводков. Две скобы каждой боковины имеют платики для установки опор под пружины рессорного подвешивания первой ступени.

На концах боковин приварены литые детали уголок и скоба уголок. Они являются базами для установки концевых балок рамы тележки. Скоба – уголок расположенная с заднего края боковины имеет клиновые пазы для присоединения буксовых поводков, клиновые пазы для присоединения продольных тяг механизма передачи силы тяги и

платики для установки опоры под пружины рессорного подвешивания первой ступени.

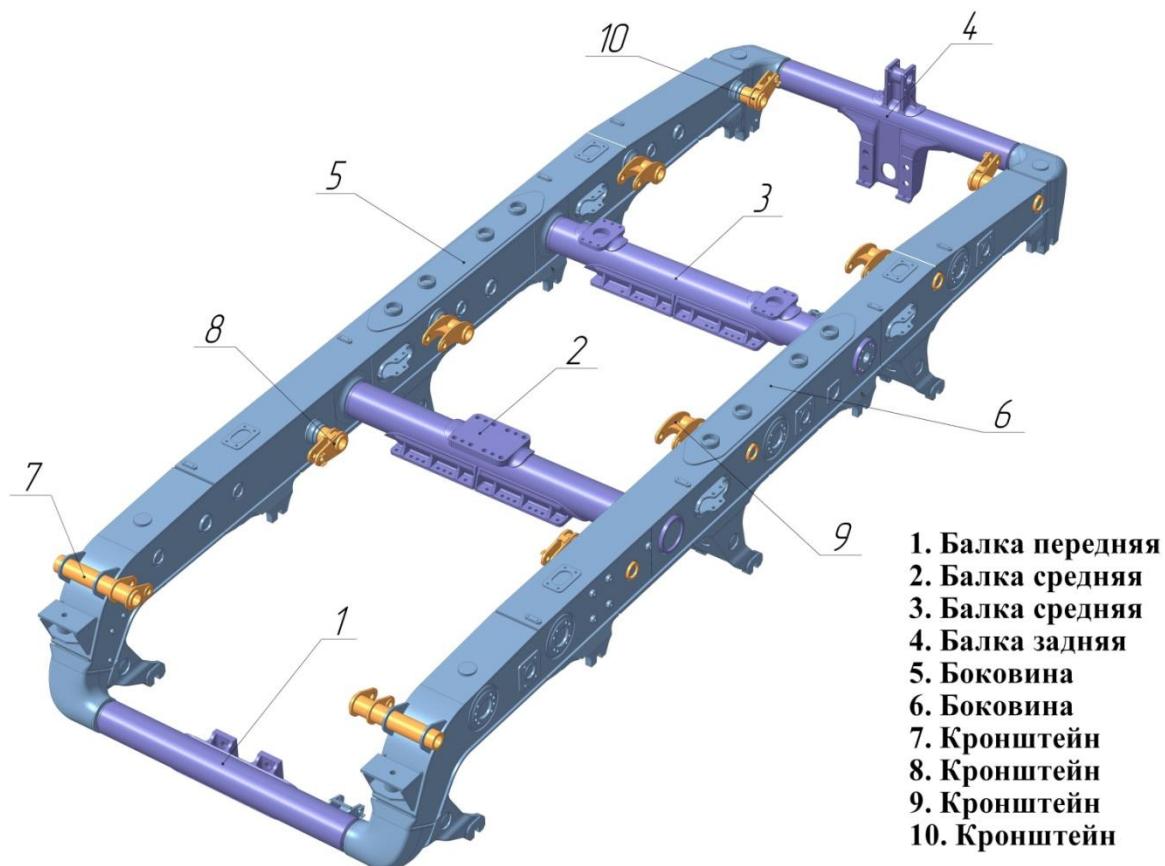


Рисунок - 5 Рама тележки

2.4 Механизм передачи силы тяги

Механизм передачи силы тяги (рисунок 6) расположен в средней части под кузовом электровоза. Механизм создает жесткую связь между кузовом и тележкой в продольном направлении, передавая силы тяги и торможения от тележки к кузову и не препятствует относительным перемещениям кузова и тележки в вертикальном и

поперечном направлениях. Относительные угловые перемещения обеспечиваются за счет сферических шарниров расположенных в двух продольных тягах 3 закрепленных с одной стороны в клиновых пазах рамы тележки, а с другой стороны в корпусах 2, а также в одной поперечной тяге 4, установленной между корпусами 2. Полости сферических шарниров установленных в тягах 3 при сборке заполняются маслом ТМ-9п ТУ 5364-034-00148843-95 герметизируются уплотнениями, которые болтами крепятся к тягам 3. Корпуса 2 установлены на шкворнях 1 и имеют возможность свободного вращения на подшипниках скольжения, образованных бронзовыми втулками установленными в корпусах 2, вокруг вертикальной оси шкворня. Корпуса 2 имеют клиновые пазы для установки продольных 3 и поперечных 4 тяг. Шкворни 1 закреплены на раме кузова с помощью шпилек 10 (рисунок 7), втулок 11, шайб 12 и гаек 13 и 14. В поперечном направлении снизу шкворни 1 попарно связаны между собой тягой 5, которая закреплена на шкворнях 1 шайбами 17 и болтами 18.

На тягах 4 закреплены резервуары 6 и 7, в которые залито по 3, 3,5 л осевого масла марки Л – летом и марки З – зимой, которое подается в корпуса 2, в которых в свою очередь для предотвращения утечек сверху организовано лабиринтное уплотнение, а снизу установлена манжета. Контроль уровня смазки осуществляется по рискам щупа, установленного в резервуары 6,7.

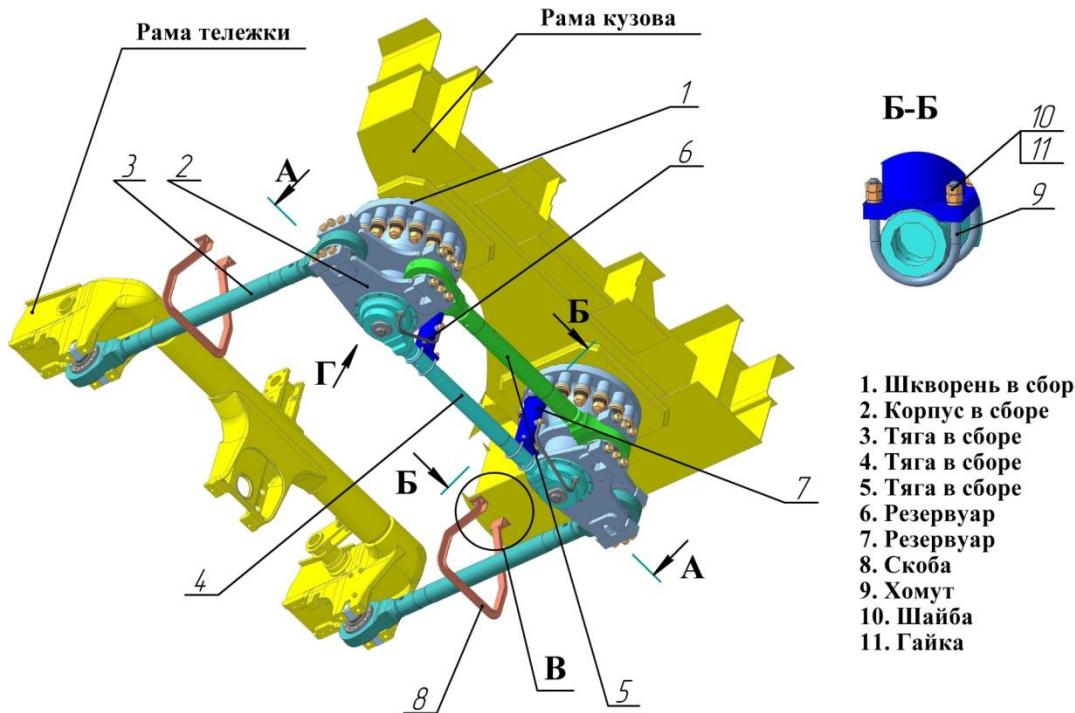


Рисунок 6 - Механизм передачи силы тяги

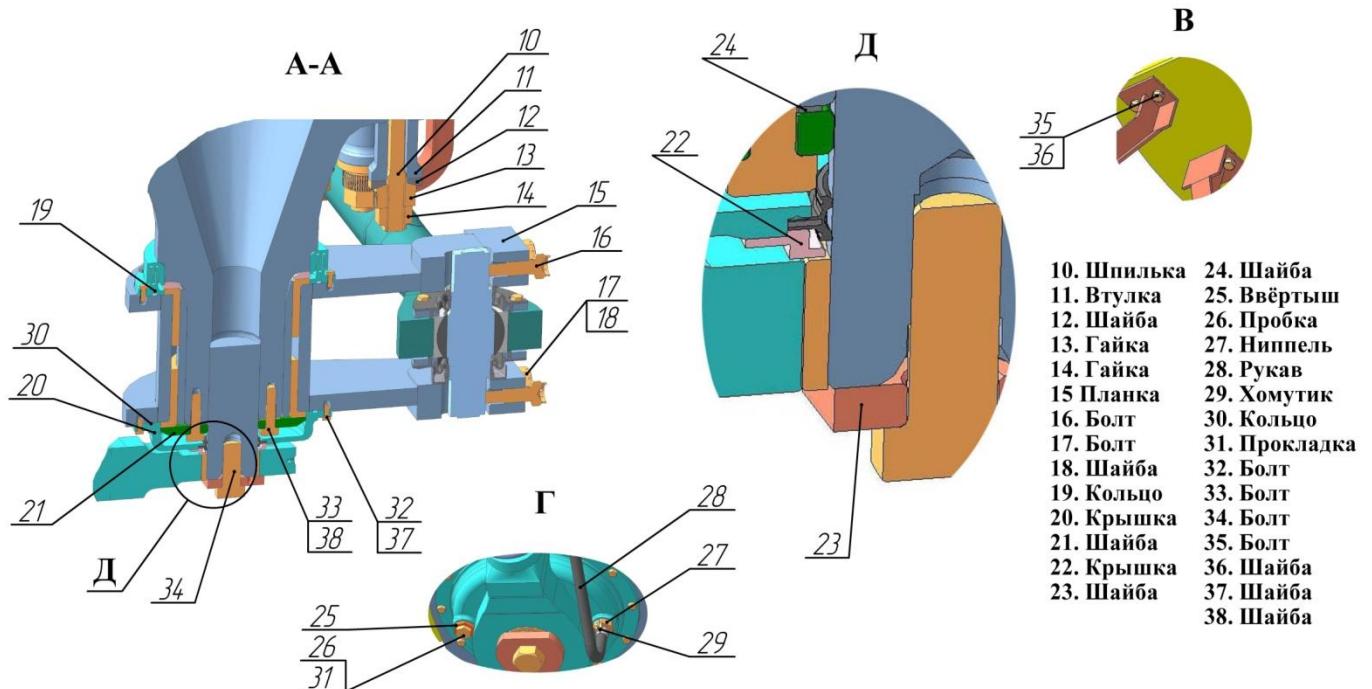


Рисунок 7 - Разрез шкворневого узла механизма передачи силы тяги

2.5 Устройство возвращающее

Устройство возвращающее (рисунок 8) служит для создания возвращающего усилия при перемещениях кузова относительно тележек превышающих зазор Б, равный 45 ± 1 мм. При движении электровоза в кривых сопротивление поперечным перемещениям кузова относительно тележек в пределах зазора Б создают пружины опор кузова. При больших перемещениях дополнительное возвращающее усилие создают пружины 1, на которые через упор 2 и шайбу 3 (пружины 1, упоры 2 и шайбы 3 установлены в корпусах 4) воздействует упоры 5, установленные на раме кузова. Зазор Б регулируется на полностью экипированном электровозе на нивелированном участке пути прокладками 6. При установке пружин 1 создается предварительный натяг на 1 мм за счет прокладок 9. Возвращающее усилие воспринимается крышками 10 закрепленными болтами 11 на корпусе 4, который закреплен на кронштейне средней поперечной балки рамы тележки.

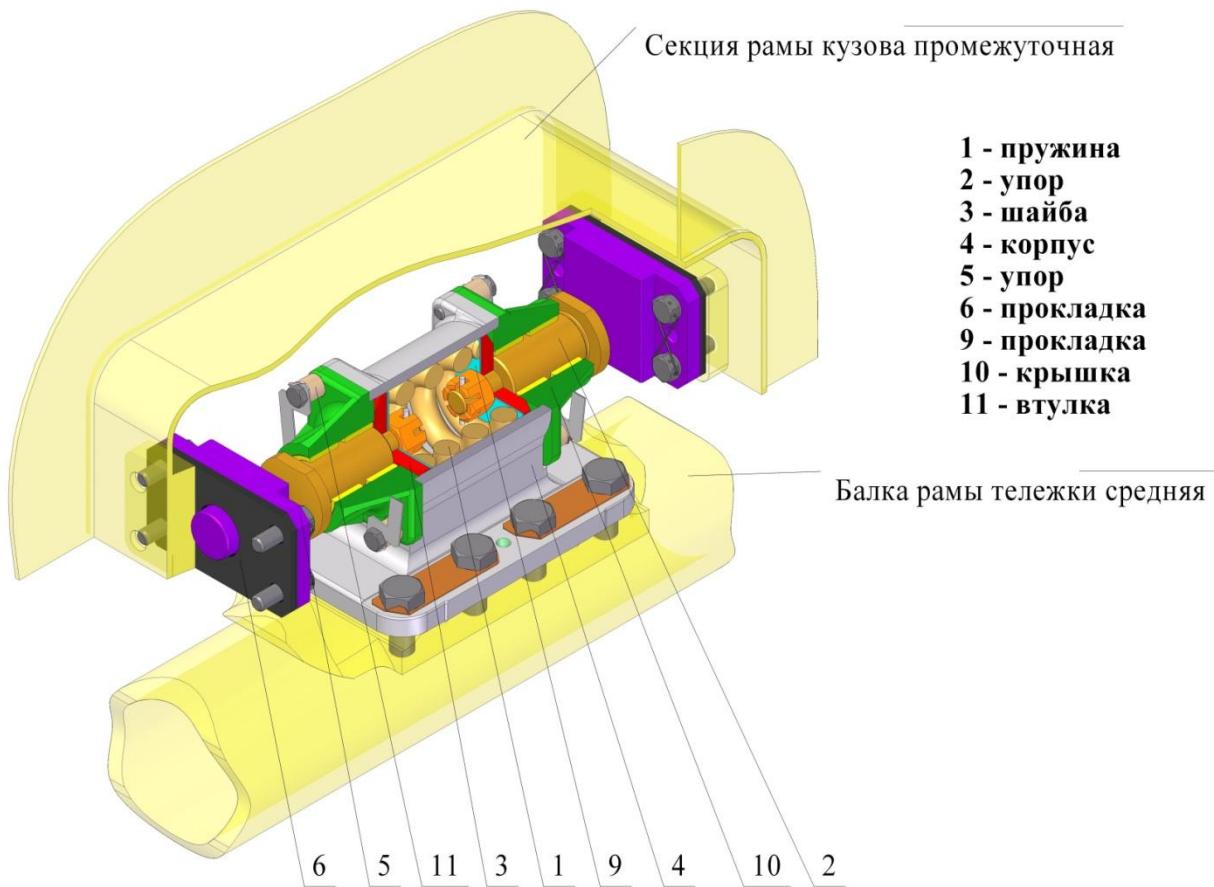


Рисунок 8 - Возвращающее устройство

2.6 Колесно – моторный блок

Колесно – моторный блок (рисунок 9) состоит из колесной пары 1, тягового электродвигателя 3, с закрепленной на нем опорой подшипников и кожухом редуктора тягового 2. Привод колесной пары от тягового редуктора осуществляется через полый карданный вал с шарнирно – поводковыми муфтами (рисунок 11). Поводки эластичной муфты привода полого вала установлены в проушины ступицы опоры подшипников и приварного привода полого вала при помощи валиков, которые в свою очередь закреплены гайками со стопорными шайбами. Поводки

эластичной муфты привода колеса установлены в проушины отъемного привода полого вала при помощи валиков, которые в свою очередь закреплены гайками со стопорными шайбами и на пальцы запрессованные в колесо, на которых также закреплены гайками со стопорными шайбами.

На вал тягового электродвигателя насажена шестерня 4 (рисунок 9) в горячем состоянии с осевым натягом 1,7...1,9 мм.

Кожух редуктора тягового 2 сварной и состоит из верхней половины кожуха и нижней половины кожуха, соединенных между собой болтами и винтами. Уплотнение стыков верхней и нижней половин кожуха осуществляется за счет герметика УЗОМ ГОСТ 13489-79, наносимого при сборке на плоскость стыка. Кожух своими расточками центрируется на крышке тягового электродвигателя и на лабиринтной крышке опоры подшипников. Уплотнения кожуха со стороны проушин ступицы опоры подшипников осуществляется войлочными сальниками, контактирующими с полированными канавками ступицы опоры подшипников. Верхняя половина кожуха крепится к тяговому электродвигателю и кронштейну подвешивания тягового электродвигателя установленного на опоре подшипников в трех точках болтами 3 и 4. Нижняя половина кожуха крепится к тяговому электродвигателю.. Регулировка положения кожуха относительно зубчатого зацепления производится шайбами. В кожух заливается 5 литров масла марки Тап-15В ТУ 38-101-176-74 – летом и марки ТМ-9п ТУ 5364-034-00148843-95 – зимой. Контроль уровня масла по щупу 8.

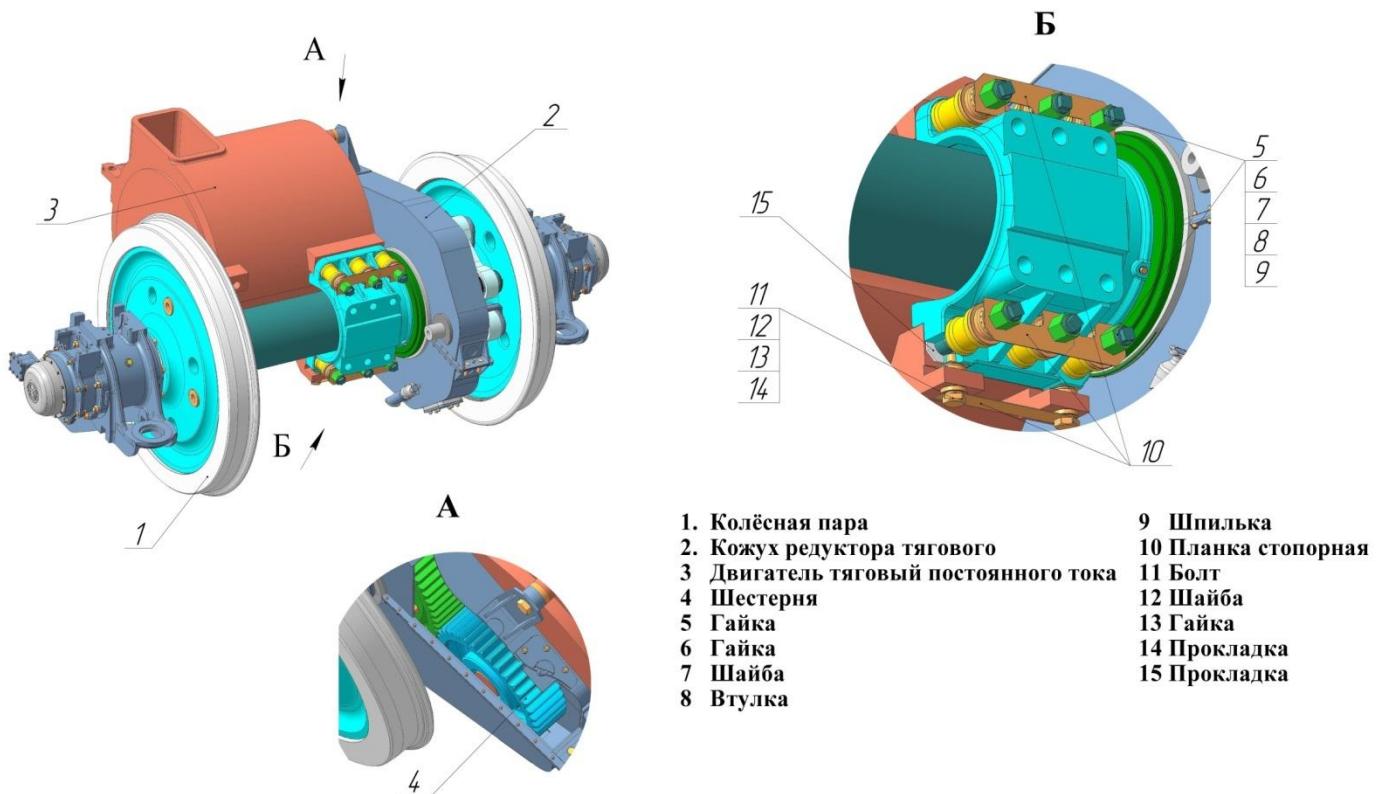


Рисунок 9 Колесно – моторный блок

2.7. Колесная пара

Колесная пара (рисунок 10) состоит из оси 4, колес 1 и 2 с бандажами и полого вала 3.

На полый вал установлена опора подшипников 7.

Опора подшипников (рисунок 11) состоит из опоры 1, на которой установлены крышка лабиринта 3, роликовые подшипники 12, проставочное кольцо 5, наружная крышка 9. Крепление крышки 9 производится болтами со стопорными шайбами. На подшипниках вращается ступица 2 с кольцом лабиринтным 8, проставочным кольцом 5 и крышкой внутренней 4 закрепленной болтами 11 со стопорными шайбами.

Ступица относительно опоры имеет осевой люфт в подшипниках в пределах 0,25...0,35 мм, который обеспечивается за счет обработки кольца проставочного 5.

На фланце ступицы 2 болтами с гайками и стопорными планками и штифтами, установленными с натягом, закреплен диск 14, на котором в свою очередь, призонными болтами с гайками закреплен зубчатый венец 15.

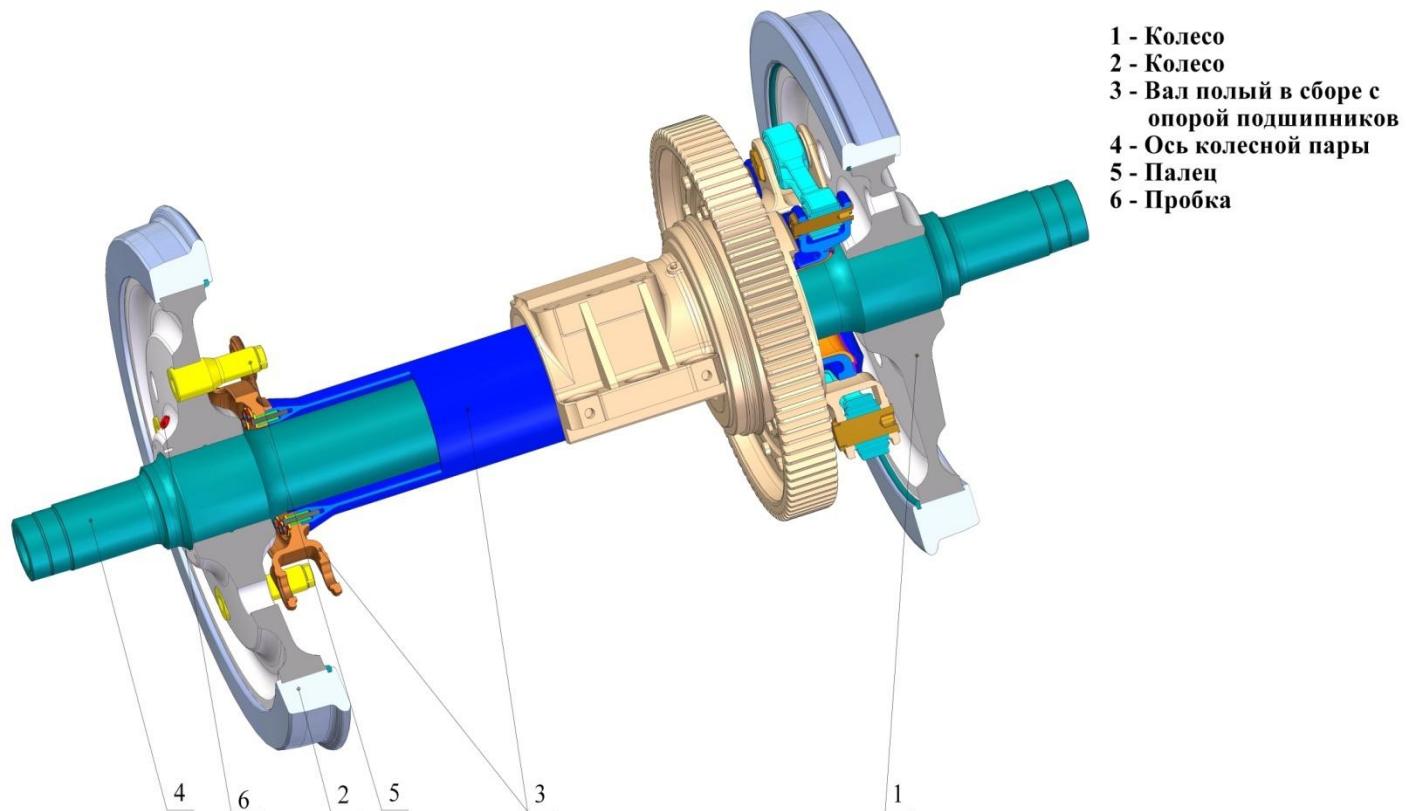


Рисунок 10 - Колесная пара

Добавление смазки в подшипники производится через канал, закрытый пробкой 10. Конструкция подшипникового узла ведомого зубчатого колеса позволяет

произвести его частичную разборку для производства ревизии подшипников без расформирования колесной пары.

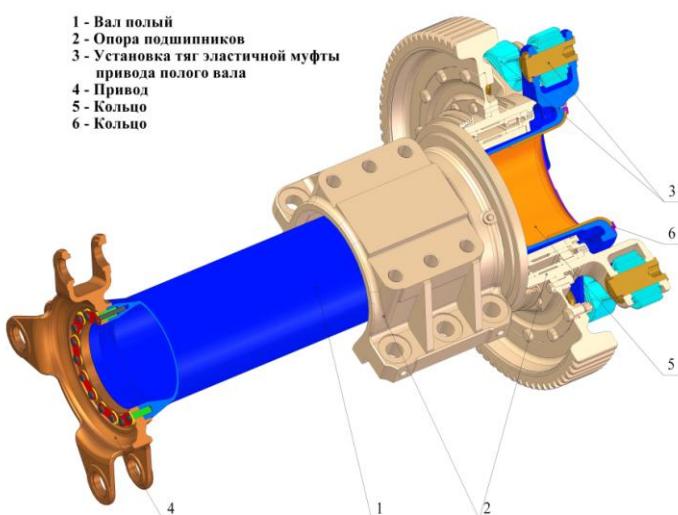
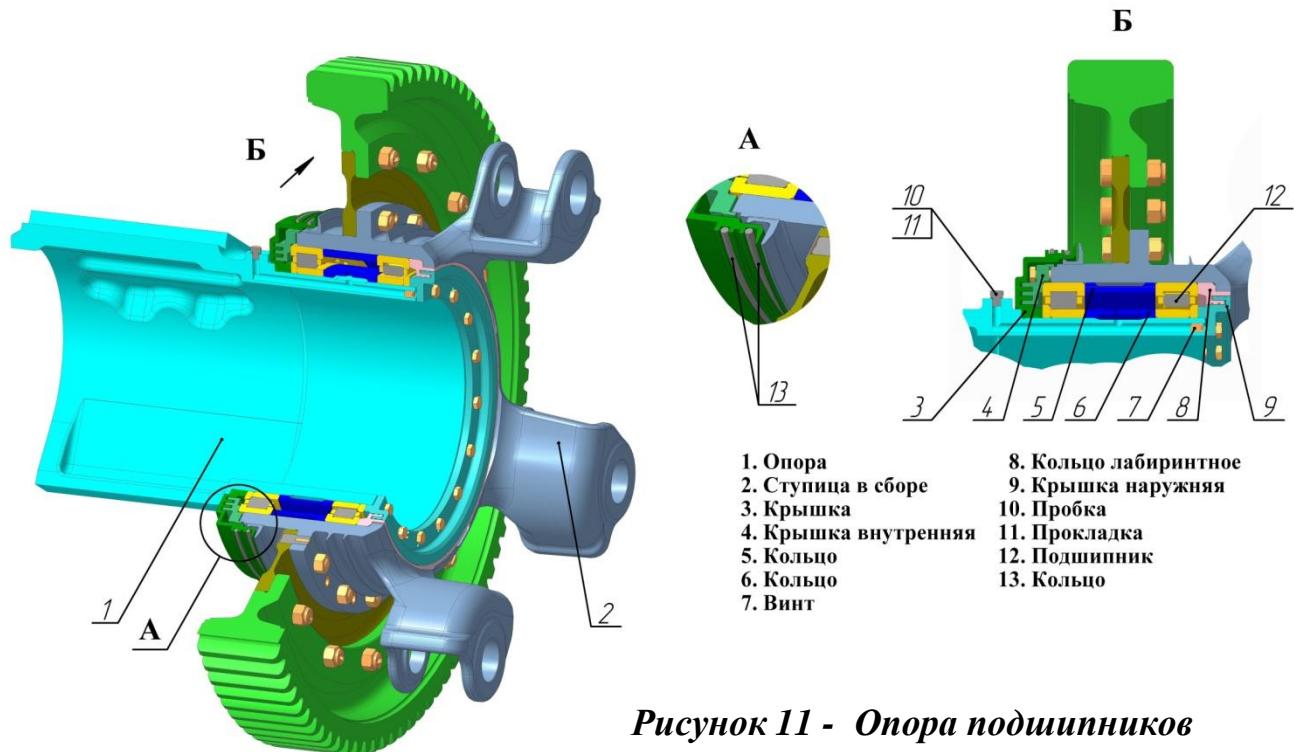


Рисунок - 12 Полый вал в сборе с подшипником

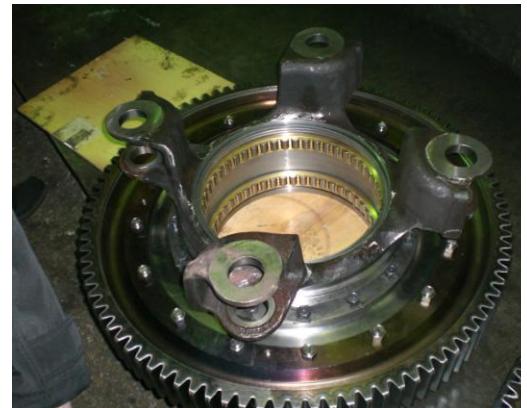


Рисунок 13 - Эластичный вал в сборе с зубчатым венцом

2.8. Установка колесно – моторных блоков

Колесно-моторные блоки (рисунок 14 и 15) имеют опорно-рамное подвешивание ТЭД. Через кронштейны прилитые к корпусам ТЭД и кронштейны 1, 2 и 3, закрепленные болтами 4 через втулки 26 на опоре подшипников, которая жестко крепится к остову тягового электродвигателя, ТЭД опираются на раму тележки. Кронштейны 1, 2 и 3 передают нагрузку через сферический шарнир 5, установленный в кронштейны 6, которые крепятся болтами 7 к раме тележки. Полость сферического шарнира при сборке заполняется маслом веретенным АУ ТУ 38.1011232-89 и герметизируется уплотнениями 8, которые болтами крепятся к кронштейнам 6. Кронштейны 1, 2 и 3 вместе с кронштейнами 6 имеют возможность свободно перемещаться (при незатянутых болтах 7) по вертикали за счет вращения болтов 9, обеспечивая, таким образом, центровку полового вала относительно оси колесной пары в вертикальном направлении. В горизонтальном направлении центровка регулируется за счет подбора прокладок 10-16.

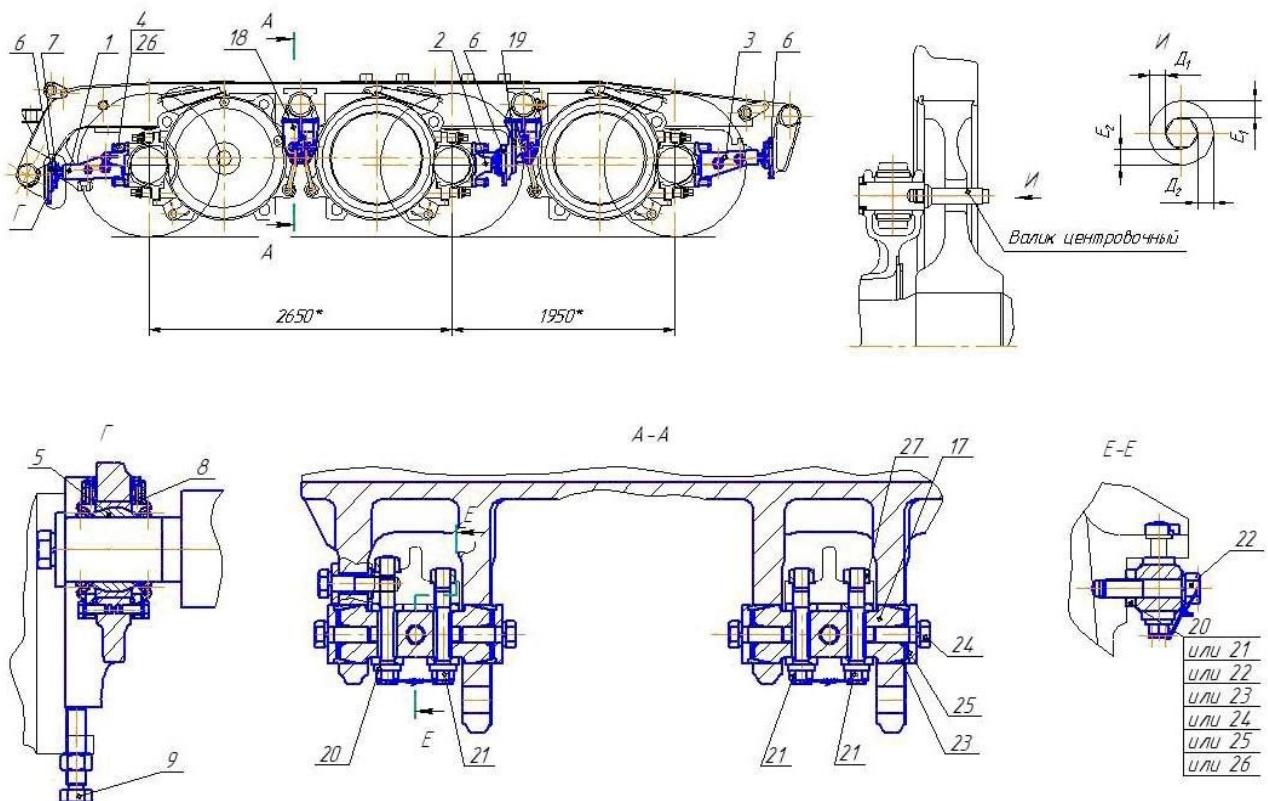


Рисунок 14 - Установка колесно – моторного блока в раме тележки

Кронштейны прилитые к корпусам ТЭД своими "лапами" опираются на валики 17, в средней части имеющие квадратные сечения и связанные с кронштейнами 18 и 19 болтами 20, 21 и 22 с гайками 27. Кронштейны 18 и 19 жестко закреплены с помощью штифтов, посаженных с натягом, болтов и гаек на средних поперечных балках рамы тележки. Концы валиков 17 выполнены коническими и устанавливаются в проушинах кронштейнов 18 и 19 через конические втулки 23, поджатые болтами 24 через шайбы 25.

Центровка полого вала контролируется по соосности отверстий проушины привода полого вала и отверстий в колесном центре. Разность размеров D_1 и D_2 , E_1 и E_2 не более 2 мм, причем E_1 должно быть меньше E_2 .

Для предотвращения падения тяговых электродвигателей с редукторами при аварийных ситуациях предусмотрены предохранительные подвески. Установка предохранительных подвесок показано на рисунке 15

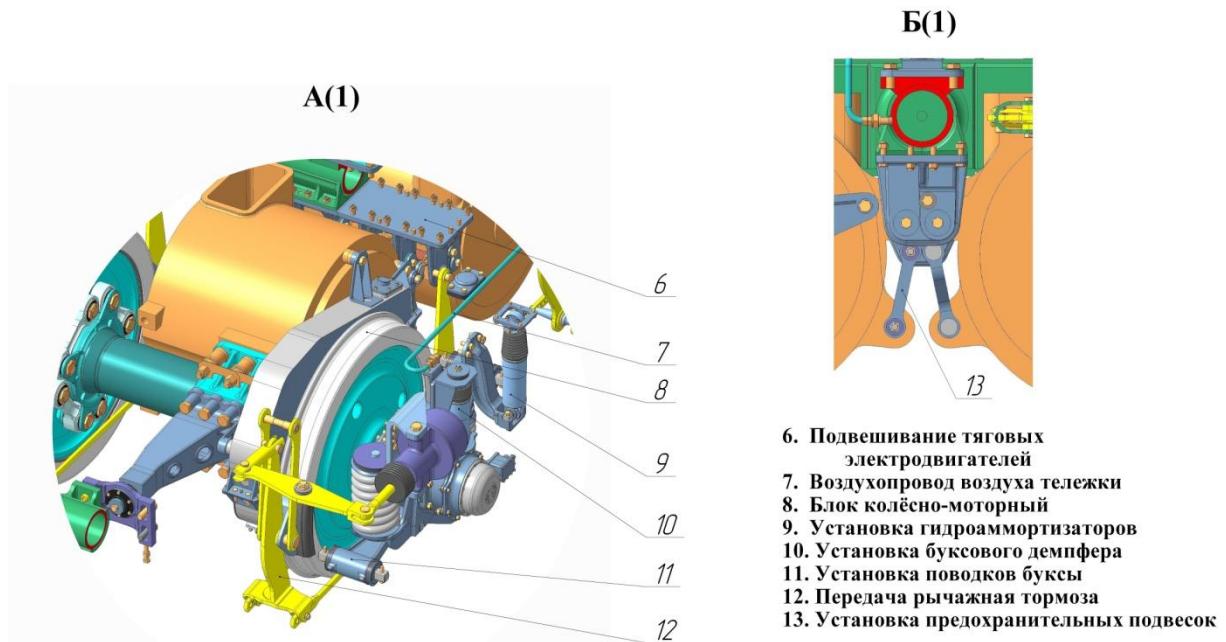


Рисунок 15 - Колесно – моторный блок, закрепленный в раме тележки

2.9 Буксы

Буксы электровоза – поводковые с подшипниками качения. Для восприятия вертикальных нагрузок в буксах крайних осей (рисунок 16) применены два цилиндрических подшипника 30-32532Л1М, а для восприятия осевых сил –по одному шариковому подшипнику 80.232Л1.

Буксы средних осей (рисунок 16) шариковых подшипников не имеют, а конструкция роликовых подшипников 30.152.532Л1М допускает свободный разбег колесной пары ± 14 мм.

На крышках буks крайних осей установлены токосъемники. Крышки буks крайних и средних осей имеют прилитые кронштейны, на которые устанавливаются буксовые демпферы.

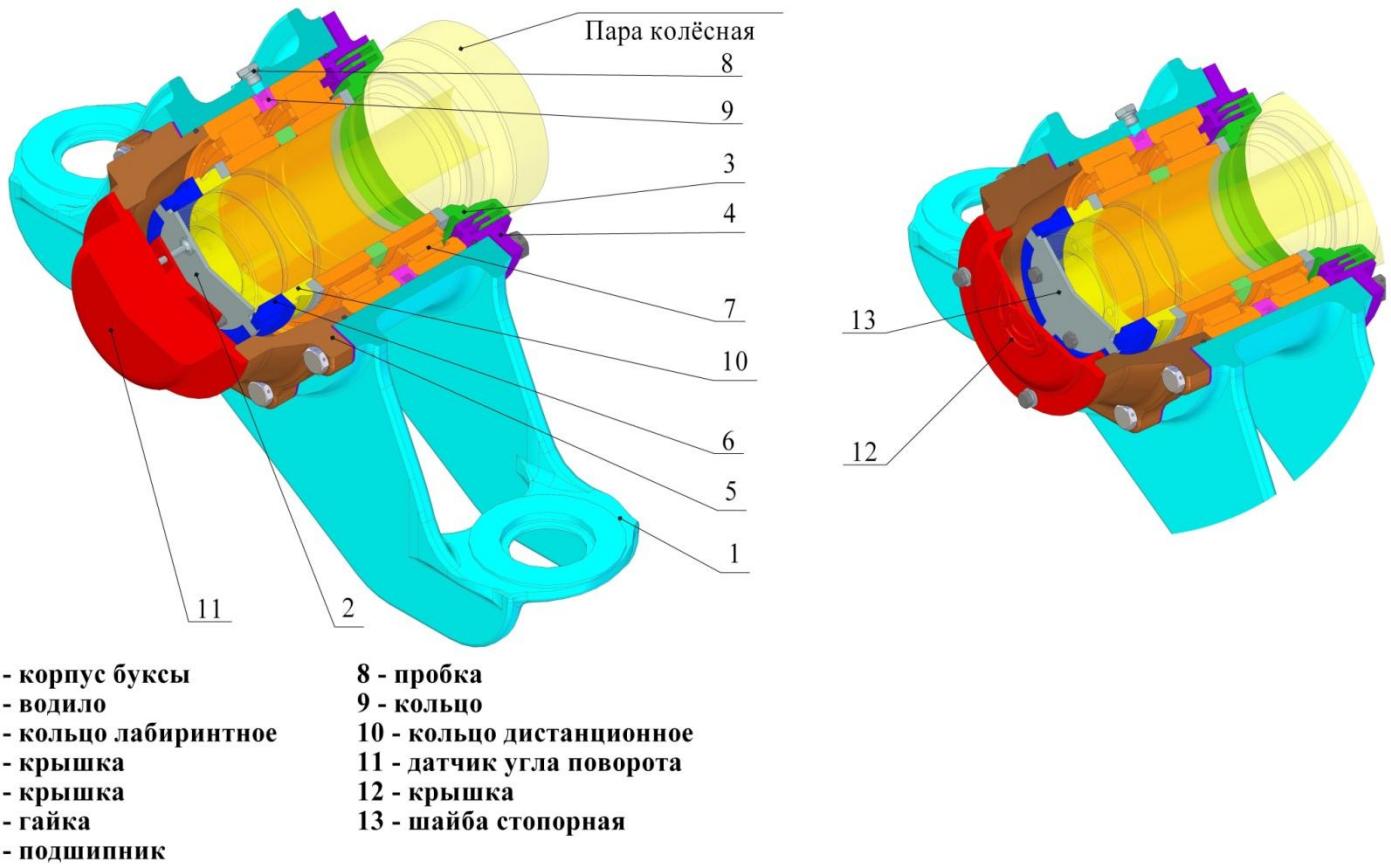


Рисунок 16 - Букса средней оси

Буксы с токосъемниками (рисунок 17) имеют дополнительное лабиринтное уплотнение со стороны противоположной колесу. Токосъемник служит для обеспечения отвода электрического тока от электровоза к рельсам железнодорожного полотна, который передается по кабелю к корпусу, с которого поступает на щеткодержатели 14 и через угольно – металлические щетки, находящиеся внутри щеткодержателей, передается на диск 5, а с него на диск 6, являющийся элементом наружного лабиринтного уплотнения, далее через втулки 23 и шайбы 24 на ось колесной пары и по кольцу 21 на колесо. В процессе эксплуатации необходим контроль величины износа щеток. Минимальная высота щеток допускается в эксплуатации 23 мм. Контроль высоты щеток производится при снятой крышке 9 специальным указателем износа щетки 8ТН.441.073 через отверстие в торце

щеткодержателя. В качестве смазки в буксовых узлах используется “Буксол” ТУ 0254-107-01124328-01.

Добавление смазки производится через отверстие в корпусе буксы закрытое пробкой.

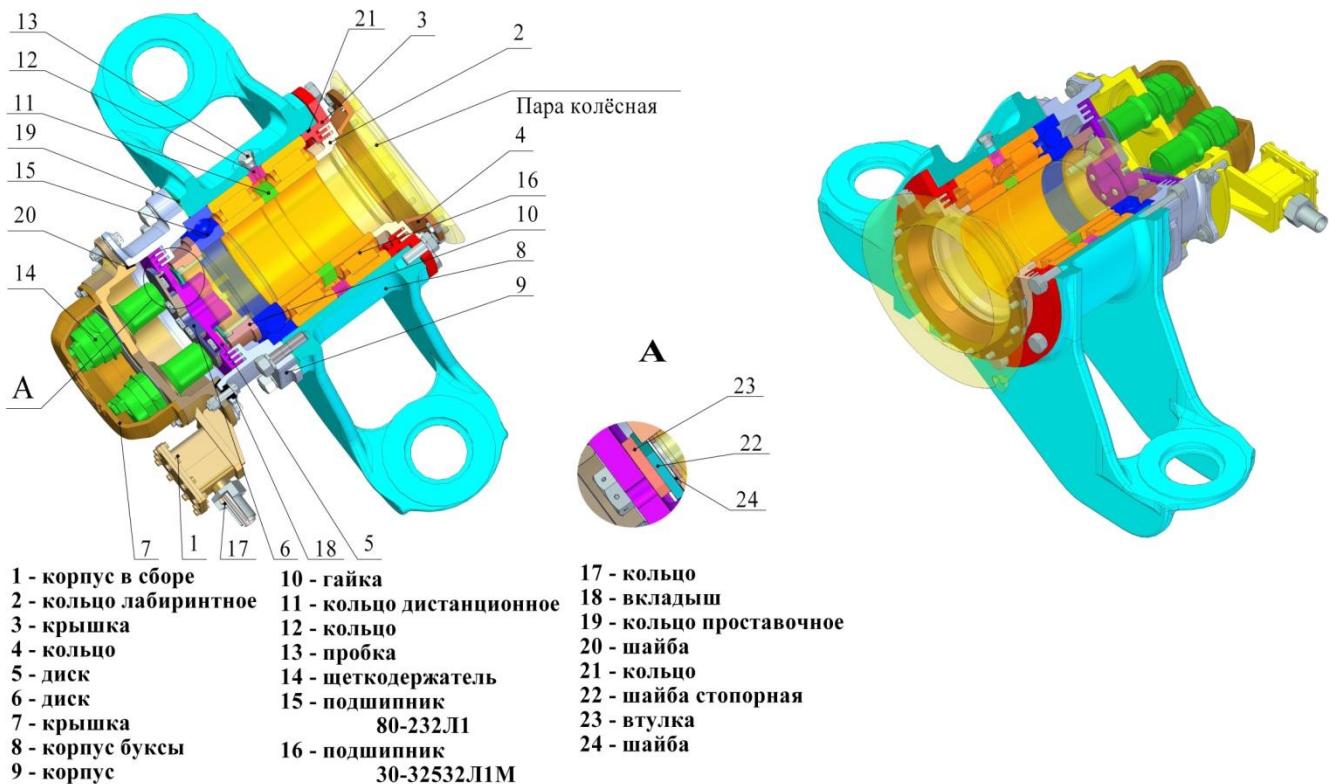


Рисунок 17 - Букса крайней оси с токосъемным

2.10 Демпфер буксовый

Демпфер буксовый (рисунок 18) служит для гашения колебаний тележки на пружинах первой ступени рессорного подвешивания. Демпфер состоит из сварного корпуса 1, в который установлен клапан 2, цилиндр 3, поршень в сборе со штоком и направляющей 4. Направляющая закреплена в корпусе гайкой 5. Через кольцо 6 и шайбу 7. Уплотнение корпуса производится резиновым кольцом 8.

Уплотнение штока производится манжетой 9, закрепленной в направляющей крышкой 10 и винтами 11, и фторопластовым кольцом 13, находящимся в направляющей.

В направляющей имеется канал из полости цилиндра в полость корпуса через трубку со штуцером. Поршень крепится на штоке гайкой. В поршне установлены разгрузочные клапаны: два – хода сжатия, два – хода растяжения и обратный клапан дросселя сжатия.

При ходе сжатия обратный клапан дроссельного режима в поршне открыт. Через его дроссельное отверстие под давлением протекает масло из подпоршневой полости в надпоршневую полость, создавая при этом силу сопротивления. Часть перетекающего объема через канал в направляющей и трубу поступает в полость корпуса. При резком перемещении поршня развивается большое давление масла под поршнем, и открываются разгрузочные клапана хода сжатия, открывая дополнительные проходы масла через поршень. При ходе растяжения открывается впускной клапан, преодолевая сопротивление пружины, и масло из полости корпуса перетекает в подпоршневую полость. Обратный клапан в поршне закрыт, и масло из надпоршневой полости под давлением перетекает по каналу в направляющей, через дроссельное отверстие в штуцере и трубу в полость корпуса, создавая при этом силу сопротивления. При резком перемещении поршня развивается большое давление масла над поршнем, и открываются разгрузочные клапаны хода растяжения установленные в поршне, открывая дополнительный проход маслу в поршневую полость.

В верхней части буксового демпфера между шайбой установленной на штоке и корпусом демпфера устанавливается резиновый чехол 12.

Установка буксовых демпферов 1 (рисунок 19) производится между кронштейнами 1 установленными на раме тележки и крышками буск крайних и

средних колесных пар через резиновые амортизаторы 5 зажатыми гайками и болтами.

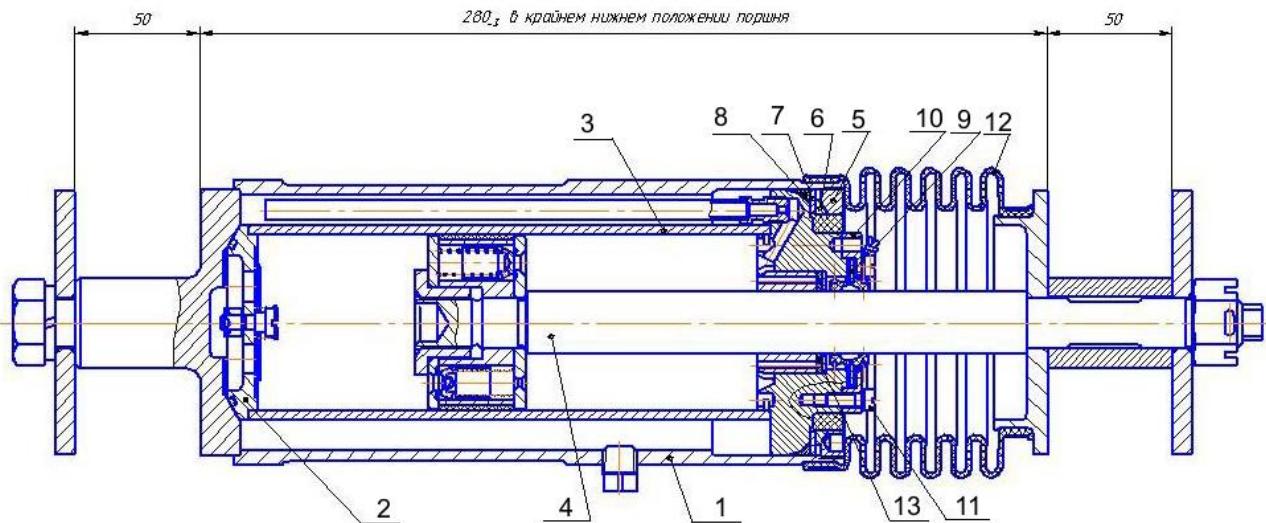


Рисунок 18 - Буксовый демпфер

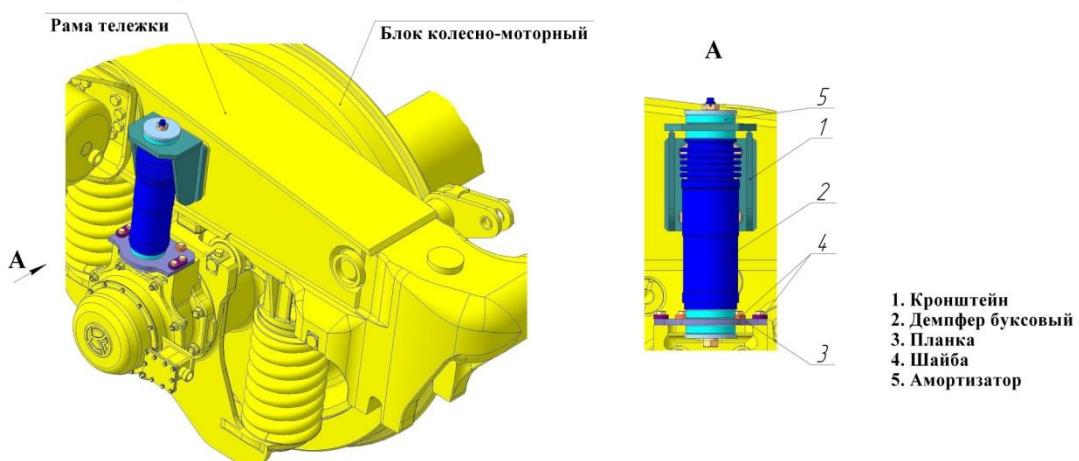


Рисунок 19 - Установка буксового демпфера

2.11 Гидроамортизатор

Гидроамортизатор (рисунок 20) предназначен для гашения вертикальных и горизонтальных колебаний кузова относительно тележки. Он состоит из сварного

корпуса 1, в который установлены впускной клапан 2, цилиндр 3, шток в сборе с направляющей 4. Уплотнение штока в направляющей "Б" производится фторопластовым кольцом 5 и манжетой 6, устанавливаемые при сборке направляющей. Направляющая закреплена в корпусе гайкой 10.

В направляющей имеется канал из полости цилиндра в полость корпуса через трубку со штуцером. Для удаления воздуха из цилиндра при горизонтальном положении гидроамортизатора служит кольцевая проточка в направляющей, соединенная с клапаном и полостью цилиндра двумя сверлениями. Поршень 8 крепится на штоке гайкой 9. В поршне установлены разгрузочные клапаны: два – хода сжатия, один – хода растяжения и клапан дроссельного режима хода сжатия.

На головку штока и корпус надет защитный чехол 11. На головке корпуса со стороны подводящего канала к выпускному клапану выполнены сверление и маркировка "НИЗ", по которым ориентируется гидроамортизатор при установке его в горизонтальное положение. По этой же маркировке ориентируется при сборке гидроамортизатора метка на направляющей, обеспечивающая расположение трубы внизу корпуса и удаление воздуха из цилиндра. Принцип работы одинаков с буксовым демпфером.

2.12 Установка гидроамортизаторов

В соответствии с рисунком 21 вертикальные гидроамортизаторы к раме тележки крепятся через кронштейны 6, к раме кузова вертикальные гидроамортизаторы крепятся через кронштейны 5.

Горизонтальные гидроамортизаторы 4 крепятся на раму тележки к средней поперечной балке через кронштейны 1, а к раме кузова через кронштейны 3. Для обеспечения правильной работы горизонтальных гидроамортизаторов необходимо при установке кронштейнов контролировать разность действительных размеров. Контроль производить на полностью укомплектованном, собранном и

экипированном электровозе, на прямом нивелированном пути. Корпус горизонтального гидроамортизатора должен быть установлен в соответствии с маркировкой "НИЗ" на головке корпуса гидроамортизатора.

В головках гидроамортизаторов установлены шарнирные подшипники 6, в которые запрессованы пальцы. С торцов головок устанавливаются резиновые защитные уплотнения 7, предотвращающие утечку смазки из полости подшипников. В качестве смазки заливается масло веретенное АУ ТУ38.1011232-89.

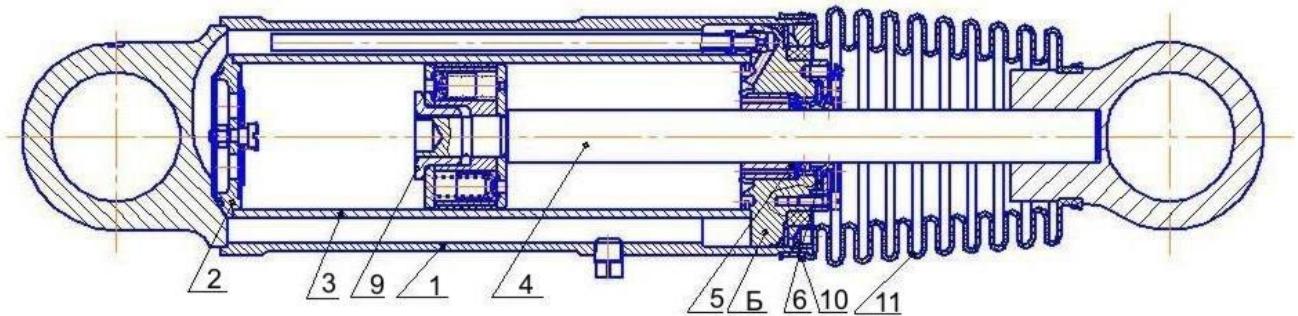


Рисунок 20 - Гидроамортизатор

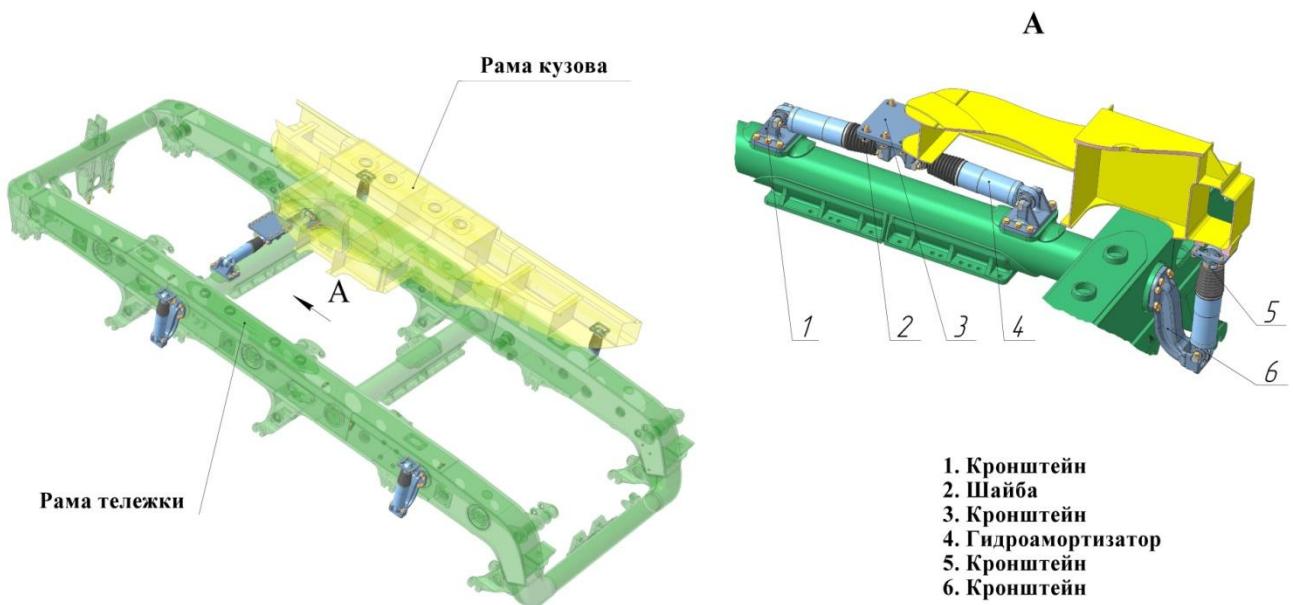


Рисунок 21 - Установка гидроамортизаторов

2.13 Поводок буксовый

Поводки буксовые (рисунок 22) передают тяговые и тормозные усилия от колесной пары и удерживают ее в определенном положении относительно рамы тележки. За счет деформации резиновых амортизаторов поводки допускают упругие поперечные и вертикальные перемещения букс относительно рам тележек.

Буксовый поводок состоит из: амортизатора поводка длинного 1, амортизатора поводка короткого 2, амортизатора торцевого 3, корпуса поводка 6, штифтов 7 и проставочной втулки 8. Амортизаторы запрессованы в корпусе поводка, а торцевые амортизаторы на валики.

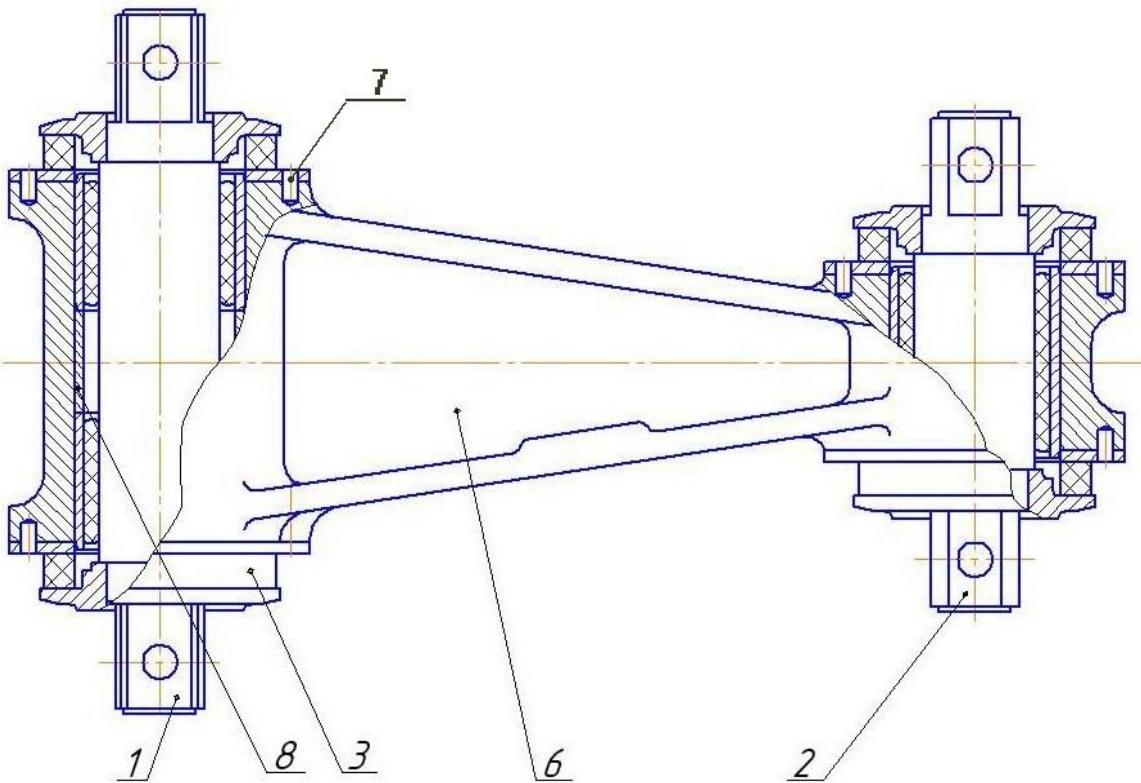


Рисунок 22 - Буксовый поводок

2.14 Буксовое рессорное подвешивание

Буксовая ступень рессорного подвешивания (рисунок 23) состоит из пружин 1, амортизаторов 2, нижних и верхних направляющих чащ 3,6, опоры 5. Верхние чаши имеют направляющие штыри для фиксирования амортизаторов и пружин на раме тележки и резьбовые отверстия для ввертывания технологических болтов, служащих для фиксации пружин в сжатом состоянии при их монтаже и демонтаже. Для регулирования нагрузок на колеса и оси электровоза при взвешивании между рамой тележки и резино – металлическими амортизаторами устанавливаются регулировочные шайбы 7 .

При переточки бандажей, а также переподкатки колесных пар необходимо заново отрегулировать распределение нагрузки по колесам и колесным парам установкой

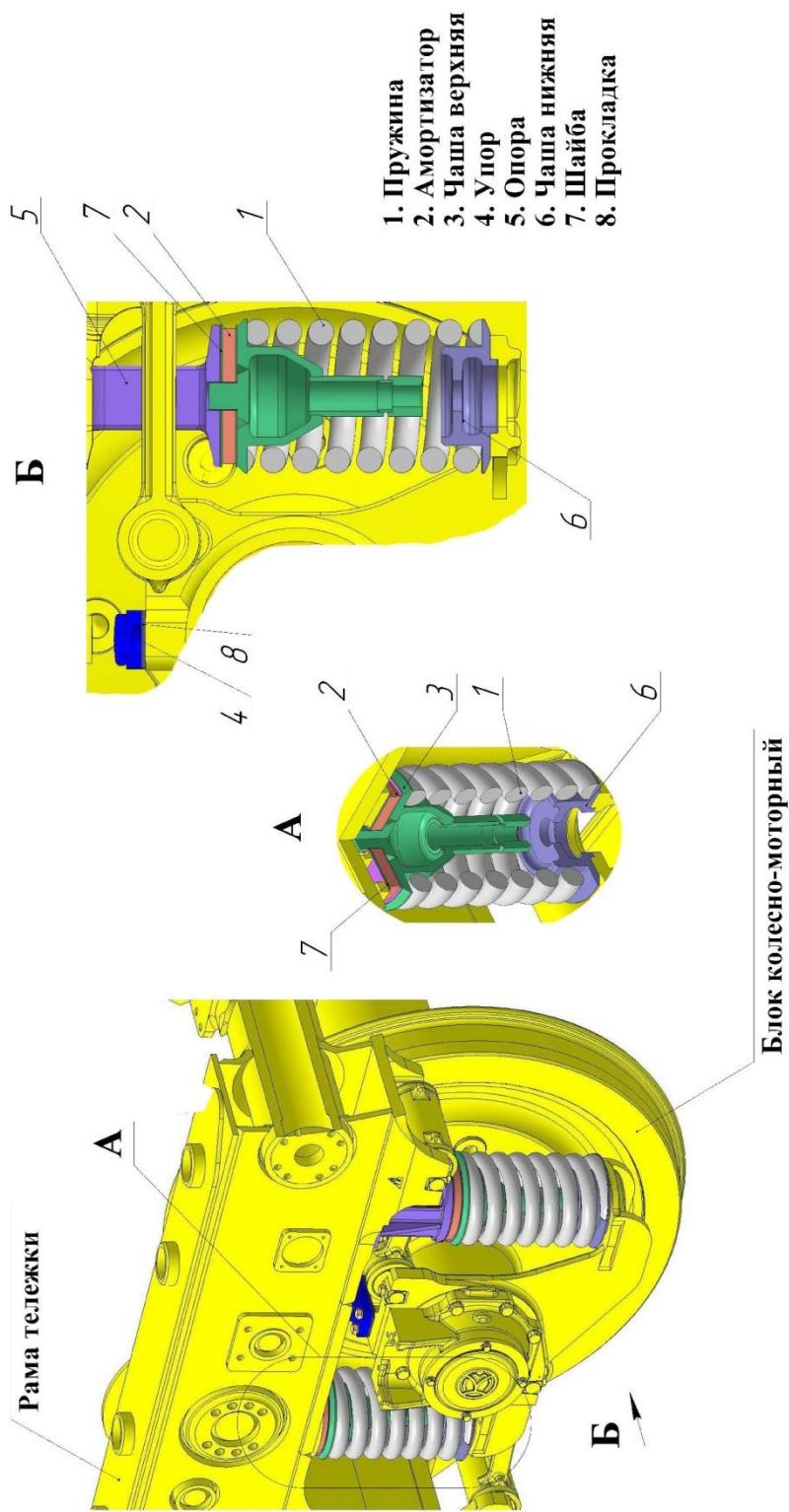


Рисунок 23 – Буксовая ступень рессорного подвешивания

(снятием) шайб, при этом устанавливать (снимать) шайбы допускается только под обе пружины буксы одинаковой толщины. При отсутствии в депо весов допускается развеску регулировать ориентируясь на высоты пружин, которые замерены на электровозе после регулировки развески на заводе – изготовителе на прямом нивелированном пути и занесены в формуляр электровоза. Разность высот пружин указанных в формуляре электровоза и замеренных вновь при регулировке развески допускается не более 1 мм. Замеры высот пружин производить на полностью укомплектованном, собранном и экипированном электровозе на прямом, нивелированном пути удовлетворяющем требованиям инструкции ЭП2К.31.07.000И.

Действительные высоты пружин определяются путем замера размера Е (рисунок 24) при этом величина Е-10 мм соответствует высоте пружины. Размеры Е замерять с точностью 0,1 мм. Замеры размера Е производить в плоскости перпендикулярной продольной оси тележки, проходящей через ось пружины. При регулировке развески необходимо иметь ввиду, что разность радиусов колеса до переточки и после должна быть примерно равна суммарной толщине шайб 7 устанавливаемых под каждую пружину букс колесной пары подвергнутой переточки. При установки шайб 7 необходимо иметь ввиду, что максимальная суммарная их толщина с учетом установленных ранее должна быть не более 16 мм. После регулировки развески необходимо проверить центровку полых валов относительно колесных пар и при необходимости. В случае выкатки и разборки тележки необходимо вновь оттарировать пружины буксового рессорного подвешивания с занесением новых данных тарировки на бирки, прикрепленные к пружинам и в формуляр электровоза. В этом случае при отсутствии в депо весов развеску электровоза допускается регулировать руководствуясь данными тарировки. При этом при сборке тележки количество шайб 7 под каждую пружину подбирать так, чтобы

фактическая высота пружины, указанная на бирке вновь и суммарная толщина шайб 7 устанавливаемых на одну пружину составляла величину 350 мм, а при замере высоты буксовых пружин на укомплектованном, собранном и экипированном электровозе на прямом нивелированном пути их разность с обозначенной на бирке вновь не должна превышать 3 мм. Кроме того необходимо отрегулировать зазоры между ограничителями вертикальных перемещений букс и рамой тележки (размеры В и Г) прокладками 8 на прямом нивелированном пути, которые должны быть 32 ± 1 мм для крайних колесных пар и 30 ± 1 мм для средних, и занести эти новые данные по зазорам в формуляр электровоза.

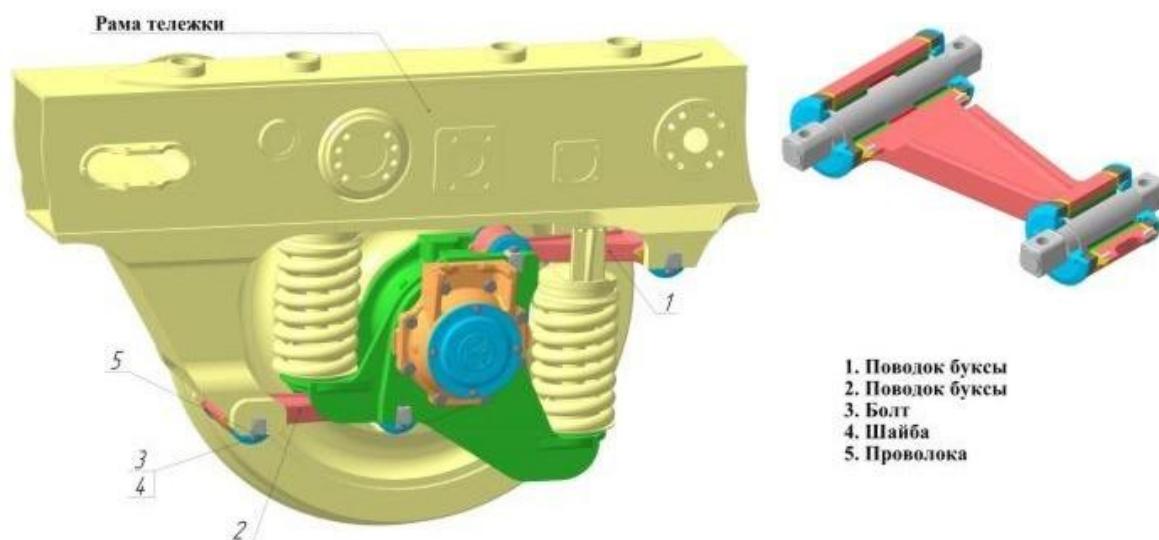


Рисунок 24а - Установка буксовых поводков

Рис. 24б - Колесная пара с рессорным подвешиванием



3. Система централизованного воздухоснабжения электрических машин и аппаратов (ЦВС)

Система ЦВС (рисунок 25) предназначена для обеспечения подачи охлаждающего воздуха к тяговым электродвигателям, преобразователям ПСН, преобразователю ПВИ-8и обеспечения наддува кузова электровоза.

Конструктивно система ЦВС состоит из двух одинаковых блоков. Каждый блок служит из воздухоочистителя 1, глушителя шума вентилятора 2, вентилятора ЦВС 3, осерадиального диффузора 4 и воздуховодов подачи воздуха к потребителям.

Глушитель вентилятора, изготовленный из стеклопластика, крепится к вентилятору ЦВС и соединен со стеклопластиковым коллектором, прикрепленным к крыше электровоза, хомутами и резиновым рукавом. Стеклопластиковый радиальный диффузор крепится к корпусу и соединен со стеклопластиковым корпусом вентилятора (осевой частью осерадиального диффузора) хомутами и резиновым рукавом.

3.1.Воздуховоды

Вентилятор ЦВС 3 засасывает воздух из атмосферы через воздухоочиститель ЦВС 1 и нагнетает его по воздуховодам 5, 6, 7, 8, 9, 10, расположенными в раме кузова, к потребителям. Воздуховоды выполнены из листовой стали. Подсоединение потребителей к воздуховодам осуществляется с помощью резиновых и брезентовых рукавов. Регулирование расхода охлаждающего воздуха по потребителям осуществляется с помощью регулировочных лопастей вентилятора ЦВС 3.

Расход воздуха между потребителями определяется по величине статического давления, замеренного в контрольных точках.

Контрольные точки расположены: у тяговых электродвигателей – в коллекторной камере; у преобразователей – на патрубках подвода воздуха к преобразователям.

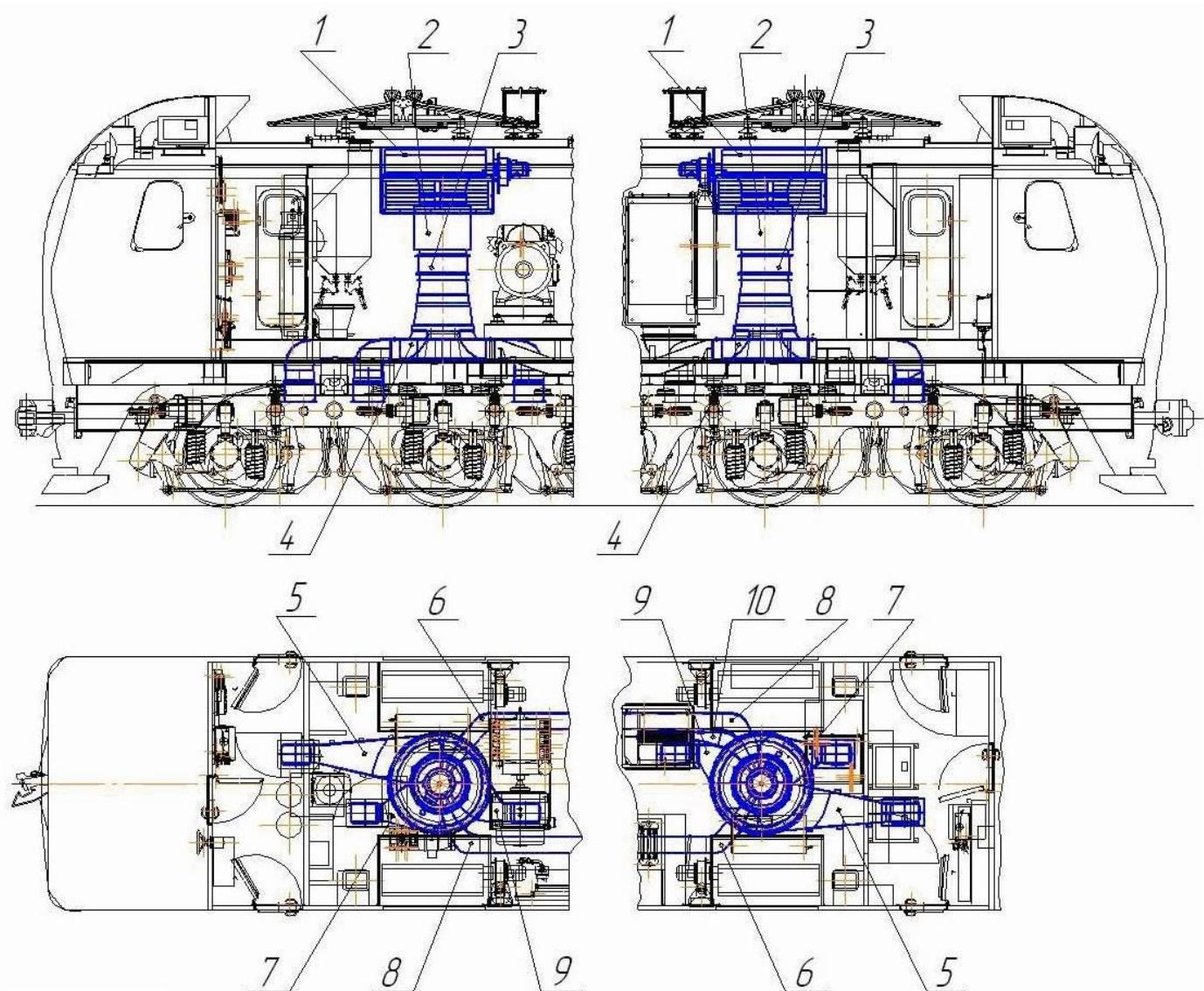


Рисунок 25 - Система ЦВС

3.2. Вентилятор ЦВС

Вентилятор ЦВС (рисунок 26) выполнен по схеме НА + К +СА (направляющий аппарат, рабочее колесо, спрямляющий аппарат).

Рабочее колесо 1 состоит из стальной ступицы 2 и колеса вентилятора 1 (совместно отлитыми из стеклонаполненного полиамида диска и 19 профилированных лопаток). Колесо вентиляторное соединено со ступицей при помощи фланца

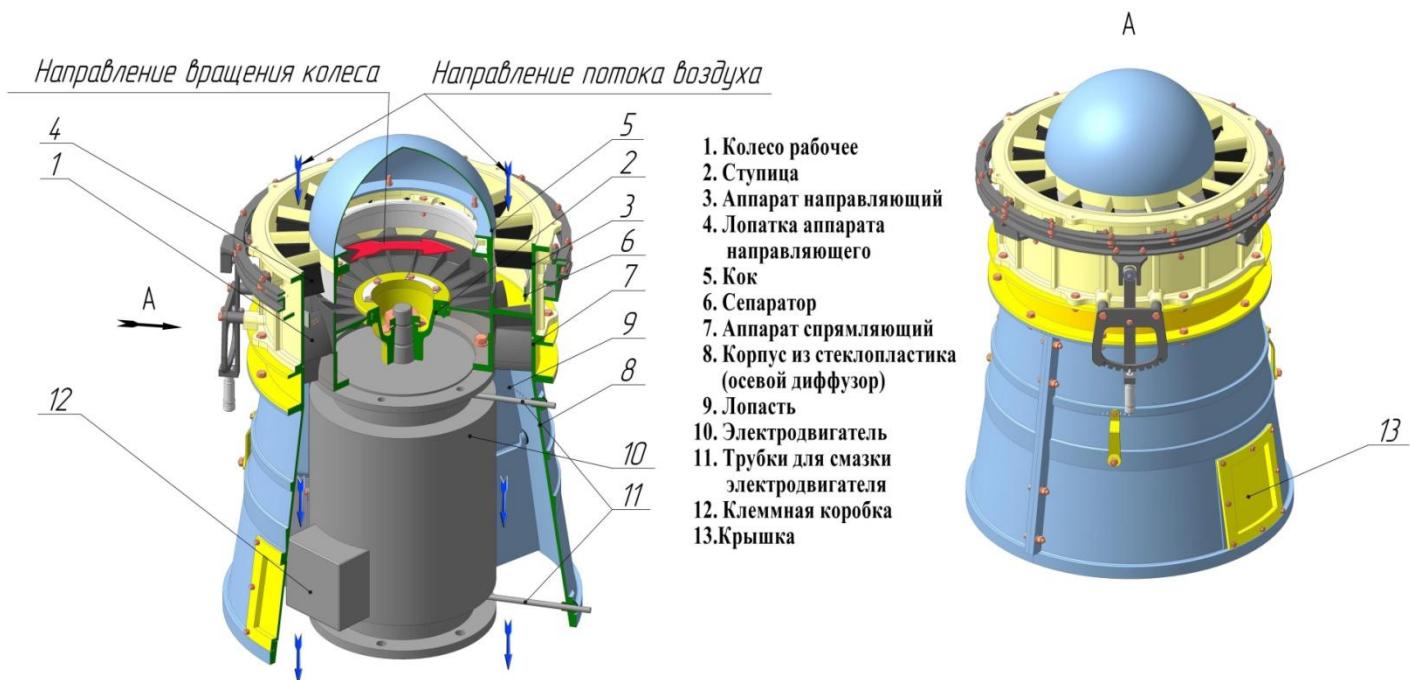


Рисунок 26 - Вентилятор ЦВС

Направляющий аппарат (корпус вентилятора) 3 имеет 15 поворотных стеклопластиковых лопаток 4, изменением угла установки которых можно регулировать напор и производительность вентилятора ЦВС. Поворот лопаток 4 осуществляется вручную рукояткой поворотного устройства. После регулировки раздачи воздуха по потребителям, рукоятка поворотного устройства пломбируется.

Для регулировки раздачи воздуха по потребителям служат поворотные лопасти 9. Спрямляющий аппарат 7 сварен из листовой стали и имеет 15 лопаток.

Спрямляющий аппарат 7 крепится к верхнему фланцу приводного электродвигателя (АЖВ180) 9 посредством болтового соединения. К верхнему и нижнему фланцам спрямляющего аппарата крепятся соответственно направляющий аппарат 3 и стеклопластиковый корпус 8, являющийся осевой частью осерадиального диффузора вентилятора. Для обслуживания электродвигателя 10 в нижней части стеклопластикового корпуса предусмотрен люк. Смазка подшипниковых узлов электродвигателя осуществляется через трубы 11.

Колесо рабочее установлено на коническом конце приводного вала электродвигателя. Нижним фланцем электродвигатель закреплен на специальной тумбе, приваренной к раме электровоза.

3.3 Установка моторов-вентиляторов воздухоочистителя ЦВС

Установка моторов-вентиляторов воздухоочистителя ЦВС (рисунок 27) предназначена для удаления загрязненного воздуха из воздухоочистителя ЦВС.

Моторы-вентиляторы 1 и 2 крепятся фланцами корпусов вентиляторов к фланцам крыши воздухоочистителей. Рукавами 3 моторы-вентиляторы соединены с патрубками отсоса.

Моторы-вентиляторы 1 и 2 отличаются друг от друга только углом установки корпуса вентилятора относительно электродвигателя.

Мотор-вентилятор (рис. 28) состоит из колеса рабочего (центробежного) 3, корпуса 2, входного патрубка 1, асинхронного электродвигателя (АЭВ71А2) 5 и промежуточного фланца 4, служащего для соединения электродвигателя 5 и корпуса 2. Колесо рабочее установлено на коническом конце приводного вала электродвигателя.

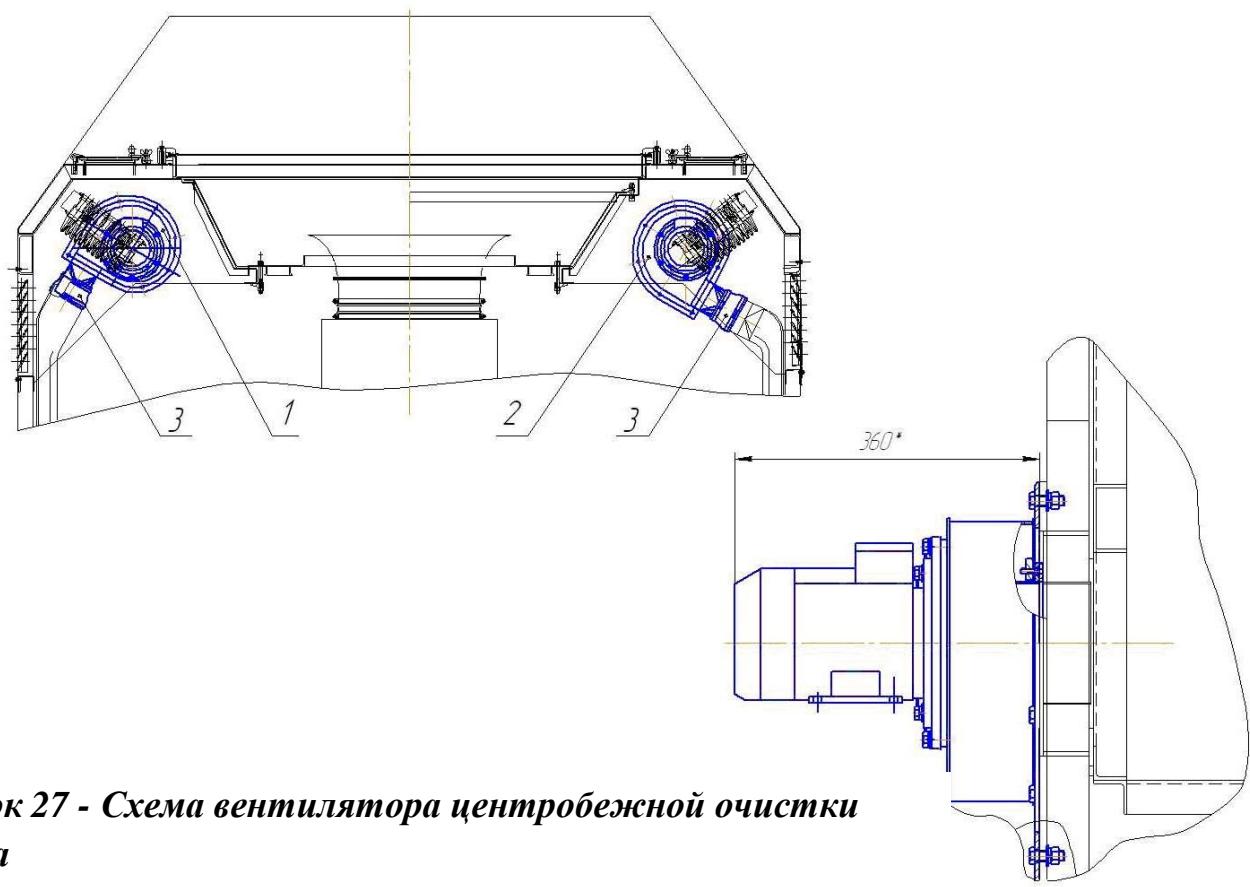


Рисунок 27 - Схема вентилятора центробежной очистки воздуха

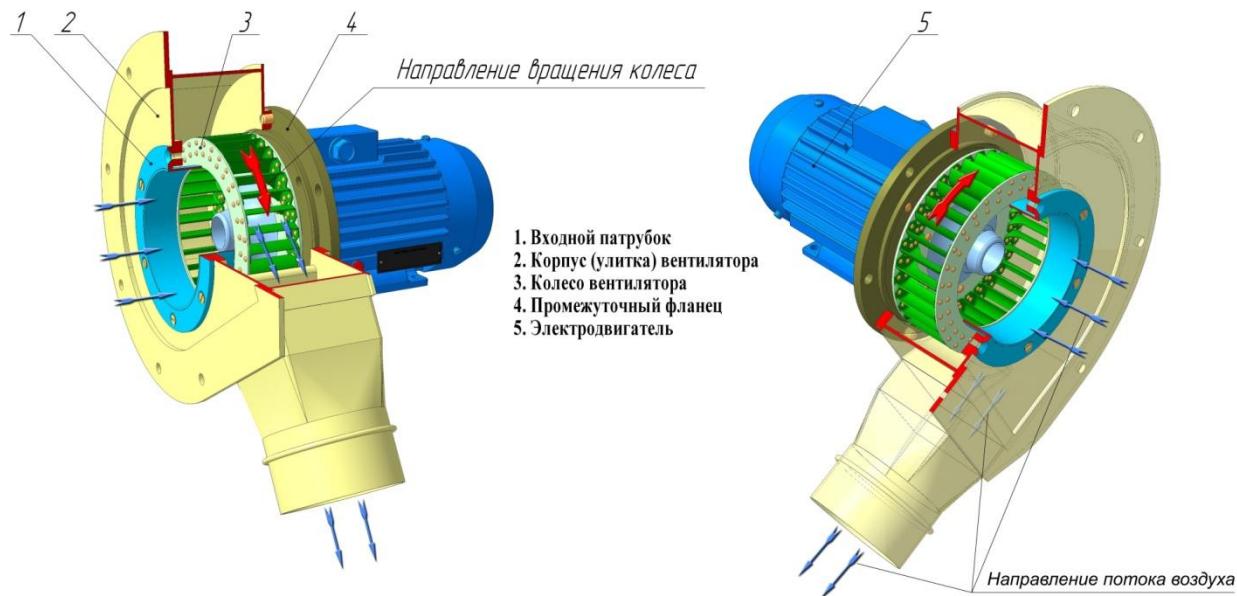


Рисунок 28 - Рисунок вентилятора центробежной очистки воздуха

3.4. Установка моторов-вентиляторов (охлаждения пуско–тормозных резисторов).

Установки моторов-вентиляторов предназначены для охлаждения лент блоков пуско-тормозных резисторов (БПТР).

Конструкция установки моторов-вентиляторов показана на рисунке 30 и рисунке 31.

Электродвигатель 1 устанавливается на опору 2 и накрывается сверху пластмассовым корпусом 3. К фланцу электродвигателя крепится корпус вентилятора 4, состоящий из двух частей, в разъеме которых устанавливаются лопатки направляющего аппарата 6 для регулирования расхода и напора воздуха. Рабочее колесо вентилятора 7, состоящее из диска, ступицы и лопаток, насаживается на конический вал электродвигателя с натягом и фиксируется гайкой 10.

Стеклопластиковые лопатки рабочего колеса крепятся в диске замками типа "ласточкин хвост" посредством клеевого соединения и стопорными пластинами.

Мотор-вентилятор устанавливается в крышевой секции на резино-металлических амортизаторах 8 типа АКСС-300М и изоляторах 9.

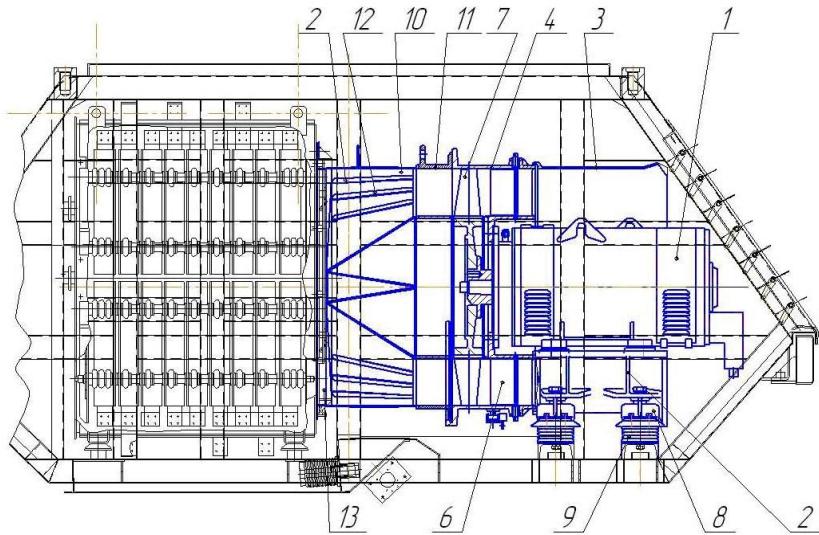
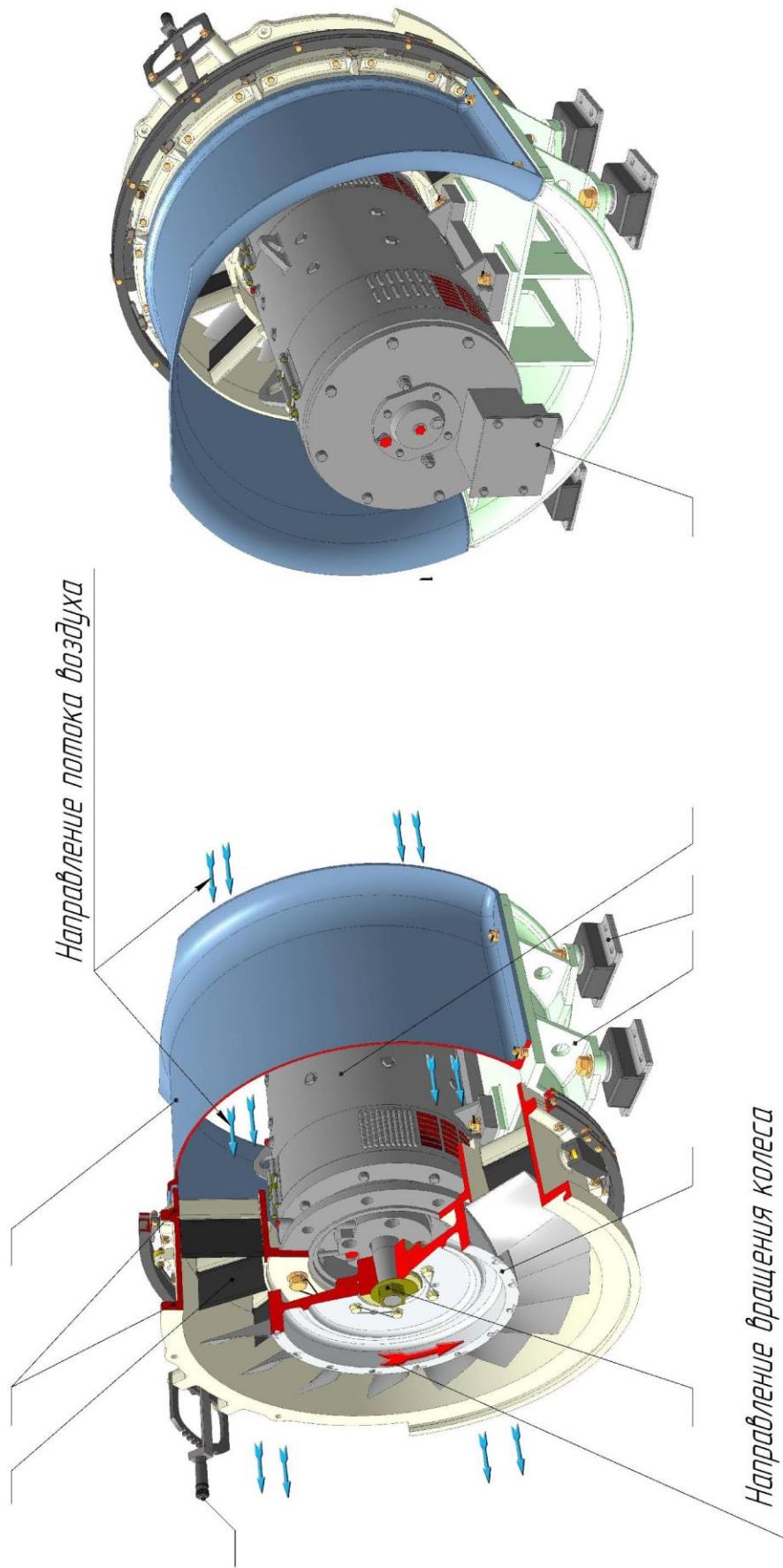


Рисунок 30 - Конструкция мотор – вентилятора охлаждения пускотормозных резисторов

Рисунок 31 - Общий вид мотор – вентилятора охлаждения пускотормозных



3.5. Канал нагнетательный.

Нагнетательный канал 10 (рисунок 30) выполнен сварным и состоит из спрямляющего аппарата 11 и канала распределения воздуха 12. Канал распределения воздуха служит для изменения формы сечения потока воздуха с кольцевого, после вентилятора, на два прямоугольных, перед блоком тормозных резисторов и обеспечения равномерного поля скоростей воздуха. Канал распределения воздуха состоит из наружного корпуса и внутреннего корпуса, между которыми ввариваются разделители.

Спрямляющий аппарат 11 представляет собой сварную конструкцию и состоит из лопаток спрямляющего аппарата и ободов: наружного и внутреннего.

Все детали нагнетательного канала выполнены из алюминиевых сплавов. На выходной стороне нагнетательного канала устанавливается уплотнение 13, которое является компенсатором при сборке блока пуско-тормозных резисторов.

3.6 Жалюзи блока крыши пуско-тормозных резисторов

В блоках крыш пуско-тормозных резисторов (рисунок 32) с обеих сторон на наклонных поверхностях установлены по 2 секции входных 1 и выходных жалюзи 2 с поворотными створками. Крепление жалюзи к крыше производится снизу на петлях 3, а сверху - болтами 4. В открытом положении жалюзи фиксируются ограничителями 5.

Входные жалюзи состоят из рамки 6, набора створок из армамида 7 с металлическим трубчатым стержнем и механизма привода 8. Под оси створок 9 в рамках просверлены отверстия, в которые запрессованы втулки 10. Оси соединены со створками kleem Loctite №638.

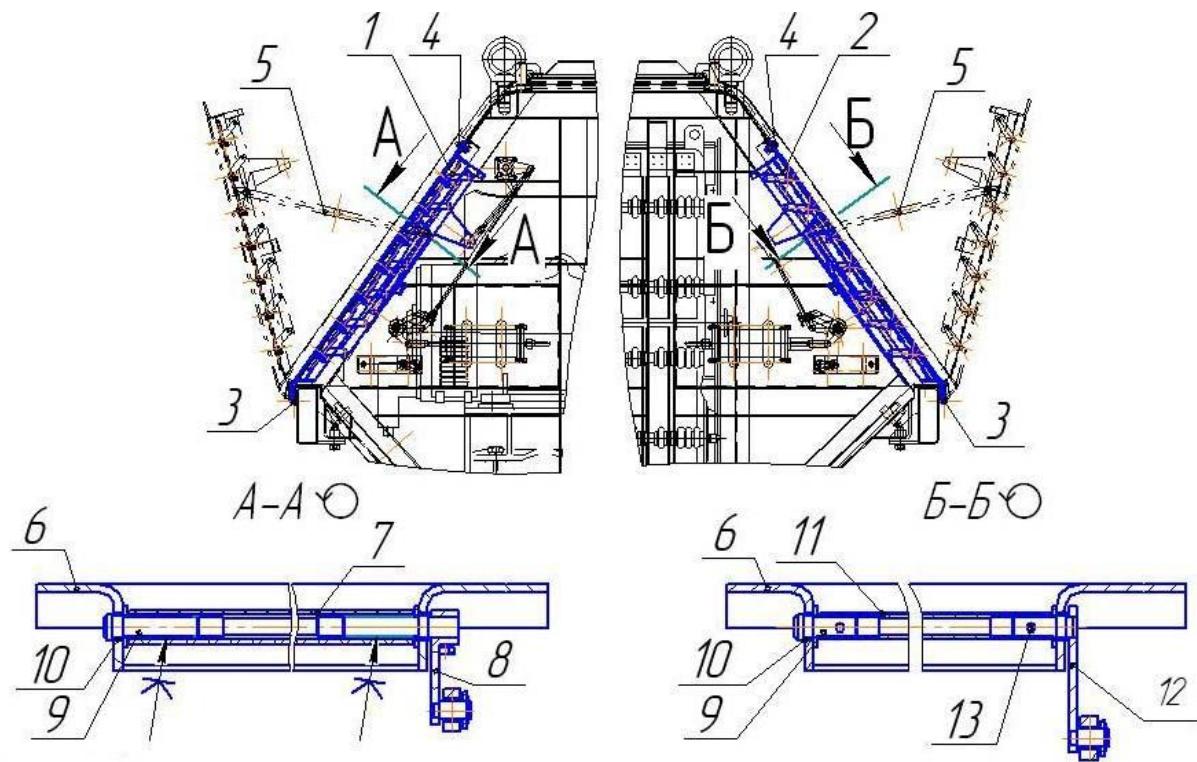


Рисунок 32 - Жалюзи блока пуско-тормозных резисторов

4. Электрические машины

Общие сведения

4.1 Устройство и принцип действия машины постоянного тока (рис. 33)

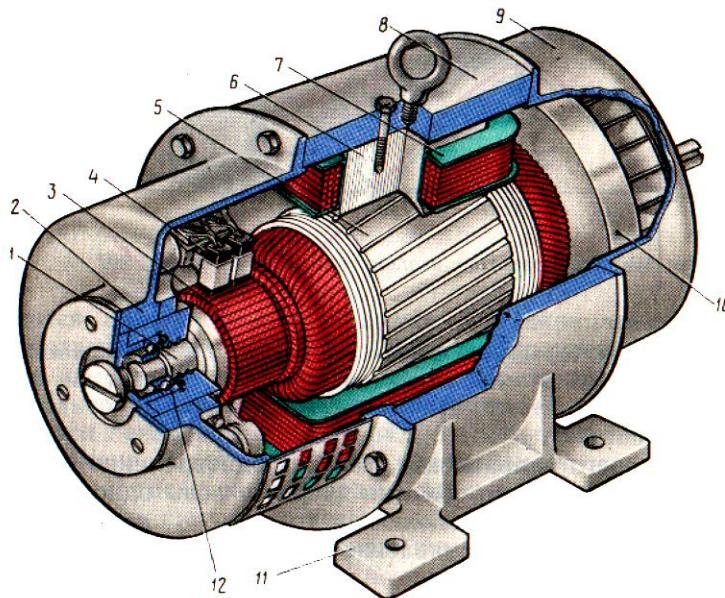


Рисунок 33 – Устройство машины постоянного тока

В настоящее время электромашиностроительные заводы изготавливают электрические машины постоянного тока, предназначенные для работы в самых различных отраслях промышленности, поэтому отдельные узлы этих машин могут иметь разную конструкцию, но общая конструктивная схема машин одинакова. Неподвижная часть машины постоянного тока называется статором (рисунок 33).

Статор. Состоит из станины 8 и главных полюсов 6. Станина 8 служит для крепления полюсов и подшипниковых щитов и является частью магнитопровода, так как через нее замыкается магнитный поток машины. Станину изготавливают из стали — материала, обладающего достаточной механической прочностью и большой магнитной проницаемостью. В нижней части станины имеются лапы 11 для крепления машины к фундаментальной плите, а по окружности станины расположены отверстия для крепления сердечников главных полюсов 6. Обычно станину делают цельной из стальной трубы, либо сварной из листовой стали, за

исключением машин с весьма большим наружным диаметром, у которых станину делают разъемной, что облегчает транспортировку и монтаж машины.

Главные полюсы предназначены для создания в машине магнитного поля возбуждения. Главный полюс состоит из сердечника 6 и полюсной катушки 7. Со стороны, обращенной к якорю, сердечник полюса имеет полюсный наконечник, который обеспечивает необходимое распределение магнитной индукции в зазоре машины. Сердечники главных полюсов делают шихтованными из листовой конструкционной стали толщиной 1-2 мм или из тонколистовой электротехнической анизотропной холоднокатаной стали, например марки 3411. Штампованные пластины главных полюсов специально не изолируют, так как тонкая пленка окисла на их поверхности достаточна для значительного ослабления вихревых токов, наведенных в полюсных наконечниках пульсациями магнитного потока, вызванного зубчатостью сердечника якоря. Анизотропная сталь обладает повышенной магнитной проницаемостью вдоль проката, что должно учитываться при штамповке пластин и их сборке в пакет. Пониженная магнитная проницаемость поперек проката способствует ослаблению реакции якоря и уменьшению потока рассеяния главных и добавочных полюсов.

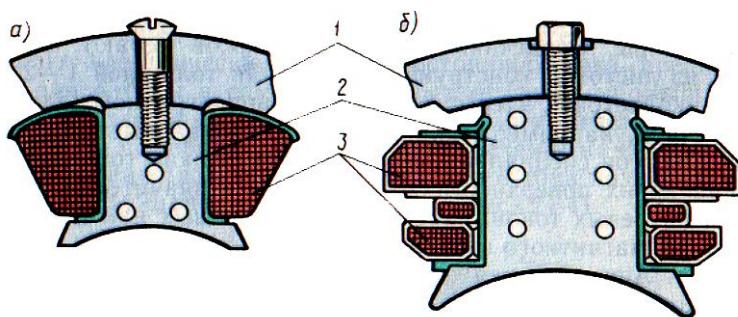


Рисунок 34 – Конструкция полюсных катушек

В машинах постоянного тока небольшой мощности полюсные катушки делают бескаркасными — намоткой медного обмоточного провода непосредственно на сердечник полюса, предварительно наложив на него изоляционную прокладку (рисунок 34, а). В большинстве машин (мощностью 1 кВт и более) полюсную катушку делают каркасной: обмоточный провод наматывают на каркас (обычно пластмассовый), а затем надевают на сердечник полюса (рисунок 2, б). В

некоторых конструкциях машин полюсную катушку для более интенсивного охлаждения разделяют по высоте на части, между которыми оставляют вентиляционные каналы.

Якорь. Якорь машины постоянного тока (рисунок 33) состоит из вала 1, сердечника 5 с обмоткой и коллектора 3. Сердечник якоря имеет шихтованную конструкцию и набирается из штампованных пластин тонколистовой электротехнической стали. Листы покрывают изоляционным лаком, собирают в пакет и запекают. Готовый сердечник напрессовывают на вал якоря. Такая конструкция сердечника якоря позволяет значительно ослабить в нем вихревые токи, возникающие в результате его перемагничивания в процессе вращения в магнитном поле. На поверхности сердечника якоря имеются продольные пазы, в которые укладывают обмотку якоря.

Обмотку выполняют медным проводом круглого или прямоугольного сечения. Пазы якоря после заполнения их проводами обмотки обычно закрывают клиньями (текстолитовыми или гетинаксовыми). В некоторых машинах пазы не закрывают клиньями, а накладывают на поверхность якоря бандаж. Бандаж делают из проволоки или стеклоленты с предварительным натягом. Лобовые части обмотки якоря крепят к обмоткодержателям бандажом.

Коллектор 35 является одним из сложных узлов машины постоянного тока. Основными элементами коллектора являются пластины трапециoidalного сечения из твердотянутой меди, собранные таким образом, что коллектор приобретает цилиндрическую форму. В зависимости от способа закрепления коллекторных пластин различают два основных типа коллекторов: со стальными конусными шайбами и на пластмассе. На рисунке 3а показано устройство коллектора со стальными конусными шайбами. Нижняя часть коллекторных пластин 6 имеет форму «ласточкина хвоста». После сборки коллектора эти части пластин оказываются зажатыми между стальными шайбами 1 и 3, изолированными от медных пластин мikanитовыми манжетами 4. Конусные шайбы стянуты винтами 2. Между медными пластинами расположены мikanитовые изоляционные прокладки. В процессе работы машины рабочая поверхность коллектора постепенно истирается щетками. Чтобы при этом мikanитовые прокладки не выступали над рабочей поверхностью коллектора, что вызвало бы вибрацию щеток и нарушение работы машины, между коллекторными пластинами фрезеруют пазы (дорожки) на глубину до 1,5 мм (рисунок 3, б).

Верхняя часть 5 коллекторных пластин (рисунок 3, а), называемая петушком, имеет узкий продольный паз, в который закладывают проводники обмотки якоря и тщательно припаивают.

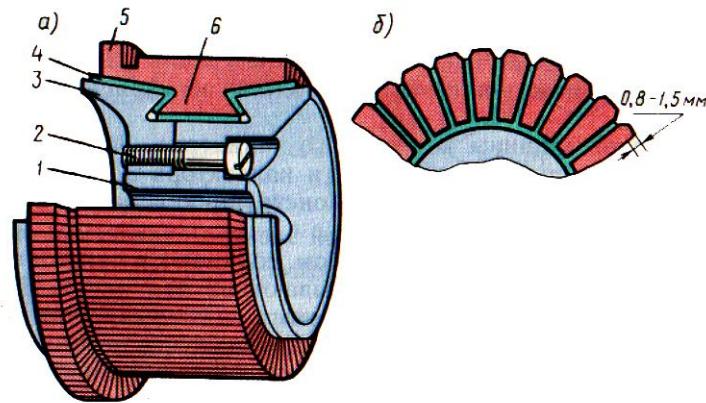


Рисунок 35 – Конструкция коллектора

В машинах постоянного тока малой мощности часто применяют коллекторы на пластмассе, отличающиеся простотой в изготовлении. Набор медных и мikanитовых пластин в таком коллекторе удерживается пластмассой, запрессованной в пространство между набором пластин и стальной втулкой и образующей корпус коллектора. Иногда с целью увеличения прочности коллектора эту пластмассу 2 армируют стальными кольцами 3 (рисунок 36). В этом случае мikanитовые прокладки должны иметь размеры большие, чем у медных пластин 1, что исключит замыкание пластин стальными (армирующими) кольцами 3 (4 – стальная втулка).

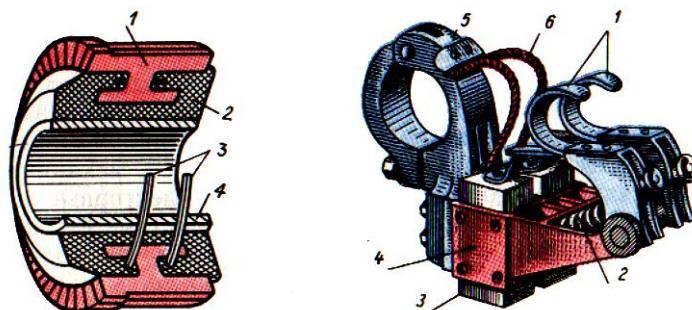


Рисунок 36 – Коллектор на пластмассе

Рисунок 37 – Щеткодержатель

Электрический контакт с коллектором осуществляется посредством щеток, располагаемых в щеткодержателях 4 (см. рисунок 33).

Щеткодержатель (рисунок 37) состоит из обоймы 4, в которую помещают щетку 3, курка 1, представляющего собой откидную деталь, передающую давление пружины 2 на щетку. Щеткодержатель крепят на пальце зажимом 5. Щетка снабжается гибким тросиком 6 для включения ее в электрическую цепь машины. Все щеткодержатели одной полярности соединены между собой сборными шинами, подключенными к выводам машины. Одно из основных условий бесперебойной работы машины — плотный и надежный контакт между щеткой и коллектором. Давление на щетку должно быть отрегулировано, так как чрезмерный нажим может вызвать преждевременный износ щетки и перегрев коллектора, а недостаточный нажим — искрение на коллекторе.

Принцип работы электрической машины постоянного тока в режиме двигателя (генератора).

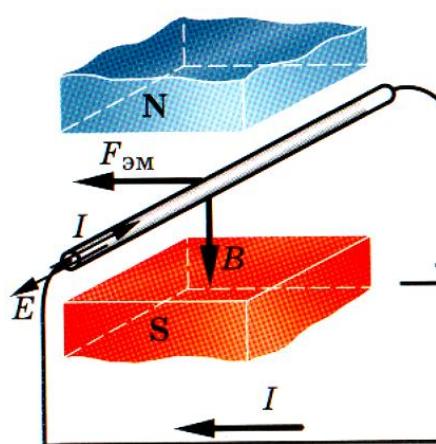


Рисунок 38

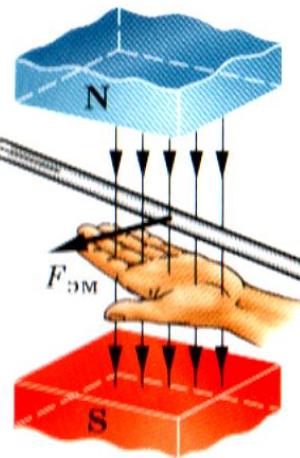


Рисунок 39

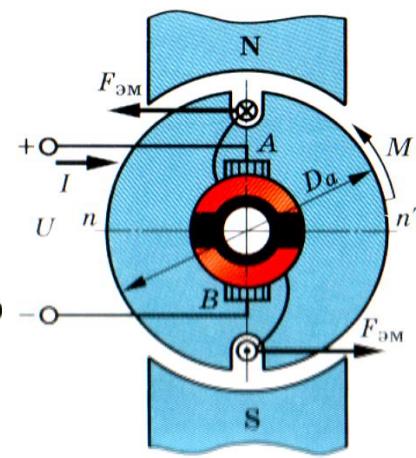


Рисунок 40

Если проводник длиной L поместить в магнитное поле с индукцией B и пропустить по нему ток I , то появится электромагнитная сила $F_{\text{эм}}$ (рисунок 38). Данная электромагнитная сила определяется по правилу левой руки. Левую руку надо расположить так, чтобы магнитные силовые линии входили в ладонь, 4 вытянутых пальца располагались по направлению тока в проводнике, тогда

отогнутый на 90° большой палец укажет направление электромагнитной силы F (рисунок 39). На рисунке 40 представлена модель простейшего двигателя постоянного тока.

Классификация электрических машин и область их применения.

По способам возбуждения машины постоянного тока можно классифицировать следующим образом:

- машины независимого возбуждения, в которых обмотка возбуждения (OB) питается постоянным током от источника, электрически не связанного с обмоткой якоря (рисунок 41, а);
- машины параллельного возбуждения, в которых обмотка возбуждения и обмотка якоря соединены параллельно (рисунок 41, б);
- машины последовательного возбуждения, в которых обмотка возбуждения и обмотка якоря соединены последовательно (рисунок 41, в);
- машины смешанного возбуждения, в которых имеются две обмотки возбуждения - параллельная OB1 и последовательная OB2 (рисунок 41, г);
- машины с возбуждением постоянными магнитами (рисунок 41, д).

Все указанные машины (кроме последних) относятся к машинам с электромагнитным возбуждением, так как магнитное поле в них создается электрическим током, проходящим в обмотке возбуждения.

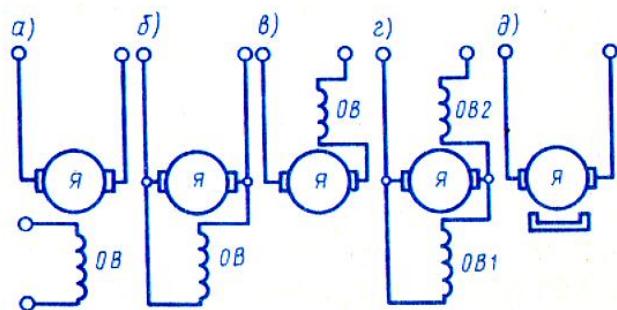


Рисунок 41 Схемы возбуждения машин постоянного тока

Электрические машины постоянного тока используются как в качестве генераторов, так и в качестве двигателей. Наибольшее применение имеют двигатели постоянного тока, области применения и диапазон мощности которых достаточно широки: от долей ватт (для привода устройств автоматики) до нескольких тысяч киловатт (для привода прокатных станов, шахтных

подъемников и других механизмов). Двигатели постоянного тока широко используются для привода подъемных средств в качестве крановых двигателей и привода транспортных средств в качестве тяговых двигателей.

Достоинства и недостатки электрических машин постоянного тока.

Основные преимущества двигателей постоянного тока по сравнению с бесколлекторными двигателями переменного тока - хорошие пусковые и регулировочные свойства, возможность получения частоты вращения более 3000 об/мин, а недостатки - относительно высокая стоимость, некоторая сложность в изготовлении и пониженная надежность. Все эти недостатки машин постоянного тока обусловлены наличием в них щеточно-коллекторного узла, который к тому же является источником радиопомех и пожароопасности. Эти недостатки ограничивают применение машин постоянного тока.

В последние годы созданы и успешно применяются двигатели постоянного тока, у которых механический коллектор заменен бесконтактным коммутатором на полупроводниковых элементах, однако подобные двигатели пока изготавливаются на мощность не более 500 Вт.

4.2. Петлевые обмотки якоря

Основные понятия. Обмотка якоря машины постоянного тока представляет собой замкнутую систему проводников, определенным образом уложенных на сердечнике якоря и присоединенных к коллектору. Элементом обмотки якоря является секция (катушка), присоединенная к двум коллекторным пластинам. Расстояние между пазовыми частями секции должно быть равно или мало отличаться от полюсного деления τ (рисунок 42):

$$\tau = \pi D_a / (2p) \quad (1)$$

Здесь D_a - диаметр сердечника якоря, мм.

Обмотки якоря обычно выполняют двухслойными. Они характеризуются следующими параметрами: числом секции S ; числом пазов (реальных) Z ; числом секций, приходящихся на один паз, $S_n = S/Z$; числом витков секции w_c ; числом пазовых сторон в обмотке N ; числом пазовых сторон в одном пазу $n_p = N/Z = 2w_c S_n$. Верхняя пазовая сторона одной секции и нижняя пазовая сторона другой секции,

лежащие в одном пазу, образуют **элементарный паз**. Число элементарных пазов в реальном пазе Z_n определяется числом секций, приходящихся на один паз: $S_n = S/Z$ (рисунок 43).

Схемы обмоток якоря делают развернутыми, при этом все секции показывают одновитковыми. В этом случае каждой секции, содержащей две пазовые стороны, соответствует один элементарный паз. Концы секций присоединяют к коллекторным пластинам, при этом к каждой пластине присоединяют начало одной секции и конец другой, т. е. на каждую секцию приходится одна коллекторная пластина. Таким образом, для обмотки якоря справедливо $S=Z_3=K$, где Z_3 — число элементарных пазов; K — число коллекторных пластин в коллекторе. Число секций, приходящихся на один реальный паз, определяется отношением Z_3/Z .

Простая петлевая обмотка якоря. В простой петлевой обмотке якоря каждая секция присоединена к двум рядом лежащим коллекторным пластинам. При укладке секций на сердечнике якоря начало каждой последующей секции соединяется с концом предыдущей, постепенно перемещаясь при этом по поверхности якоря (и коллектора) так, что за один обход якоря укладываются все секции обмотки. В результате конец последней секции оказывается присоединенным к началу нерпой секции, т. е. обмотка якоря замыкается.

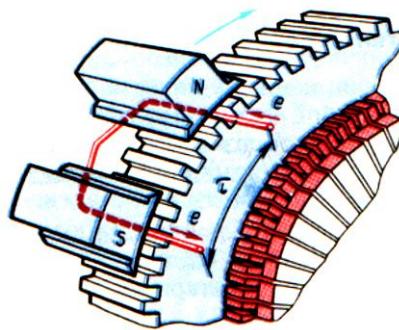


Рисунок 42 - Расположение пазовых сторон секции на сердечнике якоря

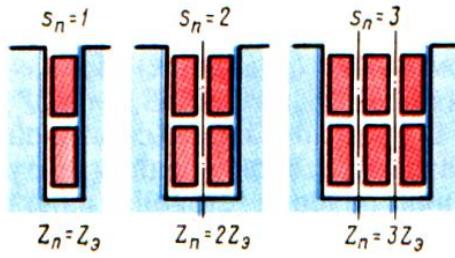


Рисунок 43 - Элементарные пазы

На рисунок 44, а, б изображены части развернутой схемы простой петлевой обмотки, на которых показаны шаги обмотки — расстояния между пазовыми сторонами секций по якорю: *первый частичный шаг по якорю y_1 , второй частичный шаг по якорю y_2 и результирующий шаг по якорю y .*

Если укладка секций обмотки ведется слева направо по якорю, то обмотка называется *правоходовой* (рисунок 44, а), а если укладка секций ведется справа налево, то обмотка называется *левоходовой* (рисунок 44, б). Для правоходовой обмотки результирующий шаг:

$$y = y_1 - y_2 \quad (2)$$

Расстояние между двумя коллекторными пластинами, к которым присоединены начало и конец одной секции, называют *шагом обмотки по коллектору y_k* . Шаги обмотки по якорю выражают в элементарных пазах, а шаг по коллектору — в коллекторных делениях (пластинах). Начало и конец каждой секции в простой петлевой обмотке присоединены к рядом лежащим коллекторным пластинам, следовательно, $y = y_k = \pm 1$, где знак плюс соответствует правоходовой обмотке, а знак минус левоходовой.

Для определения всех шагов простой петлевой обмотки достаточно рассчитать *первый частичный шаг по якорю*:

$$y_1 = [Z_3 / (2p)] \pm \varepsilon \quad (3)$$

где ε — некоторая величина, меньшая единицы, вычитая или суммируя которую получают значение шага y_1 , равное целому числу. Второй частичный шаг обмотки по якорю

$$y_2 = y_1 \pm \varepsilon = y_1 \pm 1 \quad (4)$$

Пример 1. Рассчитать шаги и выполнить развернутую схему простой петлевой обмотки якоря для четырехполюсной машины ($2p = 4$) постоянного тока. Обмотка правоходовая, содержит 12 секций.

Решение. Первый частичный шаг по якорю по (3)

$$y_1 = Z_s / (2p) \pm \varepsilon = (12/4) \pm 0 = 3 \text{ паза. Второй частичный шаг по якорю по (4)}$$

$$y_2 = y_1 - \varepsilon = 3 - 1 = 2 \text{ паза.}$$

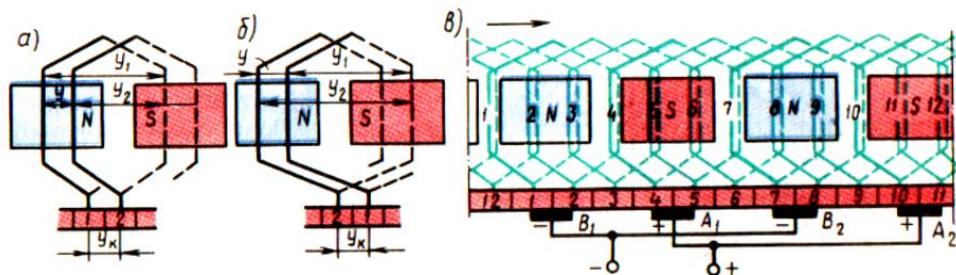


Рисунок 44 - Простая петлевая обмотка:

а – правоходовая; б – левоходовая; в – развернутая схема.

Прежде чем приступить к выполнению схемы обмотки, необходимо отметить и пронумеровать все пазы и секции, нанести на предполагаемую схему контуры магнитных полюсов и указать их полярность (45, в). При этом нужно иметь в виду, что отмеченный на схеме контур является не полюсом, а зеркальным отображением полюса, находящегося над якорем. Затем изображают коллекторные пластины и наносят на схему первую секцию, пазовые части которой располагают в пазах 1 и 4. Коллекторные пластины, к которым присоединены начало и конец этой секции, обозначают 1 и 2. Затем нумеруют все остальные пластины и наносят на схему остальные секции (2, 3, 4 и т. д.).

Последняя секция 12 должна замкнуть обмотку, что будет свидетельствовать о правильном выполнении схемы.

Далее на схеме изображают щетки. Расстояние между щетками A к B должно быть равно $K/(2p) = 12/4 = 3$, т.е. должно соответствовать полюсному делению. Что же касается расположения щеток на коллекторе, то при этом следует руководствоваться следующим. Предположим, что электрический контакт обмотки якоря с внешней цепью осуществляется не через коллектор, а непосредственно через пазовые части обмотки, на которые наложены «условные» щетки (рисунок 45, а). В этом случае наибольшая ЭДС машины соответствует положению «условных» щеток на геометрической нейтрали. Но так как коллекторные пластины смешены относительно пазовых сторон соединенных с ними секций на $0,5 t$ (рисунок 45, б), то, переходя к реальным щеткам, их следует расположить на коллекторе по оси главных полюсов, как это показано на рисунке 45, в.

При определении полярности щеток предполагают, что машина работает в генераторном режиме и ее якорь вращается в направлении часовой стрелки. Воспользовавшись правилом «правой руки», находят направление ЭДС (тока), наведенной в секциях. В итоге получаем, что щетки A_1 и A_2 , от которых ток отводится во внешнюю цепь, являются положительными, а щетки B_1 и B_2 - отрицательными. Щетки одинаковой полярности присоединяют параллельно к выводам соответствующей полярности.

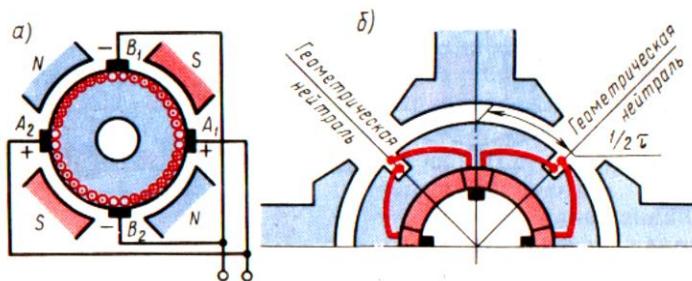


Рисунок 45 - Расположение условных (а) и реальных (б) щеток

Параллельные ветви обмотки якоря. Если проследить за прохождением тока в секциях обмотки якоря (см. рисунок 44, в), то можно заметить, что обмотка состоит из четырех участков, соединенных параллельно друг другу и называемых **параллельными ветвями**. Каждая параллельная ветвь содержит

несколько последовательно соединенных секций с одинаковым направлением тока в них. Распределение секций в параллельных ветвях показано на электрической схеме обмотки (рисунок 46). Эту схему получают из развернутой схемы обмотки (см. рисунок 44, в) следующим образом. На листе бумаги изображают щетки и имеющие с ними контакт коллекторные пластины, как это показано на рисунке 46. Затем совершают обход секций обмотки начиная с секции 1, которая оказывается замкнутой накоротко щеткой B_1 . Далее идут секции 2 и 3, которые образуют параллельную ветвь. Таким же образом обходят все остальные секции. В результате получаем схему с четырьмя параллельными ветвями, по две секции в каждой ветви.

Из полученной схемы следует, что ЭДС обмотки якоря определяется значением ЭДС одной параллельной ветви, тогда как значение тока обмотки определяется суммой токов всех ветвей обмотки:

$$I_a = 2ai_a \quad (5)$$

где $2a$ - число параллельных ветвей обмотки якоря;

i_a - ток одной параллельной ветви.

В простой петлевой обмотке число параллельных ветвей равно числу главных полюсов машины: $2a = 2p$.

Нетрудно заметить, что число параллельных ветвей в обмотке якоря определяет значение основных параметров машины — тока и напряжения.

Пример 2. Шестиполюсная машина постоянного тока имеет на якоре простую петлевую обмотку из 36 секций. Определить ЭДС и силу тока в обмотке якоря машины, если в каждой секции наводится ЭДС 10 В, а сечение провода секции рассчитано на ток не более 15 А.

Решение. Число параллельных ветвей в обмотке $2a=2p= 6$, при этом в каждой параллельной ветви $S_n = S/(2a) = 36/6 = 6$ секций. Следовательно, ЭДС обмотки якоря $E_a = 6*10 = 60$ В, а допустимый ток машины $I_a = 6*15=90$ А.

Если бы машина при прочих неизменных условиях имела восемь полюсов, то ее ЭДС уменьшилась бы до 40 В, а ток увеличился бы до 120 А.

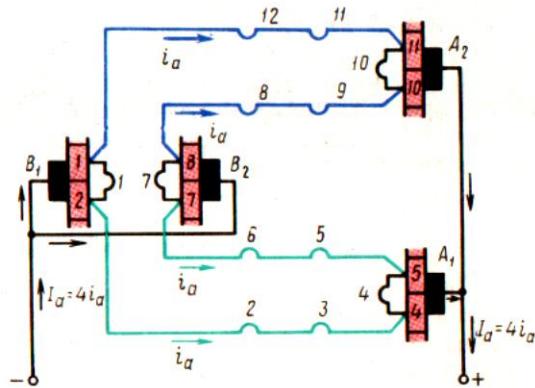


Рисунок 46 - Электрическая схема обмотки

4.3. Волновые обмотки якоря

Простая волновая обмотка. Простую волновую обмотку получают при последовательном соединении секций, находящихся под разными парами полюсов (рисунок 47). Концы секций простой волновой обмотки присоединены к коллекторным пластинам, удаленным друг от друга на расстояние шага обмотки по коллектору $y_k = y$. За один обход по якорю укладывают столько секций, сколько пар полюсов имеет машина, при этом конец последней по обходу секции присоединяют к пластине, расположенной рядом с исходной.

Простую волновую обмотку называют *левоходовой*, если конец последней по обходу секций присоединяется к пластине, находящейся слева от исходной (рисунок 47, а). Если же эта пластина находится справа от исходной, то обмотку называют *правоходовой* (рисунок 15, б). Секции волновой обмотки могут быть одновитковыми и многовитковыми. *Шаг простой волновой обмотки по коллектору*

$$y_k = y = (K \pm 1) = (K \pm 1)/p \quad (6)$$

Знак минус соответствует левоходовой обмотке, а знак плюс правоходовой. Правоходовая обмотка не получила практического применения, так как ее выполнение связано с дополнительным расходом меди на перекрещивание лобовых частей.

Первый частичный шаг обмотки определяют по (3), а второй частичный шаг $y_2 = y - y_1$.

Пример 3. Четырехполюсная машина постоянного тока имеет простую волновую обмотку якоря из 13 секций. Построить развернутую схему и схему параллельных ветвей этой обмотки.

Решение. Шаги обмотки: $y_k = y = (K \pm 1)/p = (13 - 1)/2 = 6$ пазов;

$$y_1 = [Z_\vartheta/(2p)] \pm \varepsilon = 13/4 - 0,25 = 3 \text{ паза}; \quad y_2 = y - y_1 = 6 - 3 = 3 \text{ паза}.$$

При первом обходе по якорю укладываем секции 1 и 7 (рисунок 47, в). При втором обходе укладываем секции 13 к 6 и т. д., пока не будут уложены все 13 секций и обмотка не окажется замкнутой. Секции 3, 6 и 9 в рассматриваемый момент времени замкнуты накоротко через щетки одинаковой полярности и провода, соединяющие их. Затем определяем полярность щеток. Далее выполняем электрическую схему (схему параллельных ветвей), из которой видно (рисунок 48), что обмотка состоит из двух параллельных ветвей ($2a = 2$). Это является характерным для простых волновых обмоток, у которых число параллельных ветвей не зависит от числа полюсов и всегда равно двум.

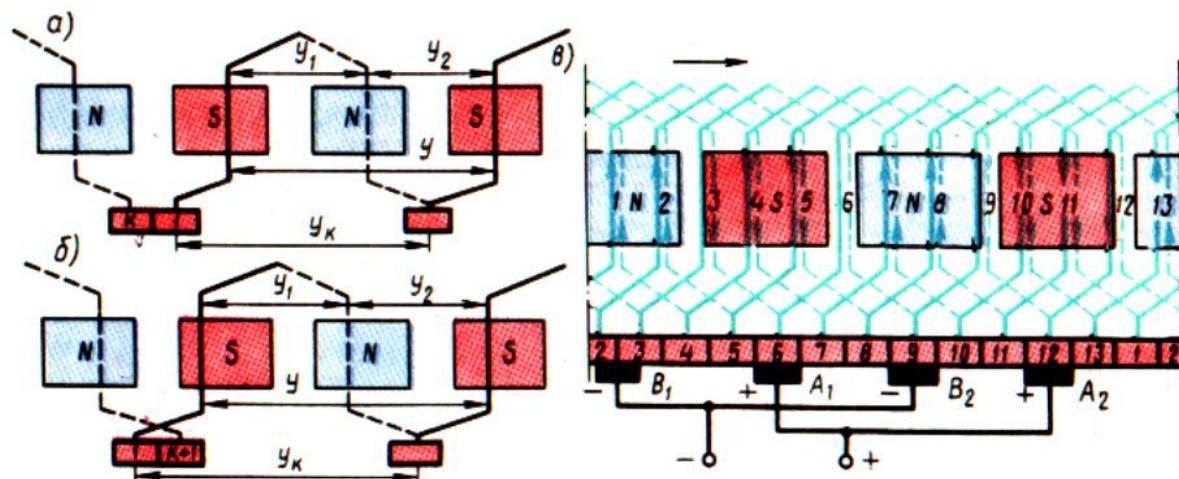


Рисунок 47 - Простая волновая: а – правоходовая; б – левоходовая; в – развернутая.

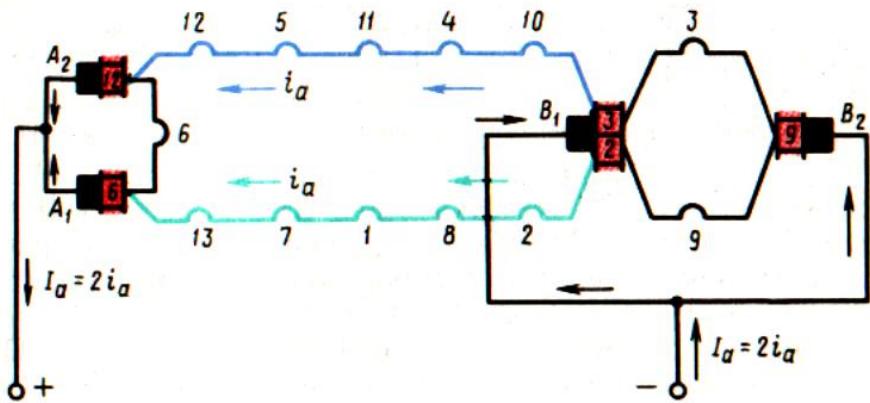


Рисунок 48 - Электрическая схема обмотки

Из рассмотренных схем видно, что секции, входящие в одну параллельную ветвь, равномерно распределены под всеми полюсами машины. Следует также отметить, что в простой волновой обмотке можно было бы обойтись двумя щетками, например щетками B_2 и A_2 . Но в этом случае нарушилась бы симметрия обмотки и число секций в параллельных ветвях стало бы неодинаковым: в одной ветви семь секций, а в другой — шесть. Поэтому в машинах с простыми волновыми обмотками устанавливают полный комплект щеток, столько же, сколько главных полюсов, тем более что это позволяет уменьшить значение тока, приходящегося на каждую щетку, а следовательно, уменьшить размеры коллектора.

4.4 Реакция якоря машины постоянного тока

При работе машины в режиме х.х. ток в обмотке якоря практически отсутствует, а поэтому в машине действует лишь МДС обмотки возбуждения F_{BO} . Магнитное поле машины в этом случае симметрично относительно оси полюсов (рисунок 49, а). График распределения магнитной индукции в воздушном зазоре представляет собой кривую, близкую к трапеции.

Если же машину нагрузить, то в обмотке якоря появится ток, который создаст в магнитной системе машины МДС якоря F_a . Допустим, что МДС возбуждения равна нулю и в машине действует лишь МДС якоря. Тогда магнитное поле, созданное этой МДС, будет иметь вид, представленный на рисунке 49, б. Из этого рисунка видно, что МДС обмотки якоря направлена по

линии щеток (в данном случае по геометрической нейтрали). Несмотря на то, что якорь вращается, пространственное положение МДС обмотки якоря остается неизменным, так как направление этой МДС определяется положением щеток.

Наибольшее значение МДС якоря — на линии щеток (рисунок 49,б кривая 1), а по оси полюсов эта МДС равна нулю. Однако распределение магнитной индукции в зазоре от потока якоря совпадает с графиком МДС лишь в пределах полюсных наконечников. В межполюсном пространстве магнитная индукция резко ослабляется (рисунок 17,б кривая 2). Объясняется это увеличением магнитного сопротивления потоку якоря в межполюсном пространстве. МДС обмотки якоря "на пару полюсов пропорциональна числу проводников в обмотке N и току якоря I_a :

$$F_a = NI_a / (4ap) \quad (7)$$

Введем понятие *линейной нагрузки* ($\text{А}/\text{м}$), представляющей собой суммарный ток якоря, приходящийся на единицу длины его окружности по наружному диаметру якоря D_a :

$$A = Nia / (\pi D_a), \quad (8)$$

где $i_a = I_a / (2a)$ — ток одного проводника обмотки, А.

Значение линейной нагрузки для машин постоянного тока общего назначения в зависимости от их мощности может быть $(100\text{ч} \div 500) * 10^2 \text{ А}/\text{м}$. Воспользовавшись линейной нагрузкой, запишем выражение для МДС якоря: $F_a = A \tau$. Таким образом, в нагруженной машине постоянного тока действуют две МДС: возбуждения F_{B0} и якоря F_a .

Влияние МДС обмотки якоря на магнитное поле машины называют *реакцией якоря*. Реакция якоря искажает магнитное поле машины, делает его несимметричным относительно оси полюсов.

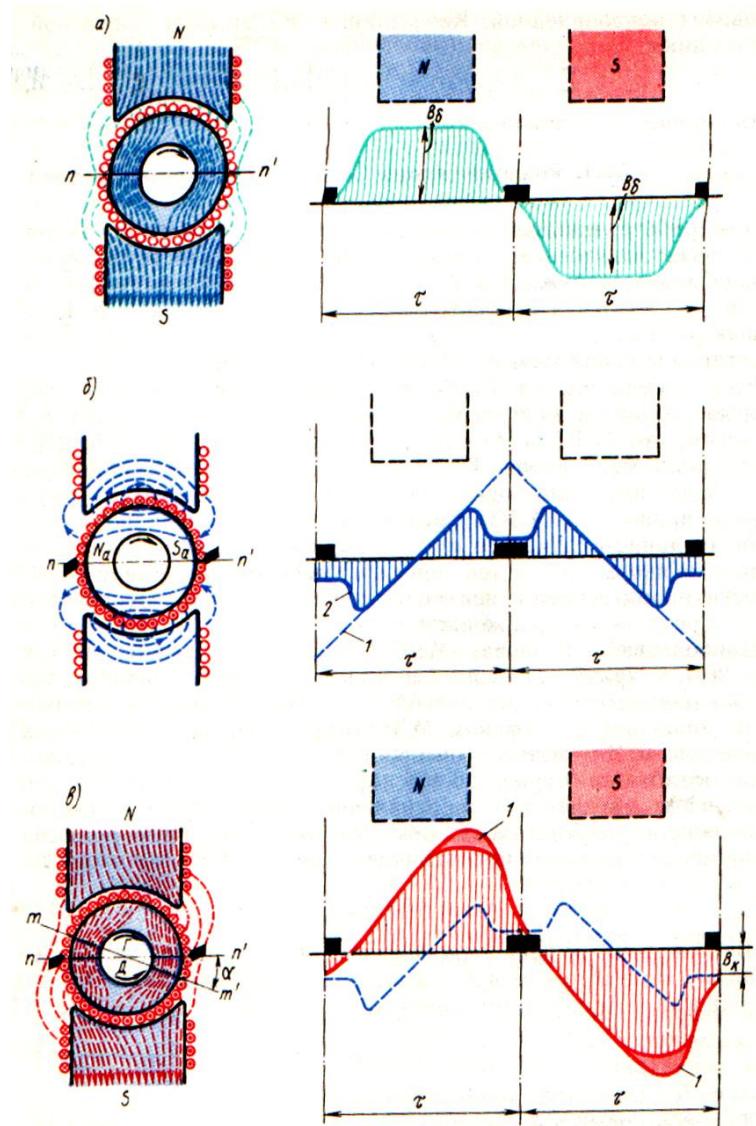


Рисунок 49 - Магнитное поле машины и распределение магнитной индукции в воздушном зазоре

На рисунке 49, в показано распределение магнитных силовых линий результирующего поля машины, работающей в генераторном режиме при вращении якоря по часовой стрелке. Такое же распределение магнитных линий соответствует работе машины в режиме двигателя, но при вращении якоря против часовой стрелки. Если принять, что магнитная система машины не насыщена, то реакция якоря будет лишь искажать результирующий магнитный поток, не изменяя его значения: край полюса и находящийся по ним зубцовый слой якоря, где МДС якоря совпадает по направлению с МДС возбуждения, подмагничиваются; другой край полюса и зубцовый слой якоря, где МДС направлена против МДС возбуждения, размагничиваются. При этом

результатирующий магнитный поток как бы поворачивается относительно оси главных полюсов на некоторый угол, а физическая нейтраль tt' (линия, проходящая через точки на якоре, в которых индукция равна нулю) смещается относительно геометрической нейтрали pp' на угол α . Чем больше нагрузка машины, тем сильнее искажение результирующего поля, а следовательно, тем больше угол смещения физической нейтрали.

При работе машины в режиме генератора физическая нейтраль смещается по направлению вращения якоря, а при работе двигателем - против вращения якоря.

Искажение результирующего поля машины неблагоприятно отражается на ее рабочих свойствах. Во-первых, сдвиг физической нейтрали относительно геометрической приводит к более тяжелым условиям работы щеточного контакта и может послужить причиной усиления искрения на коллекторе. Во-вторых, искажение результирующего поля машины влечет за собой перераспределение магнитной индукции в воздушном зазоре машины. На рисунке 49, в показан график распределения результирующего поля в зазоре, полученный совмещением кривых, изображенных на рисунке 49а, б. Из этого графика следует, что магнитная индукция в зазоре машины распределяется несимметрично относительно оси полюсов, резко увеличиваясь под подмагниченными краями полюсов. Это приводит к тому, что мгновенные значения ЭДС секций обмотки якоря в моменты попадания их пазовых сторон в зоны максимальных значений магнитной индукции (под подмагниченные края полюсных наконечников) резко повышаются. В результате возрастает напряжение между смежными коллекторными пластинами U_k . При значительных нагрузках машины напряжение U_k может превзойти допустимые пределы и мikanитовая прокладка между смежными пластинами будет перекрыта электрической дугой. Имеющиеся на коллекторе частицы графита будут способствовать развитию электрической дуги, что приведет к возникновению мощной электрической дуги, перекрывающей весь коллектор или значительную его часть, - явления чрезвычайно опасного.

Таковы последствия влияния реакции якоря на машину с ненасыщенной магнитной системой. Если же магнитная система машины насыщена, что имеет место у большинства электрических машин, то подмагничивание одного края

полюсного наконечника и находящегося под ним зубцового слоя якоря происходит в меньшей степени, чем размагничивание другого края и находящегося под ним зубцового слоя якоря происходит в меньшей степени, чем размагничивание другого края находящегося под ним зубцового слоя якоря.

Это благоприятно сказывается на распределении магнитной индукции в зазоре, которое становится более равномерным, так как максимальное значение индукции под подмагничиваемым краем полюсного наконечника уменьшается на величину, определяемую высотой участка 1 на рисунке 49, в. Однако результирующий магнитный поток машины при этом уменьшается. Таким образом, реакция якоря в машине с насыщенной магнитной системой размагничивает машину (так же как и у синхронной машины при активной нагрузке). В результате ухудшаются рабочие свойства машины: у генераторов снижается ЭДС, у двигателей уменьшается врачающий момент.

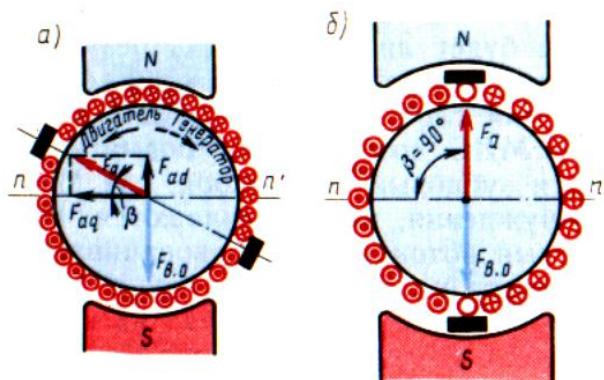


Рисунок 50 - Разложение МДС обмотки якоря на продольную и поперечную составляющие

Влияние реакции якоря на работу машины усиливается при смещении щеток с геометрической нейтрали. Объясняется это тем, что вместе со щетками смещается и вектор МДС якоря (рисунок 50, а). При этом МДС якоря F_a помимо поперечной составляющей $F_{aq} = F_a \cos \beta$ приобретает и продольную составляющую $F_{ad} = F_a \sin \beta$, направленную по оси полюсов. Если машина работает в генераторном режиме, то при смещении щеток в направлении вращения якоря продольная составляющая МДС якоря действует встречно МДС обмотки возбуждения F_{bo} , что ослабляет основной магнитный поток машины; при смещении щеток против вращения якоря продольная составляющая МДС якоря F_{ad} действует согласованно с МДС F_{bo} , что вызывает некоторое

подмагничивание машины и может явиться причиной искрения на коллекторе. Если машина работает в двигательном режиме, то при смещении щеток по направлению вращения якоря продольная составляющая МДС якоря F_{ad} подмагничивает машину, а при смещении щеток против вращения якоря продольная составляющая F_{ad} размагничивает машину. При дальнейшем рассмотрении вопросов, связанных с действием продольной составляющей МДС якоря, будем иметь в виду лишь ее размагничивающее действие, так как подмагничивающее действие F_{ad} в машинах постоянного тока общего назначения недопустимо из-за нарушения работы щеточного контакта.

Следует обратить внимание на то, что смещение щеток с геометрической нейтрали влияет и на поперечную составляющую

МДС якоря - величину, зависящую от угла β , с ростом которого она уменьшается ($F_{aq} = F_a \cos \beta$). Таким образом, в коллекторных машинах возможны два случая:

- 1) щетки установлены на геометрической нейтрали и реакция якоря является только поперечной;
- 2) щетки смещены с геометрической нейтрали и реакция якоря имеет две составляющие — поперечную и продольную (размагничивающую). Принципиально также возможен случай, когда реакция якоря по поперечной оси отсутствует. Это имеет место, когда щетки расположены по оси, перпендикулярной геометрической нейтрали, т. е. когда $\beta = 90^\circ$ (рисунок 18, б). Однако такой случай не имеет практического применения, так как машина становится неработоспособной: в генераторном режиме ЭДС машины равна нулю, так как в параллельную ветвь обмотки входит равное число секций со встречным направлением ЭДС, а в двигательном режиме электромагнитные силы активных сторон обмотки якоря, действующие слева и справа от оси щеток, равны и противоположно направлены, а поэтому врачающего момента не создают.

4.5 Устранение вредного влияния реакции якоря

В связи с тем, что реакция якоря неблагоприятно влияет на рабочие свойства машины постоянного тока, при проектировании машины принимают меры к устранению реакции якоря или хотя бы к ослаблению ее влияния до допустимых пределов.

Компенсационная обмотка. Наиболее эффективным средством подавления влияния реакции якоря по поперечной оси является применение в машине компенсационной обмотки. Эту обмотку укладывают в пазы полюсных наконечников (рисунок 51) и включают последовательно с обмоткой якоря таким образом, чтобы МДС компенсационной обмотки F_k была противоположна по направлению МДС обмотки якоря F_a . Компенсационную обмотку делают распределенной по поверхности полюсного наконечника всех главных полюсов машины. При этом линейную нагрузку для компенсационной обмотки принимают равной линейной нагрузке обмотки якоря.

Включение компенсационной обмотки последовательно в цепь якоря обеспечивает автоматичность компенсации МДС якоря при любой (в пределах номинальной) нагрузке машины. Таким образом, в машине постоянного тока с компенсационной обмоткой при переходе от холостого хода к режиму нагрузки закон распределения магнитной индукции в зазоре главных полюсов остается практически неизменным. Однако в межполюсном пространстве часть МДС якоря остается нескомпенсированной. Нежелательное влияние этой МДС на работу щеточного контакта устраниют применением в машине добавочных полюсов.

Компенсационные обмотки применяют лишь в машинах средней и большой мощности - более 150—500 кВт при $U > 440$ В, работающих с резкими колебаниями нагрузки, например в двигателях для прокатных станов. Объясняется это тем, что компенсационная обмотка удорожает и усложняет машину, и ее применение в некоторых машинах экономически не оправдывается.

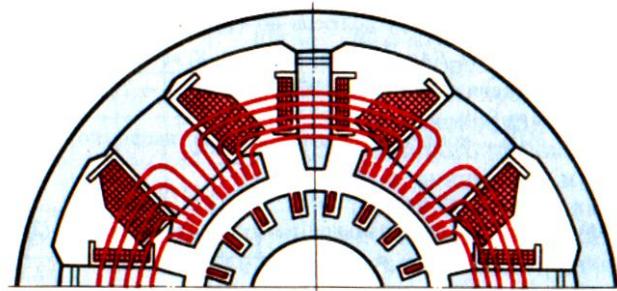


Рисунок 51 - Компенсационная обмотка

Увеличение воздушного зазора под главными полюсами. В машинах малой и средней мощности, не имеющих компенсационной обмотки, вредное влияние реакции якоря по поперечной оси ослабляют соответствующим выбором воздушного зазора под главными полюсами. При этом следует иметь в виду, что при достаточно малом воздушном зазоре и значительной линейной нагрузке реакция якоря по поперечной оси может не только ослабить магнитное поле под одной из частей главного полюса, но и перемагнитить его, т. е. изменить полярность — «опрокинуть поле». Некоторое увеличение воздушного зазора под главными полюсами, особенно на их краях, значительно ослабляет действие реакции якоря. Однако не следует забывать, что увеличение воздушного зазора ведет к необходимости повышения МДС обмотки главных полюсов, а следовательно, и к увеличению размеров полюсных катушек, полюсов и габарита машины в целом.

На этом же принципе уменьшения МДС поперечной реакции якоря за счет повышенного магнитного сопротивления на пути ее действия основан и другой способ ослабления действия реакции якоря. Этот способ состоит в том, что сердечники главных полюсов делают из листовой анизотропной (холоднокатаной) стали (обычно применяют сталь марки 3411). Эта сталь в направлении проката обладает повышенной магнитной проницаемостью, а «поперёк проката» - небольшой магнитной проницаемостью. Штамповать пластины полюсов из такой стали следует так, чтобы ось полюса совпадала с направлением проката листа стали.

4.6 Коммутация в машинах постоянного тока

Причины, вызывающие искрение на коллекторе.

При работе машины постоянного тока щетки и коллектор образуют скользящий контакт. Площадь контакта щетки выбирают по значению рабочего тока машины, приходящегося на одну щетку, в соответствии с допустимой плотностью тока для выбранной марки щеток. Если по какой-то причине щетка прилегает к коллектору не всей поверхностью, то возникают чрезмерные местные плотности тока, приводящие к искрению на коллекторе.

Причины, вызывающие искрение на коллекторе, разделяют на механические, потенциальные и коммутационные.

Механические причины искрения — слабое давление щеток на коллектор, биение коллектора, его эллиптичность или негладкая поверхность, загрязнение поверхности коллектора, выступание мikanитовой изоляции над медными пластинами, неплотное закрепление траверсы, пальцев или щеткодержателей, а также другие причины, вызывающие нарушение электрического контакта между щеткой и коллектором.

Потенциальные причины искрения появляются при возникновении напряжения между смежными коллекторными пластинами, превышающего допустимое значение. В этом случае искрение наиболее опасно, так как оно обычно сопровождается появлением на коллекторе электрических дуг.

Коммутационные причины искрения создаются физическими процессами, происходящими в машине при переходе секций обмотки якоря из одной параллельной ветви в другую.

Иногда искрение вызывается целым комплексом причин. Выяснение причин искрения следует начинать с механических, так как их обнаруживают осмотром коллектора и щеточного устройства. Труднее обнаружить и устранить коммутационные причины искрения.

При выпуске готовой машины с завода в ней настраивают коммутацию, исключающую какое-либо искрение на коллекторе в процессе

эксплуатации машины, по мере износа коллектора и теток, возможно появление искрения. В некоторых случаях оно может быть значительным и опасным, тогда машину необходимо остановить для выяснения и устранения причин искрения. Однако небольшое искрение в машинах общего назначения обычно допустимо.

Согласно ГОСТу, искрение на коллекторе оценивается степенью искрения (классом коммутации) под сбегающим краем щетки.

Степень 1 - искрения нет (темная коммутация).

Степень 1/4 - слабое искрение под небольшой частью щетки, не вызывающее почернения коллектора и появления нагара на щетках.

Степень 1/2 - слабое искрение под большей частью щетки, приводящее к появлению следов почернения на коллекторе, легко устранимого протиранием поверхности коллектора бензином, и следов нагара на щетках.

Степень 2 - искрение под всем краем щетки. Допускается только при кратковременных толчках нагрузки и при перегрузке. Приводит к появлению следов почернения на коллекторе, не устранимых протиранием поверхности коллектора бензином, а также следов нагара на щетках.

Степень 3 - значительное искрение под всем краем щетки с появлением крупных вылетающих искр, приводящее к значительному почернению коллектора, не устранимое протиранием поверхности коллектора бензином, а также к подгару и разрушению щеток. Допускается только для моментов прямого (безреостатного) включения или реверсирования машин, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы.

Если допустимая степень искрения в паспорте электрической машины не указана, то при номинальной нагрузке она не должна превышать 1/2.

При вращении якоря машины постоянного тока коллекторные пластины поочередно вступают в соприкосновение со щетками. При этом переход щетки с одной пластины (сбегающей) на другую (набегающую) сопровождается переключением секции обмотки из одной параллельной ветви в другую и изменением как значения, так и направления тока в этой секции. Процесс

переключения секции из одной параллельной ветви в другую и сопровождающие его явления называются коммутацией.

Секция, в которой происходит коммутация, называется коммутирующей, а продолжительность процесса коммутации - периодом коммутации:

$$T_k = [60/(Kn)] (b_{щ}/b_k), \quad (9)$$

где $b_{щ}$ - ширина щетки; K - число коллекторных пластин; n - частота вращения якоря, об/мин; b_k - расстояние между серединами соседних коллекторных пластин (коллекторное деление).

Сложность процессов коммутации не позволяет рассмотреть коммутацию в общем виде. Поэтому для получения аналитических и графических зависимостей, поясняющих коммутацию, допускают, что ширина щетки равна коллекторному делению; щетки расположены на геометрической нейтрали; электрическое сопротивление коммутирующей секции и мест ее присоединения к коллектору по сравнению с сопротивлением переходного контакта «щетка — коллектор» пренебрежимо мало (обычно такое соотношение указанных сопротивлений соответствует действительности).

В начальный момент коммутации (рисунок 52, *a*) контактная поверхность щетки касается только пластины 1, а коммутирующая секция относится к левой параллельной ветви обмотки и ток в ней равен i_a . Затем пластина 1 постепенно сбегает со щетки и на смену ей набегает пластина 2. В результате коммутирующая секция оказывается замкнутой щеткой и ток в ней постепенно уменьшается. В середине процесса коммутации ($t = 0,5T_k$) контактная поверхность щетки равномерно перекрывает обе коллекторные пластины (рисунок 20,*б*). В конце коммутации ($t = T_k$) щетка полностью переходит на пластину 2 и теряет kontakt пластины 1 (рисунок 20,*в*), а ток в коммутирующей секции становится равным — i_a , т. е. по значению таким же, что и в начале коммутации, а по направлению — противоположным. При этом коммутирующая секция оказалась в правой параллельной ветви обмотки.

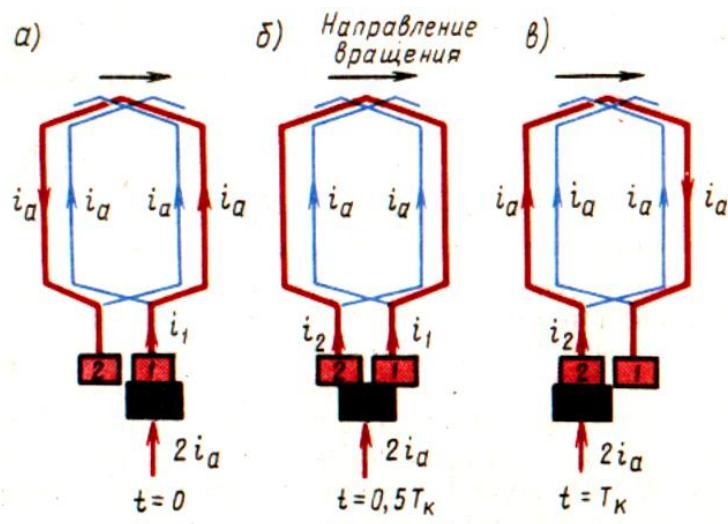


Рисунок 52 - Переход коммутирующей секции из одной параллельной ветви в другую

4.7 Генератор независимого возбуждения

Схема включения генератора независимого возбуждения показана на рисунке 53, а.

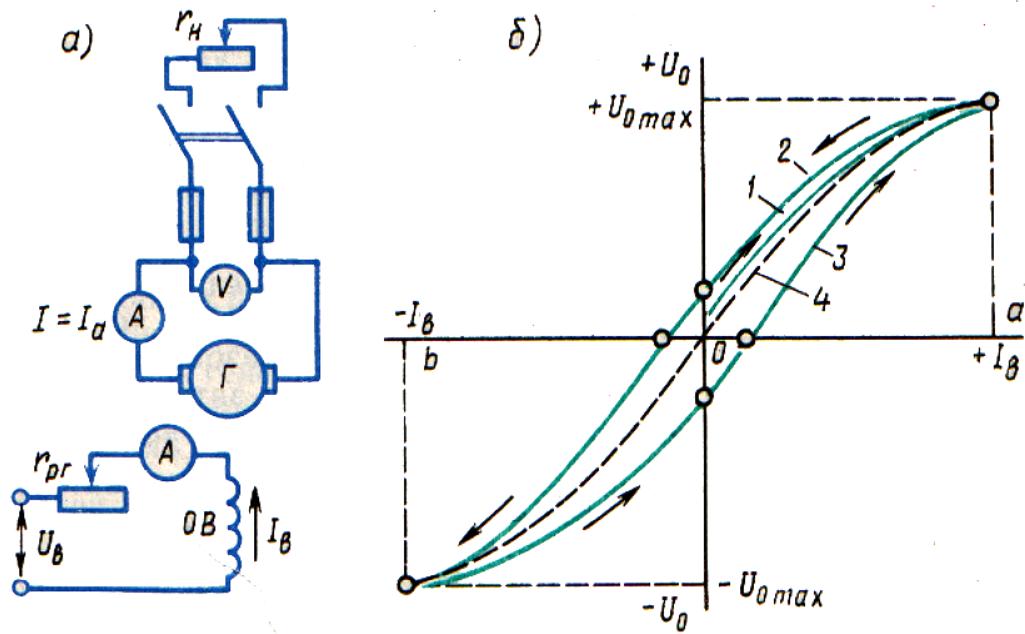


Рисунок 53 – Схема включения генератора независимого возбуждения

Регулировочный реостат, включенный в цепь возбуждения, дает возможность регулировать ток возбуждения, а, следовательно, и основной магнитный поток машины. Обмотка возбуждения питается от источника энергии постоянного тока: аккумулятора, выпрямителя или же другого генератора постоянного тока.

Характеристика холостого хода. При снятии данной характеристики (рисунок 53,б) генератор работает в режиме х.х. Установив номинальную частоту вращения и поддерживая ее неизменной, постепенно увеличивают ток в обмотке возбуждения от нулевого значения до значения А, при котором $U_{x.x}$ равно 1,15 от номинального, тем самым получая данные для построения кривой 1. Начальная ордината кривой 1 не равна 0, что объясняется действием небольшого магнитного потока остаточного магнетизма, сохранившегося от предыдущего намагничивания машины. Уменьшив ток возбуждения до 0 и изменив его направление, постепенно увеличивают ток в цепи возбуждения. Полученная таким образом кривая 2 называется нисходящей ветвью характеристики. В первом квадранте кривая 2 располагается выше кривой 1. Объясняется это тем, что в процессе снятия кривой 1 произошло увеличение магнитного потока остаточного намагничивания. Далее опыт проводят в обратном направлении. В результате получают кривую 3, называемую восходящей ветвью характеристики. Нисходящая и восходящая ветви образуют петлю намагничивания. Проведя между кривыми 2 и 3 среднюю линию 4, получим расчетную характеристику х.х.

Прямолинейная часть характеристики х.х. соответствует ненасыщенной магнитной системе машины. При дальнейшем увеличении тока стали машины насыщаются и характеристика приобретает криволинейный характер.

Внешняя характеристика. Эта характеристика представляет собой зависимость напряжения на выводах генератора от тока нагрузки. При снятии данных для построения внешней характеристики генератор приводят во вращение с номинальной скоростью и нагружают его до номинального тока при номинальном напряжении. Затем, постепенно уменьшая нагрузку вплоть до х.х., снимают показания приборов. Сопротивление цепи возбуждения и частоту вращения в течении опыта поддерживают неизменными. На рисунке 54,а представлена внешняя характеристика генератора независимого возбуждения, из которой видно, что при увеличении тока нагрузки напряжение на выводах генератора понижается; это объясняется размагничивающим влиянием реакции якоря и падением напряжения в цепи якоря.

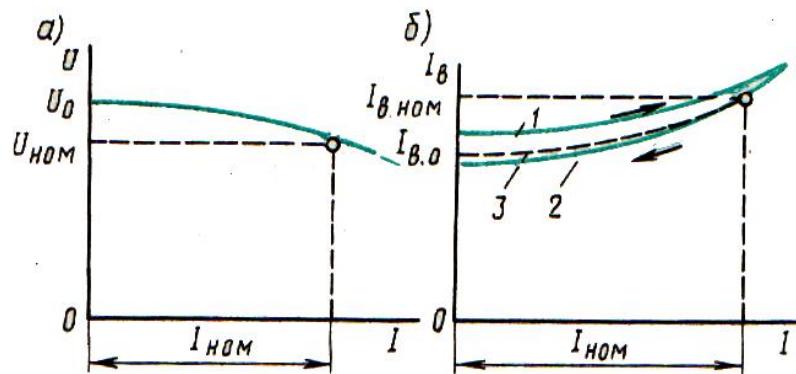


Рисунок 54 –Характеристики генератора независимого возбуждения

Регулировочная характеристика. Данная характеристика (рисунок 54,б) показывает, как следует менять ток в цепи возбуждения, чтобы при изменении тока нагрузки генератора напряжение на его выводах оставалось неизменным. При работе генератора без нагрузки в цепи возбуждения устанавливают ток, при котором напряжение на выводах генератора становится равным номинальному. Затем постепенно увеличивают нагрузку генератора, одновременно повышают ток возбуждения таким образом, чтобы напряжение генератора во всем диапазоне нагрузок оставалось равным номинальному. Так получают

восходящую ветвь характеристики (кривая 1). Затем проводя опыт в обратном направлении получают кривую 2. Кривые не совпадают из-за остаточного магнетизма машины. Средняя кривая 3 проводится между двумя кривыми, полученными опытным путем и называется практической регулировочной характеристикой генератора.

Недостаток генератора – требуется дополнительный источник питания. Достоинство – возможность регулирования напряжения в широких пределах, а также сравнительно жесткая внешняя характеристика.

4.8 Генератор параллельного возбуждения

Принцип самовозбуждения генератора постоянного тока основан на том, что магнитная система машины, будучи намагниченной, сохраняет длительное время небольшой магнитный поток остаточного магнетизма сердечников полюсов и станины $\Phi_{\text{ост}}$ (порядка 2–3 % от полного, потока). При вращении якоря поток $\Phi_{\text{ост}}$ индуцирует в якорной обмотке ЭДС $E_{\text{ост}}$, под действием которой в обмотке возбуждения возникает небольшой ток $I_{\text{в.ост}}$. Если МДС обмотки возбуждения $I_{\text{в.ост}}\omega_b$ имеет такое же направление, как и поток, то она увеличивает поток главных полюсов. Это, в свою очередь, вызывает увеличение ЭДС генератора, отчего ток возбуждения вновь увеличится. Так будет продолжаться до тех пор, пока напряжение генератора не будет уравновешено падением напряжения в цепи возбуждения, т.е. $I_B r_B = U_0$.

На рисунке 55, а показана схема включения генератора параллельного возбуждения, на рисунке 55, б – характеристика х.х. генератора (кривая 1) и зависимость падения напряжения от тока возбуждения $I_B r_B = f(I_B)$ (прямая 2). Точка пересечения А соответствует окончанию процесса самовозбуждения, так как именно в ней $U_0 = I_B r_B$.

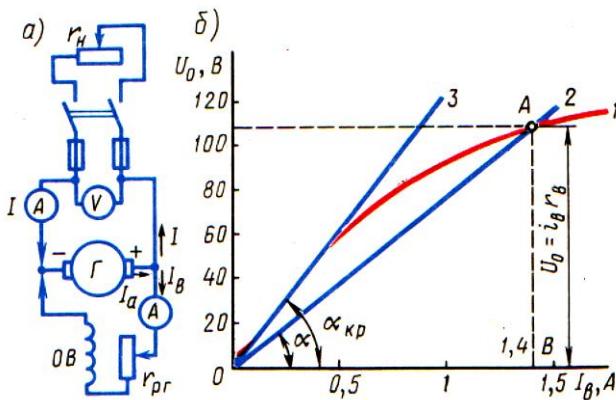


Рисунок 55 – Генератор смешанного возбуждения

Угол наклона прямой OA к оси абсцисс определяется из треугольника OAB :

$$\frac{m_u}{m_i} \operatorname{tg} \alpha = \frac{U_0}{I_B} = r_B, \quad (10)$$

где m_i – масштаб тока (по оси абсцисс), А/мм;

m_u – масштаб напряжения (по оси ординат), В/мм.

Из формулы следует, что угол наклона прямой $I_B r_B = f(I_B)$ к оси абсцисс прямо пропорционален сопротивлению цепи возбуждения. Однако при некотором значении сопротивления реостата r_{pr} сопротивление r_B достигает значения, при котором зависимость $I_B r_B = f(I_B)$ становится касательной к прямолинейной части характеристики х.х. (прямая 3). В этих условиях генератор не самовозбуждается. Сопротивление цепи возбуждения, при которой прекращается самовозбуждение генератора, называют *критическим сопротивлением* ($r_{B, \text{крит}}$).

Следует отметить, что самовозбуждение генератора возможно лишь при частоте вращения, превышающей критическую n_{kp} . Это условие вытекает из *характеристики самовозбуждения генератора* (рисунок 56), представляющей

собой зависимость напряжения генератора в режиме х. х. от частоты вращения при неизменном сопротивлении цепи возбуждения, т.е. $U_0 = f(n)$ при $r_B = \text{const.}$

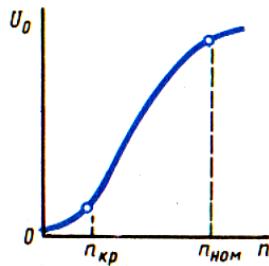


Рисунок 56 – Характеристика самовозбуждения генератора

Анализ характеристики самовозбуждения показывает, что при $n < n_{\text{кр}}$ увеличение частоты вращения якоря генератора сопровождается незначительным увеличением напряжения, так как процесса самовозбуждения нет и появление напряжения на выходе генератора обусловлено лишь остаточным намагничиванием магнитной цепи генератора. Процесс самовозбуждения начинается при $n > n_{\text{кр}}$. В этом случае увеличение частоты вращения сопровождается резким ростом напряжения U_0 . Однако при частоте вращения, близкой к номинальной, рост напряжения несколько замедляется, что объясняется магнитным насыщением генератора. Критическая частота вращения зависит от сопротивления цепи возбуждения и с ростом последнего увеличивается.

Таким образом, самовозбуждение генераторов постоянного тока возможно при соблюдении следующих условий: а) магнитная система машины должна обладать остаточным магнетизмом; б) присоединение обмотки возбуждения должно быть таким, чтобы МДС обмотки совпадала по направлению с потоком остаточного магнетизма $\Phi_{\text{ост}}$; в) сопротивление цепи возбуждения должно быть меньше критического; г) частота вращения якоря должна быть больше критической.

Так как генератор параллельного возбуждения самовозбуждается лишь в одном направлении, то и характеристика х.х. этого генератора может быть снята только для одного квадранта осей координат.

Нагрузочная и регулировочная характеристики генератора параллельного возбуждения практически не отличаются от соответствующих характеристик генератора независимого возбуждения.

Внешняя характеристика генератора параллельного возбуждения 1 (рисунок 57) менее жесткая, чем у генератора независимого возбуждения. Объясняется это тем, что в генераторе параллельного возбуждения помимо причин, вызывающих уменьшение напряжения в генераторе независимого возбуждения (реакция якоря и падение напряжения в цепи якоря), действует еще и третья причина — уменьшение тока возбуждения, вызванное снижением напряжения от действия первых двух причин. Этим же объясняется и то, что при постепенном уменьшении сопротивления нагрузки r_h ток увеличивается лишь до критического значения I_{kp} , а затем при дальнейшем уменьшении сопротивления нагрузки ток начинает уменьшаться. Наконец, ток нагрузки при коротком замыкании $I_k < I_{kp}$. Дело в том, что с увеличением тока усиливается размагничивание генератора (усиление реакции якоря и уменьшение тока возбуждения), машина переходит в ненасыщенное состояние, при котором даже небольшое уменьшение сопротивления нагрузки вызывает резкое уменьшение ЭДС машины (см. рисунок 55, б). Так как ток определяется напряжением на выводах генератора U и сопротивлением нагрузки r_h , т.е. $I = \frac{U}{r_h}$, то при токах нагрузки $I < I_{kp}$, когда напряжение генератора уменьшается медленнее, чем убывает сопротивление нагрузки, происходит рост тока нагрузки. После того как $I = I_{kp}$, дальнейшее уменьшение r_h сопровождается уменьшением тока нагрузки, так как в этом случае напряжение U убывает быстрее, чем уменьшается сопротивление нагрузки r_h .

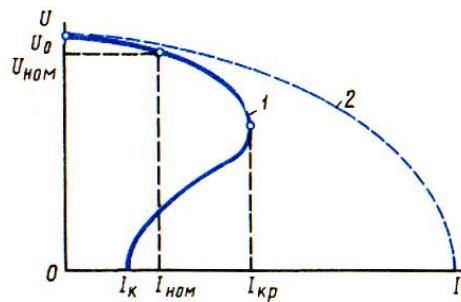


Рисунок 57 – Внешняя характеристика генератора параллельного возбуждения

Таким образом, короткое замыкание, вызванное постепенным уменьшением сопротивления нагрузки, не опасно для генератора параллельного возбуждения. Но при внезапном к.з. магнитная система

генератора не успевает размагнититься и ток I_k достигает опасных для машины значений $I_k = (8 \div 12)I_{\text{ном}}$ (кривая 2). При таком резком возрастании тока нагрузки на валу генератора возникает значительный тормозящий момент, а на коллекторе появляется сильное искрение, переходящее в круговой огонь. Поэтому необходимо защищать генератор от перегрузки и к.з. посредством плавких предохранителей или же применением релейной защиты. Генераторы параллельного возбуждения широко применяют в установках постоянного тока, так как отсутствие возбудителя выгодно отличает эти генераторы от генераторов независимого возбуждения. Номинальное изменение напряжения генератора параллельного возбуждения составляет 10-30%.

4.9 Генератор смешанного возбуждения

Генератор смешанного возбуждения (рисунок 58, а) имеет параллельную и последовательную обмотки возбуждения. Поток возбуждения создается в основном параллельной обмоткой. Последовательная обмотка обычно включается согласно с параллельной (чтобы МДС обмоток складывались), что обеспечивает получение жесткой внешней характеристики генератора.

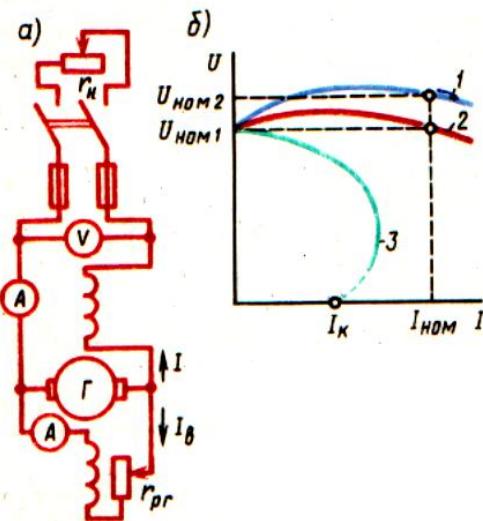


Рисунок 58 – схема включения генератора смешанного возбуждения (а)

и его внешние характеристики (б)

В режиме х. х. генератор имеет только параллельное возбуждение, так как имеет только параллельное возбуждение, так как $I = 0$. С появлением нагрузки возникает МДС последовательной обмотки возбуждения, которая, подмагничивая машину, компенсирует размагничивающее действие реакции якоря и падение напряжения в якоре.

Внешняя характеристика в этом случае становится наиболее жесткой (рисунок 58,б, кризиса 2), т.е. напряжение на зажимах генератора при увеличении тока остается почти неизменным. Если же требуется, чтобы напряжение на зажимах потребителя (в конце линии) оставалось практически неизменным, то число витков последовательной обмотки увеличивают так, чтобы МДС этой обмотки компенсировала еще и падение напряжения в проводах линии (кривая 1).

При встречном включении обмоток возбуждения напряжение генератора с ростом тока нагрузки резко уменьшается (кривая 3), что объясняется размагничивающим действием последовательной обмотки возбуждения, МДС которой направлена против МДС параллельной обмотки. Встречное включение обмоток применяют лишь в генераторах специального назначения, например в сварочных, где необходимо получить круто падающую внешнюю характеристику.

Генераторы смешанного возбуждения с согласным включением обмоток возбуждения применяют для питания силовой нагрузки в случаях, когда требуется постоянство напряжения в линии.

4.10 Устройство и принцип действия двигателя последовательного возбуждения

В этом двигателе обмотка возбуждения включена последовательно в цепь якоря (рисунок 59,а), поэтому магнитный поток Φ в нем зависит от тока нагрузки. При небольших нагрузках магнитная система машины не насыщена и

зависимость магнитного потока от тока нагрузки прямо пропорциональна, т. е.
 $\Phi = k_\Phi I_a$.

Таким образом, вращающий момент двигателя при ненасыщенном состоянии магнитной системы пропорционален квадрату тока, а частота вращения обратно пропорциональна току нагрузки. На рисунке 59,б представлены рабочие характеристики $M=f(I)$ и $n=f(I)$ двигателя последовательного возбуждения. При больших нагрузках наступает насыщение магнитной системы двигателя. В этом случае магнитный поток при возрастании нагрузки практически не изменяется и характеристики двигателя приобретают почти прямолинейный характер. Характеристика частоты вращения двигателя последовательного возбуждения показывает, что частота вращения двигателя значительно меняется при изменениях нагрузки. Такую характеристику принято называть мягкой.

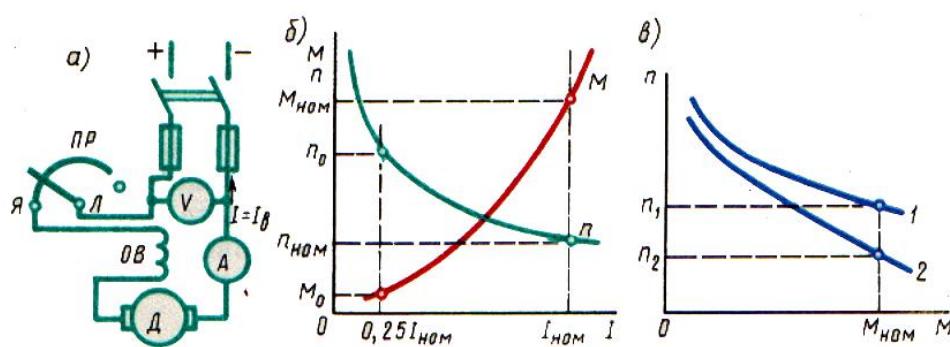


Рисунок 59 – Двигатель последовательного возбуждения

При уменьшении нагрузки двигателя последовательного возбуждения частота вращения резко увеличивается и при нагрузке меньше 25% от номинальной может достигнуть опасных для двигателя значений «разнос». Поэтому работа двигателя последовательного возбуждения или его пуск при нагрузке на валу меньше 25% от номинальной не допустима.

Для более надежной работы вал двигателя последовательного возбуждения должен быть жестко соединен с рабочим механизмом посредством муфты и зубчатой передачи. Применение ременной передачи недопустимо, т. к. при обрыве или сбросе ремня может произойти разнос двигателя.

Механические характеристики двигателя последовательного возбуждения представлены на рисунке 59,в. Резко падающие кривые механических характеристик (естественная 1 и искусственная 2) обеспечивают двигателю последовательного возбуждения устойчивую работу при любой механической нагрузке. Свойства этих двигателей развивать большой врачающий момент, пропорциональный квадрату тока нагрузки, имеет важное значение, особенно в тяжелых условиях пуска и при перегрузках, т.к. с постепенным увеличением нагрузки двигателя мощность на его входе растет медленнее, чем врачающий момент. Эта особенность двигателей последовательного возбуждения является одной из причин их широкого применения в качестве тяговых двигателей на транспорте, а также в качестве крановых двигателей в подъемных установках, т.е. во всех случаях электропривода с тяжелыми условиями пуска и сочетания значительных нагрузок на вал двигателя с малой частотой вращения.

4.11 Пуск двигателя в работу, рабочие характеристики, регулирование частоты вращения

Ток якоря двигателя определяется формулой:

$$I_a = \frac{U - E_a}{\Sigma r} . \quad (11)$$

Если принять U и Σr неизменными, то ток I_a зависит от противо-ЭДС E_a . Наибольшего значения ток I_a достигает при пуске двигателя в ход. В начальный

момент пуска якорь двигателя неподвижен и в его обмотке не индуцируется ЭДС ($E_a=0$). Поэтому при непосредственном подключении двигателя к сети в обмотке его якоря возникает пусковой ток:

$$I_a = \frac{U}{\Sigma r}. \quad (12)$$

Обычно сопротивление Σr невелико, поэтому значение пускового тока достигает недопустимо больших значений, в 10—20 раз превышающих номинальный ток двигателя.

Такой большой пусковой ток весьма опасен для двигателя. Во-первых, он может вызвать в машине круговой огонь, а во-вторых, при таком токе в двигателе развивается чрезмерно большой пусковой момент, который оказывает ударное действие на вращающиеся части двигателя и может механически их разрушить. И наконец, этот ток вызывает резкое падение напряжения в сети, что неблагоприятно отражается на работе других потребителей, включенных в эту сеть. Поэтому пуск двигателя непосредственным подключением в сеть (безреостатный пуск) обычно применяют для двигателей мощностью не более 0,7-1,0 кВт. В этих двигателях благодаря повышенному сопротивлению обмотки якоря и небольшим вращающимся массам значение пускового тока лишь в 3—5 раз превышает номинальный, что не представляет опасности для двигателя. Что же касается двигателей большей мощности, то при их пуске для ограничения пускового тока используют *пусковые реостаты* (ПР), включаемые последовательно в цепь якоря (реостатный пуск).

Перед пуском двигателя необходимо рычаг P реостата поставить на холостой контакт 0 (рисунок 60). Затем включают рубильник, переводят рычаг на первый промежуточный контакт 1 и цепь якоря двигателя оказывается подключенной к сети через наибольшее сопротивление реостата.

Одновременно через рычаг P и шину W к сети подключается обмотка возбуждения, ток в которой в течение всего периода пуска не зависит от положения рычага P , так как сопротивление шины по сравнению с сопротивлением обмотки возбуждения пренебрежимо мало.

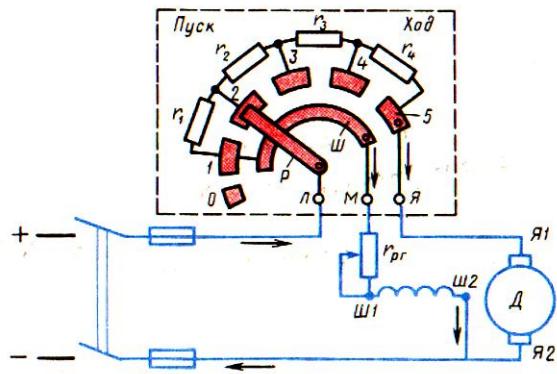


Рисунок 60 – Подключение двигателя в работу

Пусковой ток якоря при полном сопротивлении пускового реостата:

$$I_a = \frac{U - E_a}{\Sigma r + r_{\text{пр}}}. \quad (13)$$

С появлением тока в цепи якоря возникает пусковой момент, под действием которого начинается вращение якоря. По мере нарастания частоты вращения увеличивается противо-ЭДС, что ведет к уменьшению пускового тока и пускового момента.

По мере разгона якоря двигателя рычаг пускового реостата переключают в положения 2, 3 и т.д. В положении 5 рычага реостата пуск двигателя заканчивается. Сопротивление пускового реостата выбирают обычно таким, чтобы наибольший пусковой ток превышал номинальный не более чем в 2-3 раза.

Так как врачающий момент двигателя пропорционален потоку Φ , то для облегчения пуска двигателя параллельного и смешанного возбуждения сопротивление реостата в цепи возбуждения следует полностью вывести. Поток возбуждения Φ в этом случае получает наибольшее значение и двигатель развивает необходимый врачающий момент при меньшем токе якоря.

Для пуска двигателей большей мощности применять пусковые реостаты нецелесообразно, так как это вызвало бы значительные потери энергии. Кроме того, пусковые реостаты были бы громоздкими. Поэтому в двигателях большой мощности применяют безреостатный пуск двигателя путем понижения

напряжения. Примерами этого являются пуск тяговых двигателей электровоза переключением их с последовательного соединения при пуске на параллельное при нормальной работе или пуск двигателя в схеме «генератор—двигатель».

Частоту вращения двигателей последовательного возбуждения можно регулировать изменением либо напряжения U , либо магнитного потока обмотки возбуждения. В первом случае в цепь якоря последовательно включают регулировочный реостат R_{pr} (рисунок 61, а). С увеличением сопротивления этого реостата уменьшаются напряжение на входе двигателя и частота его вращения. Этот метод регулирования применяют главным образом в двигателях небольшой мощности. В случае значительной мощности двигателя этот способ неэкономичен из-за больших потерь энергии в R_{pr} . Кроме того, реостат R_{pr} , рассчитываемый на рабочий ток двигателя, получается громоздким и дорогостоящим.

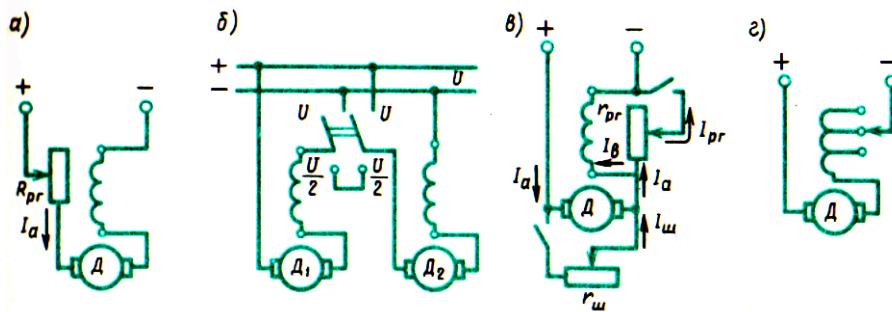


Рисунок 61 – Изменение частоты вращения двигателя последовательного возбуждения

При совместной работе нескольких однотипных двигателей частоту вращения регулируют изменением схемы их включения относительно друг друга (рисунок 61, б). Так, при параллельном включении двигателей каждый из них оказывается под полным напряжением сети, а при последовательном включении двух двигателей на каждый двигатель приходится половина напряжения сети. При одновременной работе большего числа двигателей возможно большее количество вариантов включения. Этот способ регулирования частоты вращения применяют в электровозах, где установлено несколько одинаковых тяговых двигателей.

Изменение подводимого к двигателю напряжения возможно также при питании двигателя от источника постоянного тока с регулируемым напряжением.

При уменьшении подводимого к двигателю напряжения его механические характеристики смещаются вниз, практически не меняя своей кривизны (рисунок 70).

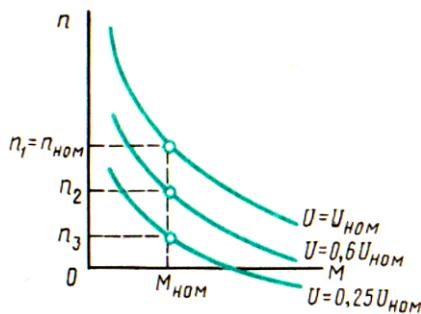


Рисунок 62 – Механические характеристики двигателя

Регулировать частоту вращения двигателя изменением магнитного потока можно тремя способами: шунтированием обмотки возбуждения реостатом $R_{\text{рг}}$, секционированием обмотки возбуждения и шунтированием обмотки якоря реостатом $R_{\text{ш}}$. Включение реостата $R_{\text{рг}}$, шунтирующего обмотку возбуждения (рисунок 61,в), а также уменьшение сопротивления этого реостата ведет к снижению тока возбуждения, а следовательно, к росту частоты вращения. Этот способ экономичнее предыдущего (см. рисунок 61,а), применяется чаще и оценивается коэффициентом регулирования. Обычно сопротивление реостата $R_{\text{рг}}$ принимается таким, чтобы $R_{\text{рг}} > 50\%$.

При секционировании обмотки возбуждения (рисунок 61,г) отключение части витков обмотки сопровождается ростом частоты вращения. При шунтировании обмотки якоря реостатом $R_{\text{ш}}$ (см. рисунок 61,в) увеличивается ток возбуждения, что вызывает уменьшение частоты вращения. Этот способ регулирования, хотя и обеспечивает глубокую регулировку, неэкономичен и применяется очень редко.

4.12 Конструкция и принцип действия щелочных аккумуляторов

Щелочный аккумулятор. Наиболее распространены никель-железные и никель-кадмевые щелочные аккумуляторы. Их широко применяют на э. п. с., тепловозах и пассажирских вагонах. В никель-железных и никель-кадмевых аккумуляторах активная масса положительного электрода состоит из гидрата окиси никеля $\text{Ni}(\text{OH})_3$, к которому добавляют графит и окись бария. Графит

увеличивает электропроводность активной массы, а окись бария — срок службы электрода. Активная масса отрицательного электрода никель-железного аккумулятора состоит из порошкового железа Fe и его окислов с добавкой сернокислого никеля и сернистого железа, а никель-кадмиевого аккумулятора — из смеси порошков кадмия Cd и железа Fe. Электролитом служит 20%-ный раствор едкого калия KOH с примесью моногидрата лития (20-30 г/л). Эта примесь увеличивает срок службы аккумулятора.

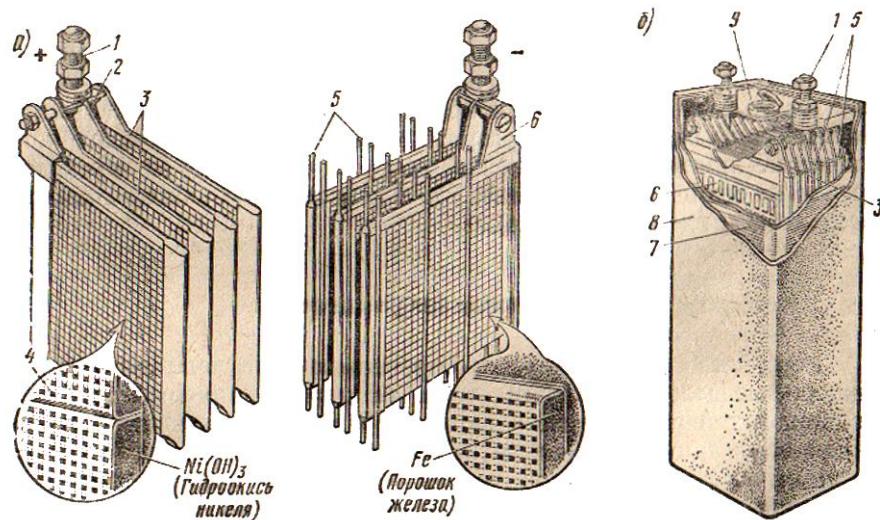


Рисунок 63 – Никель – железные аккумуляторы

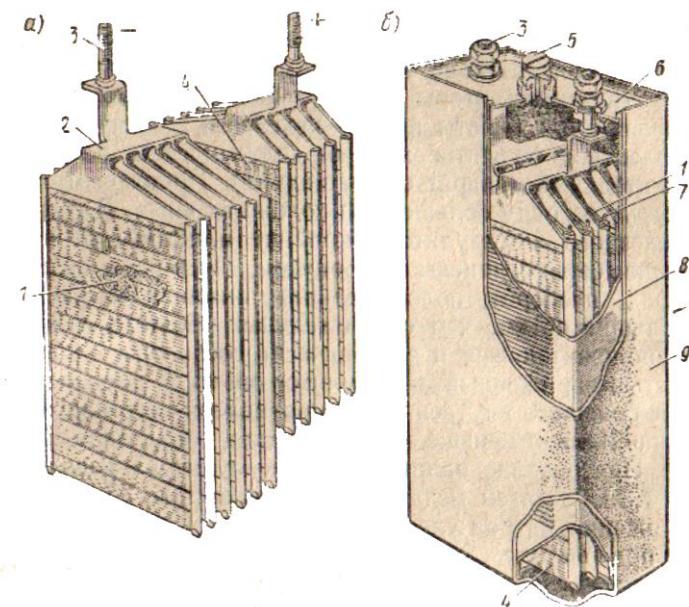
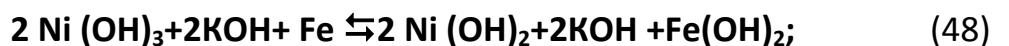


Рисунок 64 – Никель – кадмевые аккумуляторы

Промышленность выпускает никель-железные аккумуляторы (НЖ) и никель-кадмиеевые (НК). Оба электрода в этих аккумуляторах изготавливают в виде стальных никелированных рамок (рисунки 63 и 64), в пазы которых впрессованы наполненные активной массой пакеты (ламели) из никелированной жести с большим количеством мелких отверстий для доступа электролита к активной массе. В аккумуляторах НК каждая отрицательная пластина расположена между двумя положительными; в аккумуляторах НЖ каждая положительная пластина — между двумя отрицательными. Для предотвращения короткого замыкания между ними устанавливают сепараторы, выполненные в виде эbonитовых стержней или полихлорвиниловых сеток. Корпус, в который помещают пластины и электролит, также изготавливают из никелированной жести. Он имеет приваренную крышку с отверстиями для выводных штырей, для выхода газов и заливки электролита. Для придания корпусу механической прочности стенки его выполняют гофрированными. Корпус помещают в резиновый чехол, обеспечивающий изоляцию аккумуляторов друг от друга и от ящика, в котором устанавливают батарею.

Щелочной аккумулятор. При разряде щелочного аккумулятора гидрат окиси никеля Ni(OH)_3 на положительном электроде, взаимодействуя с ионами электролита, переходит в гидрат окиси никеля Ni(OH)_2 , а железо или кадмий отрицательного электрода превращается соответственно в гидрат окиси железа Fe(OH)_2 или гидрат окиси кадмия Cd(OH)_2 . Между электродами возникает разность потенциалов около 1,45 В, обеспечивающая протекание тока по внешней цепи и внутри аккумуляторов.

При заряде аккумулятора под действием электрической энергии, подводимой от внешнего источника тока, происходит окисление активной массы положительных пластин, сопровождаемое переходом гидрата окиси никеля Ni(OH)_2 , в гидрат окиси никеля Ni(OH)_3 . В то же время активная масса отрицательных пластин восстанавливается с образованием губчатого железа Fe или губчатого кадмия Cd. Электрохимические реакции при разряде и заряде никель-железного аккумулятора могут быть выражены уравнением:



для никель-кадмievого



Положительным качеством щелочного аккумулятора является то, что все компоненты, образующиеся в процессе заряда и разряда, практически нерастворимы в электролите и не вступают в какие-либо химические реакции. Электролит в процессе электрохимических реакций не расходуется, поэтому плотность его не изменяется. Это позволяет обходиться сравнительно небольшими количествами электролита, что делает эти аккумуляторы более компактными, чем кислотные.

Для правильной работы никель-железного аккумулятора отрицательный электрод (губчатое железо) должен иметь большую массу, чем положительный (гидрат окиси кадмия). Поэтому отрицательных пластин берут на одну больше, чем положительных. В сборном блоке никель-железного аккумулятора крайние пластины отрицательные; они электрически соединены с корпусом. В никель-кадмийевых аккумуляторах, наоборот, положительная активная масса должна занимать больший объем, чем отрицательная. Поэтому у них крайние пластины положительные и электрически соединены с корпусом.

Полностью заряженный аккумулятор имеет э. д. с. около 1,45 В. В следствие большого внутреннего сопротивления его напряжение при разряде значительно меньше этого значения, а при заряде значительно больше. При разряде напряжение аккумулятора довольно быстро падает до 1,3 В, а затем медленно уменьшается до 1 В (рисунок 56); при этом напряжении разряд следует прекращать.

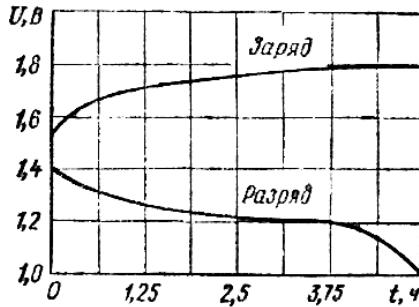


Рисунок 65 – Диаграмма заряда батареи

Среднее расчетное напряжение при разряде составляет 1,25 В. *Разряжать щелочные аккумуляторы ниже установленного конечного напряжения нельзя, так как это приведет к безвозвратной потере емкости и уменьшению срока службы.* При заряде напряжение с 1,55 В быстро поднимается до 1,75 В, а затем медленно повышается до 1,8 В. Заряд щелочного аккумулятора ведут до тех пор, пока не будет сообщено требуемое количество ампер-часов (согласно паспортным данным). Заряд щелочного аккумулятора осуществляется током, равным одной четвертой его номинальной емкости, при этом аккумулятору сообщается 150% емкости. Выделение газа у щелочных аккумуляторов не является признаком конца заряда, однако при бурном газовыделении необходимо уменьшить силу зарядного тока. Щелочные аккумуляторы лучше перезарядить, чем недозарядить, так как неполные заряды способствуют преждевременному выходу их из строя. Повышение температуры выше 45° также приводит к разрушению активной массы электродов.

4.13 Неисправности и уход за аккумуляторными батареями в эксплуатации.

Основные неисправности, их причины способы устранения

1 Понижение ёмкости аккумуляторов.

Щелочные аккумуляторы при соблюдении правил ухода работают много лет без заметного снижения ёмкости. Основная и серьёзная неисправность – потеря ёмкости – может быть устранена или в крайнем случае приостановлена, если она вовремя обнаружена.

Основные причины потери ёмкости следующие:

- накопление углекислых солей (карбонатов) в электролите сверх допустимой величины;
- работа на электролите без добавки едкого лития;
- эксплуатация аккумуляторов при температуре электролита выше +45°C;
- загрязнение электролита вредными примесями;
- короткие замыкания и повышенный саморазряд.

Значительное снижение ёмкости вполне исправной батареи может быть вызвано неправильным режимом её эксплуатации.

2 Накопление карбонатов в электролите происходит наиболее интенсивно в летнее время и при повреждениях или отсутствии пробок на аккумуляторах. Накапливаясь в электролите, карбонаты снижают содержание щёлочи, что приводит к снижению ёмкости аккумуляторов. Содержание карбонатов в электролите должно контролироваться химическим анализом при профилактических осмотрах. В данном случае для удаления карбонатов необходимо сменить электролит.

3 Высокая температура электролита при эксплуатации аккумуляторов приводит к безвозвратной потере ёмкости вследствие пассивации положительных электродов. Железная активная масса практически почти не растворимая в электролите при нормальных условиях эксплуатации, при высокой температуре растворяется и действует в электролите на положительный электрод, вызывая потерю ёмкости.

Высокая же температура электролита часто является следствием неправильно выбранного заряда батарей на локомотиве, приводящего к систематическому перезаряду аккумуляторов. В этом случае необходимо

установить правильный режим заряда, соответствующий климатическим условиям.

4 Загрязнение электролита вредными примесями может происходить как в результате случайного попадания в отдельные аккумуляторы металлических предметов, так и при доливке аккумуляторов непроверенной природной водой.

5 Короткие замыкания в аккумуляторах возникают чаще всего из-за большого количества шлама, образующегося при вымывании активной массы из электродов. Чрезмерное вымывание активной массы, особенно из отрицательного (железного) электрода, может быть вызвано систематическим перезарядом аккумуляторов. Перезаряд приводит к обильному выделению газов при электролизе воды, которые увлекают с собой частички активной массы и выносят их из электродов в электролит. При высокой температуре электролита ($+50 \div +60^{\circ}\text{C}$) частички активной железной массы частично растворяются в электролите, а затем при охлаждении выделяются и оседают на электродах и сепараторах в виде тонкой металлической пленки. Металлизация сепараторов превращает их в проводники электрического тока и приводит к усиленному саморазряду и даже к короткому замыканию аккумулятора.

Кроме коротких замыканий, внутри аккумулятора часто возникают короткие замыкания в батарее. Это чаще всего случается тогда, когда сопротивление изоляции батареи ниже нормы. Вторая серьёзная причина – это перетирание резиновых чехлов, которое наблюдается там, где аккумуляторы закреплены в ящике деревянными клиньями. При езде весь ящик вибрирует и крепление расшатывается.

6 Механические повреждения наиболее часто встречающиеся в щелочных аккумуляторах – это повреждение изоляционных резиновых чехлов и вентиляционных пробок.

Практика показывает, что резиновые чехлы механически не прочны, их повреждение приводит к заземлению аккумулятора, утечкам тока, коротким замыканиям; замена повреждённых чехлов является трудоёмкой. Резиновые чехлы при плотной установке аккумуляторов не допускают необходимого охлаждения их.

Неудовлетворительная конструкция вентиляционных пробок приводит к тому, что пробки плохо закрываются или, если они открыты, их не закрывать. В результате аккумуляторы работают в основном с открытыми горловинами – пробки либо отломаны, либо утеряны. Это приводит к тому, что электролит сравнительно быстро насыщается карбонатами и через 8 - 10 месяцев требует замены.

4.14 Устройство и принцип действия асинхронных машин

Асинхронный двигатель состоит из двух основных частей, разделенных воздушным зазором: неподвижного статора и вращающегося ротора. Каждая из этих частей имеет сердечник и обмотку. При этом обмотка статора включается в сеть и является как бы первичной, а обмотка ротора – вторичной, так как энергия в нее поступает из обмотки статора за счет магнитной связи между этими обмотками.

По своей конструкции асинхронные двигатели разделяются на два вида: двигатели с короткозамкнутым ротором и двигатели с фазным ротором. Рассмотрим устройство трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (рисунок 66). Двигатели этого вида имеют наиболее широкое применение.

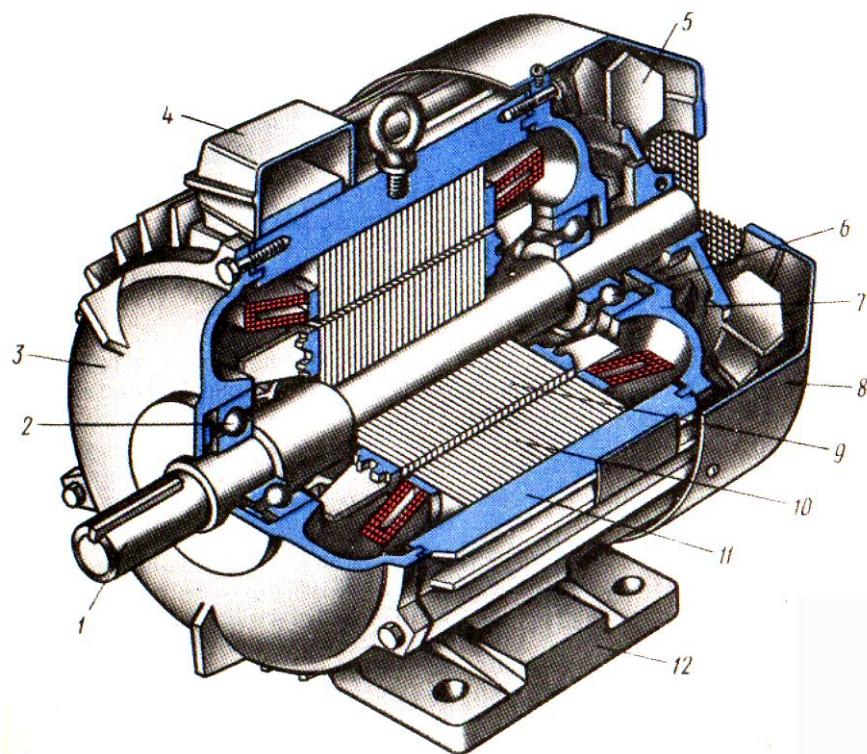


Рисунок 66 – Устройство асинхронной машины

Неподвижная часть двигателя – **статор** – состоит из корпуса 11 и сердечника 10 с трехфазной обмоткой. Корпус двигателя отливают из алюминиевого сплава или из чугуна либо делают сварным. Двигатель имеет закрытое обдуваемое исполнение. Поэтому поверхность его корпуса имеет ряд продольных ребер, назначение которых состоит в том, чтобы увеличить поверхность охлаждения двигателя.

В корпусе расположен сердечник 10 статора, имеющий шихтованную конструкцию: отштампованные листы из тонколистовой электротехнической стали толщиной обычно 0,5 мм покрыты слоем изоляционного лака, собраны в пакет и скреплены специальными скобами или продольными сварными швами по наружной поверхности пакета. Такая конструкция сердечника способствует значительному уменьшению вихревых токов, возникающих в процессе перемагничивания сердечника вращающимся магнитным полем. На внутренней поверхности сердечника статора имеются продольные пазы, в которых расположены пазовые части обмотки статора, соединенные в предельном порядке лобовыми частями, находящимися за пределами сердечника по его торцевым сторонам.

В расточке статора расположена вращающая часть двигателя – **ротор**, состоящий из вала 1 и сердечника 9 с короткозамкнутой обмоткой. Такая обмотка, называемая «беличье колесо», представляет собой ряд металлических (алюминиевых или медных) стержней, расположенных в пазах сердечника ротора, замкнутых с двух сторон коротко замыкающими кольцами (рисунок 58а). Сердечник ротора также имеет шихтованную конструкцию, но листы ротора не покрыты изоляционным лаком, а имеют на своей поверхности тонкую пленку окисла. Это является достаточной изоляцией, ограничивающей вихревые токи, так как величина их не велика из – за малой частоты перемагничивания сердечника ротора. Например, при частоте сети 50 Гц и номинальном скольжении 6% частота перемагничивания сердечника ротора составляет 3 Гц.

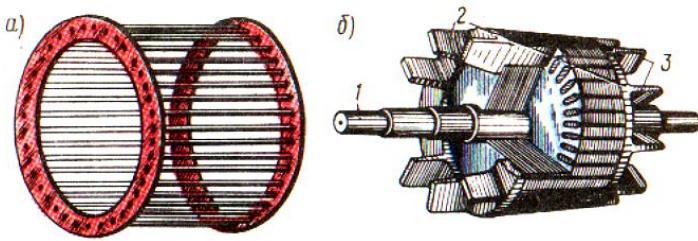


Рисунок 67 – Устройство ротора асинхронной машины

Короткозамкнутая обмотка ротора в большинстве двигателей выполняется заливкой собранного сердечника ротора расплавленным алюминиевым сплавом. При этом одновременно со стержнями обмотки отливаются коротко замыкающие кольца и вентиляционные лопатки (рисунок 67б).

Вал ротора вращается в подшипниках качения 2 и 6, расположенных в подшипниковых щитах 3 и 7.

Охлаждение двигателя осуществляется методом обдува наружной оребренной поверхности корпуса. Поток воздуха создается центробежным вентилятором 5, прикрытым кожухом 8. На торцовой поверхности этого кожуха имеются отверстия для забора воздуха. Двигатели мощностью 15 кВт и более помимо закрытого делают еще и защищенного исполнения с внутренней самовентиляцией. В подшипниковых щитах этих двигателей имеются отверстия (жалюзи), через которые воздух посредством вентилятора прогоняется через внутреннюю полость двигателя. При этом воздух «омывает» нагретые части (обмотки, сердечники) двигателя и охлаждение получается более эффективным, чем при наружном обдуве.

Концы обмоток фаз выводят на зажимы коробки выводов 4. Обычно асинхронные двигатели предназначены для включения в трехфазную сеть на два разных напряжения, в $\sqrt{3}$ раз. Например, двигатель рассчитан для включения в сеть на напряжение 380\660 В. Если в сети линейное напряжение 660 В, то обмотку статора следует соединить звездой, а 380 В, то треугольником. В обоих случаях на обмотке каждой фазы будет 380 В. Выводы обмоток фаз располагают на панели таким образом, чтобы соединения обмоток фаз было удобно выполнять посредством перемычек, без перекрещивания последних. В некоторых двигателях небольшой мощности в коробке выводов имеется лишь три зажима. В этом случае двигатель может быть включен в сеть на одно

напряжение (соединение обмотки статора такого двигателя звездой или треугольником выполнено внутри двигателя).

Монтаж двигателя в месте его установки осуществляется либо посредством лап 12 (рисунок 66), либо посредством фланца. В последнем случае на подшипниковом щите (обычно со стороны выступающего конца вала) делают фланец с отверстиями для крепления двигателя на рабочей машине. Для предохранения обслуживающего персонала от возможного поражения электрическим током двигатели снабжаются болтами заземления (не менее двух).

Другая разновидность трехфазных асинхронных двигателей – **двигатели с фазным ротором** – конструктивно отличаются от рассмотренного двигателя главным образом устройством ротора (рисунок 68).

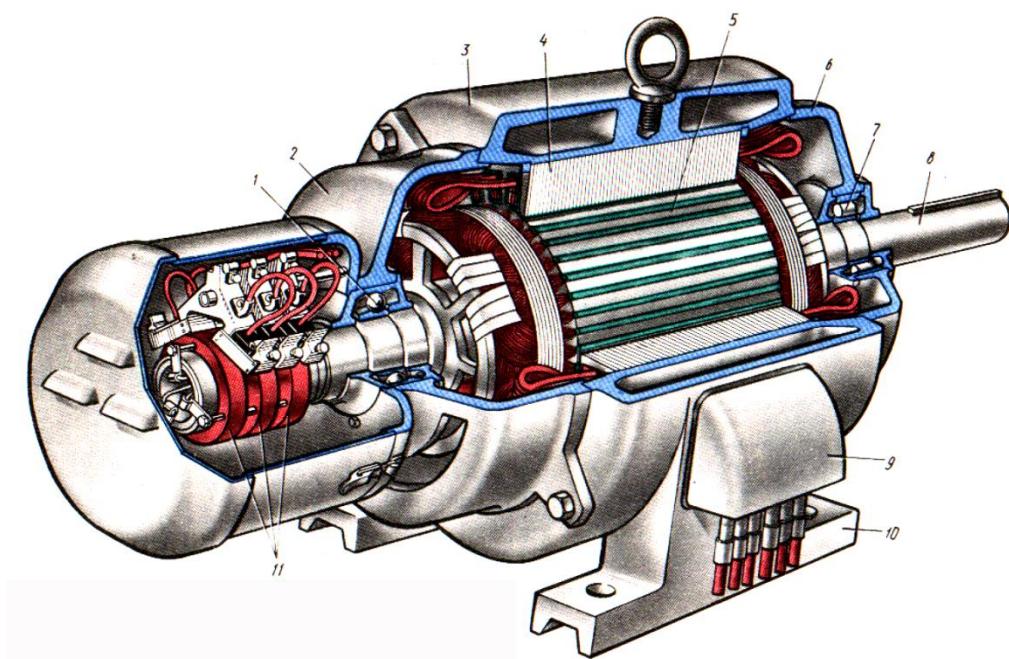


Рисунок 68 – Конструкция двигателя с фазным ротором

Статор этого двигателя также состоит из корпуса 3 и сердечника 4 с трехфазной обмоткой. У него имеются подшипниковые щиты 2 и 6 с подшипниками качения 1 и 7. К корпусу 3 прикреплены лапы 10 и коробка выводов 9. Однако ротор имеет более сложную конструкцию. На валу 8 закреплен шихтованный сердечник 5 с трехфазной обмоткой, выполненной аналогично обмотке статора.

Эту обмотку соединяют звездой, а ее концы присоединяют к трем контактным кольцам 11, расположенным на валу и изолированных друг от друга и от вала. Для осуществления электрического контакта с обмоткой вращающего ротора на каждое контактное кольцо 1(рисунок 69). Накладывают обычно две щетки 2, расположаемых в щеткодержателях 3. Каждый щеткодержатель снабжен пружинами, обеспечивающими прижатие щеток к контактному кольцу с определенным усилием.

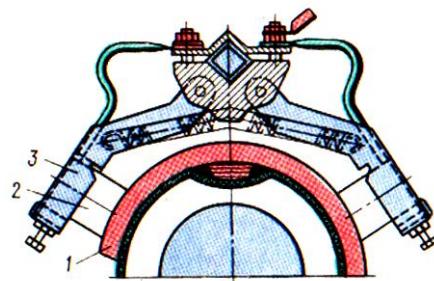


Рисунок 69 – Электрический контакт с обмоткой ротора асинхронной машины

Асинхронные двигатели с фазным ротором имеют более сложную конструкцию и менее надежны, но они обладают лучшими регулировочными и пусковыми свойствами, чем двигатели с короткозамкнутыми роторами. Обмотка ротора этого двигателя соединена с пусковым реостатом ПР, создающим в цепи ротора добавочное сопротивление $R_{\text{доб.}}$.

На корпусе асинхронного двигателя прикреплена табличка, на которой указаны тип двигателя, завод – изготовитель, год выпуска и номинальные данные (полезная мощность, напряжение, ток, коэффициент мощности, частота вращения и КПД).

Принцип действия асинхронного двигателя.

Неподвижная часть асинхронного двигателя – статор – имеет такую же

конструкцию, что и статор синхронного генератора. В расточке статора расположена вращающаяся часть двигателя — ротор, состоящий из вала, сердечника и обмотки (рисунок 70). Обмотка ротора представляет собой короткозамкнутую конструкцию, состоящую из восьми алюминиевых стержней, расположенных в продольных пазах сердечника ротора, замкнутых с двух сторон по торцам ротора алюминиевыми кольцами (на рисунке эти кольца не показаны). Ротор и статор разделены воздушным зазором. При включении обмотки статора в сеть трехфазного тока возникает вращающееся магнитное поле статора с частотой вращения n_1 .

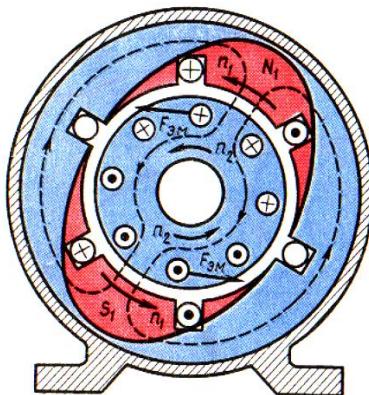


Рисунок 70 – Принцип действия асинхронного двигателя

Вращающееся поле статора (полюсы N_1 и S_1) сцепляется как с обмоткой статора, так и с обмоткой ротора и наводит в них ЭДС. ЭДС обмотки статора, являясь ЭДС самоиндукции, действует встречно приложенному к обмотке напряжению и ограничивает значение тока в обмотке. Обмотка ротора замкнута, поэтому ЭДС ротора создает в стержнях обмотки ротора токи. Взаимодействие этих токов с полем статора создает на роторе электромагнитные силы $F_{\text{эм}}$, направление которых определяют по правилу «левой руки». Из рисунка 70 видно, что силы $F_{\text{эм}}$ стремятся повернуть ротор в направлении вращения магнитного поля статора. Совокупность сил $F_{\text{эм}}$ создает на роторе электромагнитный момент M , приводящий его во вращение с частотой n_2 . Вращение ротора посредством вала передается исполнительному механизму.

4.15 Режимы работы асинхронной машины

В соответствии с принципом обратимости электрических машин асинхронные машины могут работать как в двигательном, так и в генераторном режимах. Кроме того, возможен еще и режим электромагнитного торможения противовключением.

Двигательный режим. При включении обмотки статора в сеть трехфазного тока возникает вращающееся магнитное поле, которое, сцепляясь с короткозамкнутой обмоткой ротора, наводит в нем ЭДС. При этом в стержнях обмотки ротора появляются токи. В результате взаимодействия этих токов с вращающимся магнитным полем на роторе возникают электромагнитные силы. Совокупность этих сил создает электромагнитный вращающий момент, под действием которого ротор асинхронного двигателя приходит во вращение с частотой $n_2 < n_1$ в сторону вращения ноля статора. Если вал асинхронного двигателя механически соединить с валом какого-либо исполнительного механизма ИМ (станка, подъемного крана и т.п.), то вращающий момент двигателя M , преодолев противодействующий (нагрузочный) момент $M_{\text{нагр}}$ исполнительного механизма, приведет механизм во вращение.

Генераторный режим. Если обмотку статора включить в сеть, а ротор асинхронной машины посредством приводного двигателя ПД (двигатель внутреннего сгорания, турбина и т. п.), являющегося источником механической энергии, вращать в направлении вращения магнитного поля статора с частотой $n_2 > n_1$, то направление движения ротора относительно поля статора изменится на обратное (по сравнению с двигателем режимом работы этой машины), так как ротор будет обгонять поле статора. При этом скольжение станет отрицательным, а ЭДС, наведенная в обмотке ротора, изменит свое направление. Электромагнитный момент на роторе M также изменит свое направление, т. е. будет направлен встречно вращающемуся магнитному полю статора и станет тормозящим по отношению к вращающемуся моменту приводного двигателя M_1 . В этом случае механическая мощность приводного двигателя в основной своей части будет преобразована в электрическую активную мощность P_2 переменного тока. Особенность работы асинхронного генератора состоит в том, что вращающееся магнитное поле в нем создается реактивной мощностью Q .

трехфазной сети, в которую включен генератор и куда он отдает вырабатываемую активную мощность P_2 . Следовательно, для работы асинхронного генератора необходим источник переменного тока, при подключении к которому происходит возбуждение генератора, т. е. в нем возбуждается вращающееся магнитное поле.

Скольжение асинхронной машины в генераторном режиме может изменяться в диапазоне $-\infty < S < 0$, т. е. оно может принимать любые отрицательные значения.

Режим торможения противовключением. Если у работающего трехфазного асинхронного двигателя поменять местами любую пару подходящих к статору из сети присоединительных проводов, то вращающееся поле статора изменит направление вращения на обратное. При этом ротор асинхронной машины под действием сил инерции будет продолжать вращение в прежнем направлении. Другими словами, ротор и поле статора асинхронной машины будут вращаться в противоположных направлениях. В этих условиях электромагнитный момент машины, направленный в сторону вращения поля статора, будет оказывать на ротор тормозящее действие. Этот режим работы асинхронной машины называется *электромагнитным торможением противовключением*. Активная мощность, поступающая из сети в машину при этом режиме, частично затрачивается на компенсацию механической мощности вращающегося ротора, т.е. на его торможение.

4.16 Пуск в работу, магнитная цепь, рабочие характеристики асинхронного двигателя.

Наличие контактных колец у двигателей с фазным ротором позволяет подключить к обмотке ротора пусковой реостат (ПР). При этом активное сопротивление цепи ротора увеличивается до значения:

$$R_2 = r'_2 + r'_d, \quad (50)$$

где r'_d - электрическое сопротивление пускового реостата,

приведенное к обмотке статора.

Влияние возросшего значения активного сопротивления на пусковой момент двигателя M_p . Это влияние графически показано на рисунке 71, из которого видно, что если при отсутствии ПР, т.е. при активном сопротивлении цепи ротора $R'_2 = r'_2$, пусковой момент $M_p = M_{p,0}$, то при введении в цепь ротора добавочного активного сопротивления $r'_{\text{доб}}$, когда $R'_2 = r'_2 + r'_{\text{доб}}$, пусковой момент возрастает и при

достигает наибольшего $R'_2 > x_1 + x'_2$ пусковой

$$R''_2 = r'_2 + r'_{\text{доб}} = x_1 + x'_2$$

значения $M_{p,\text{наиб.}}$. При момент уменьшается.

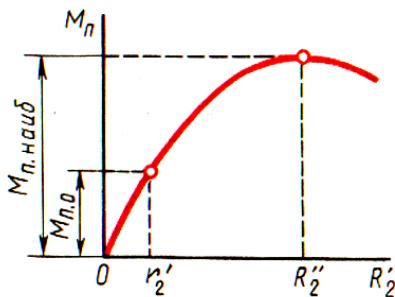


Рисунок 71 – Влияние активного сопротивления на пусковой момент тягового двигателя

При выборе сопротивления пускового реостата $r_{d,\text{max}}$ исходят из условий пуска двигателя: если двигатель включают при значительном нагрузочном моменте на валу, сопротивление пускового реостата $r_{d,\text{max}}$ выбирают таким, чтобы обеспечить наибольший пусковой момент; если же двигатель включают при небольшом нагрузочном моменте на валу, когда пусковой момент не имеет решающего значения для пуска, оказывается целесообразным сопротивление ПР $r_{d,\text{max}}$ выбирать несколько больше значения, соответствующего наибольшему пусковому моменту, т.е. чтобы $R'_2 > x_1 + x'_2$. В этом случае пусковой момент оказывается несколько меньшим наибольшего значения $M_{p,\text{наиб.}}$, но зато пусковой ток значительно уменьшается.

На рисунок 72,а показана схема включения ПР в цепь фазного ротора. В процессе пуска двигателя ступени ПР переключают таким образом, чтобы ток ротора оставался приблизительно неизменным, а среднее значение пускового момента было близко к наибольшему.

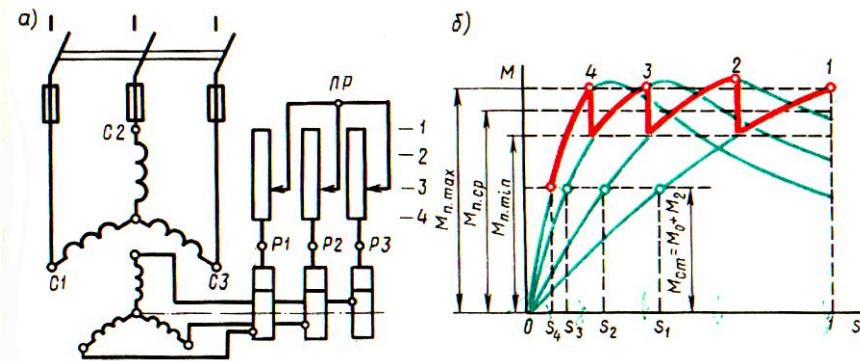


Рисунок 72 – Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором

На рисунке 72,б представлен график изменения пускового момента асинхронного двигателя при четырех ступенях пускового реостата. Так, в начальный момент пуска (первая ступень реостата) пусковой момент равен $M_{n,max}$. По мере разгона двигателя его момент уменьшается по кривой 1. Как только значение момента уменьшится до значения $M_{n,min}$, рычаг реостата переводят на вторую ступень и сопротивление реостата уменьшается. Теперь зависимость $M=f(S)$ выражается кривой 2 и пусковой момент двигателя вновь достигает $M_{n,max}$. Затем ПР переключают на третью и на четвертую ступени (кривые 3 и 4). После того как электромагнитный момент двигателя уменьшится до значения, равного значению противодействующего момента на валу двигателя, частота вращения ротора достигнет установленного значения и процесс пуска двигателя будет закончен. Таким образом, в течение всего процесса пуска значение пускового момента остается приблизительно постоянным, равным $M_{n,ср}$. Следует иметь в виду, что при слишком быстром переключении ступеней реостата пусковой ток может достигнуть недопустимо больших значений.

Пусковые реостаты состоят из кожуха, рычага с переключающим устройством и сопротивлений, выполненных из металлической проволоки или ленты, намотанной в виде спирали, или же из чугунного литья. Пусковые реостаты рассчитаны на кратковременное протекание тока, а поэтому рычаг пускового реостата нельзя долго задерживать на промежуточных ступенях, так как сопротивления реостата могут перегореть. По окончании процесса пуска, когда рычаг реостата находится на последней ступени, обмотка ротора замкнута накоротко.

В асинхронных двигателях с фазным ротором обеспечивается наиболее благоприятное соотношение между пусковым моментом и пусковым током: большой пусковой момент при небольшом пусковом токе (в 2—3 раза больше номинального). Недостатками пусковых свойств двигателей с фазным ротором являются некоторая сложность, продолжительность и неэкономичность пусковой операции. Последнее вызывается необходимостью применения в схеме двигателя пускового реостата и непроизводительным расходом электроэнергии при его нагреве.

Пуск непосредственным включением в сеть (рисунок 73). Этот способ пуска, отличаясь простотой, имеет существенный недостаток: в момент подключения двигателя к сети в обмотке статора возникает большой пусковой ток, в 5-7 раз превышающий номинальный ток двигателя. При небольшой инерционности исполнительного механизма частота вращения двигателя быстро достигает установившегося значения и пусковой ток также быстро спадает, не вызывая перегрева обмотки статора. Но такой значительный бросок тока в питающей сети может вызвать в ней заметное падение напряжения. Однако этот способ пуска благодаря своей простоте получил наибольшее применение для двигателей мощностью до 38—50 кВт и более (при достаточном сечении жил токоподводящего кабеля). При необходимости уменьшения пускового тока двигателя применяют какой-либо из способов пуска короткозамкнутых двигателей при пониженном напряжении.

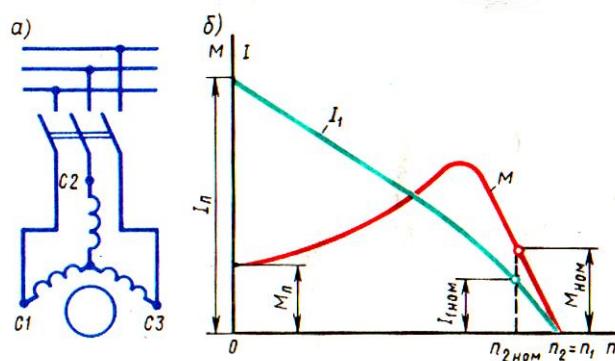


Рисунок 73 – Пуск асинхронного двигателя посредством включения в сеть

Пуск при пониженном напряжении. Пусковой ток двигателя пропорционален подведенному напряжению U_1 , уменьшение которого вызывает соответствующее уменьшение пускового тока. Существует несколько способов понижения подводимого к двигателю напряжения. Рассмотрим некоторые из них.

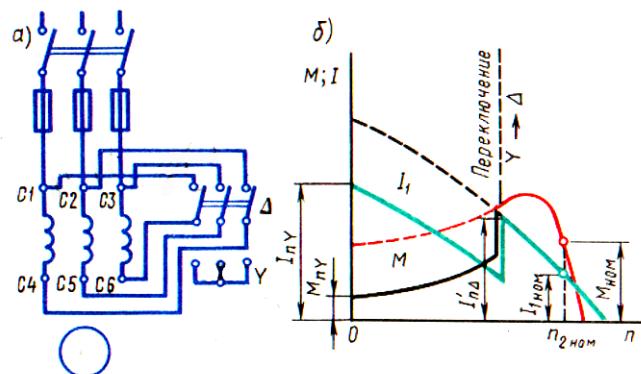


Рисунок 74 – Пуск асинхронного двигателя при пониженном напряжении

Для асинхронных двигателей, работающих при соединении обмоток статора треугольником, можно применить пуск, *переключением обмотки статора со звезды на треугольник* (рисунок 74, а). В момент подключения двигателя к сети переключатель ставят в положение «звезда», при котором обмотка статора оказывается соединенной в звезду. При этом фазное напряжение на статоре понижается в $\sqrt{3}$ раз. Во столько же раз уменьшается и ток в фазных обмотках двигателя (рисунок 74, б). Кроме того, при соединении обмоток звездой линейный ток равен фазному, в то время как при соединении этих же обмоток треугольником линейный ток больше фазного в $\sqrt{3}$ раз. Следовательно, переключив обмотки статора звездой, мы добиваемся уменьшения линейного тока в $\sqrt{3} = 3$ раза. После того, как ротор двигателя разгонится до частоты вращения, близкой к установившейся, переключатель быстро переводят в положение «треугольник» и фазные обмотки двигателя оказываются под номинальным напряжением. Возникший при этом бросок тока до значения I'_{Δ} является незначительным.

Рассмотренный способ пуска имеет существенный недостаток—уменьшение фазного напряжения в $\sqrt{3}$ раз сопровождается уменьшением пускового момента

в три раза, так как, пусковой момент асинхронного двигателя прямо пропорционален квадрату напряжения U_1 . Такое значительное уменьшение пускового момента не позволяет применять этот способ пуска для двигателей, включаемых в сеть при значительной нагрузке на валу.

Описанный способ понижения напряжения при пуске применим лишь для двигателей, работающих при соединении обмотки статора треугольником.

Более универсальным является способ пуска *понижением подводимого к двигателю напряжения посредством реакторов* (реактивных катушек—дросселей). Порядок включения двигателя в этом случае следующий (рисунок 75, а). При разомкнутом рубильнике 2 включают рубильник 1. При этом ток из сети поступает в обмотку статора через реакторы P , на которых происходит падение напряжения $jI_n x_p$ (где X_p — индуктивное сопротивление реактора, Ом). В результате на обмотку статора подается пониженное напряжение:

$$\dot{U}'_1 = \dot{U}_{1\text{ном}} - jI_n x_p. \quad (51)$$

После разгона ротора двигателя включают рубильник 2 и подводимое к обмотке статора напряжение оказывается номинальным.

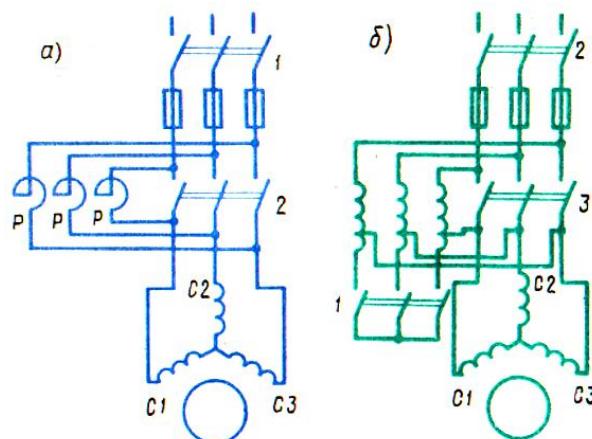


Рисунок 75 – Пуск асинхронного двигателя посредством реакторов

Недостаток этого способа пуска состоит в том, что уменьшение напряжения в $U'_1 / U_{1\text{ном}}$ раз сопровождается уменьшением пускового момента M_n , в $(U'_1 / U_{1\text{ном}})^2$ раз.

При пуске двигателя через понижающий автотрансформатор (рисунок 75,б) вначале замыкают рубильник 1, соединяющий обмотки автотрансформатора звездой, а затем включают рубильник 2 и двигатель оказывается подключенным на пониженное напряжение U'_1 . При этом пусковой ток двигателя, измеренный на выходе автотрансформатора, уменьшается в K_A раз, где K_A - коэффициент трансформации автотрансформатора. Что же касается тока в питающей двигатель сети, т. е. тока на входе автотрансформатора, то он уменьшается в K_A^2 раз по сравнению с пусковым током при непосредственном включении двигателя в сеть. Дело в том, что в понижающем автотрансформаторе первичный ток меньше вторичного в K_A раз и поэтому уменьшение пускового тока при автотрансформаторном пуске составляет $K_A K_A = K_A^2$ раз. Например, если кратность пускового тока асинхронного двигателя при непосредственном его включении в сеть составляет $I_n / I_{1\text{ном}} = 6$, а напряжение сети 380В, то при автотрансформаторном пуске с понижением напряжения до 220 В кратность пускового тока в сети $I'_n / I_{1\text{ном}} = 6 / (380 / 220) = 2$.

После первоначального разгона ротора двигателя рубильник 1 размыкают и автотрансформатор превращается в реактор. При этом напряжение на выводах обмотки статора несколько повышается, но все же остается меньше номинального. Включением рубильника 3 на двигатель подается полное напряжение сети. Таким образом, автотрансформаторный пуск проходит тремя ступенями: на первой ступени к двигателю подводится напряжение $U_1 = 0,50 \div 0,60 U_{1\text{ном}}$, на второй - $U_1 = 0,70 \div 0,80 U_{1\text{ном}}$ и, наконец, на третьей ступени к двигателю подводится номинальное напряжение $U_{1\text{ном}}$.

Как и предыдущие способы пуска при пониженном напряжении, автотрансформаторный способ пуска сопровождается уменьшением пускового момента, так как значение последнего прямо пропорционально квадрату напряжения. С точки зрения уменьшения пускового тока автотрансформаторный способ пуска лучше реакторного, так как при реакторном пуске пусковой ток в питающей сети уменьшается в $U'_1 / U_{1\text{ном}}$ раз, а при автотрансформаторном — в

$(U'_1 / U_{1\text{ном}})^2$ раз. Но некоторая сложность пусковой операции и повышенная стоимость пусковой аппаратуры (поникающий автотрансформатор и переключающая аппаратура) несколько ограничивают применение этого способа пуска асинхронных двигателей.

Рабочие характеристики асинхронного двигателя (рисунок 76) представляют собой графически выраженные зависимости частоты вращения n_2 , КПД, полезного момента (момента на валу) M_2 , коэффициента мощности $\cos\varphi_1$ и тока статора I_1 от полезной мощности P_2 при $U_1 = \text{const}$ и $f_1 = \text{const}$.

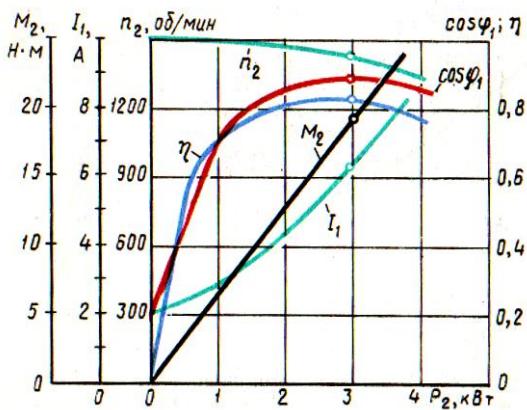


Рисунок 76 – Рабочие характеристики асинхронного двигателя

Скоростная характеристика $n_2=f(P_2)$. Частота вращения ротора асинхронного двигателя:

$$n_2 = n_1(1 - s), \quad (52)$$

скольжение

$$s = \frac{P_{\text{Э2}}}{P_{\text{ЭМ}}}, \quad (53)$$

т. е. скольжение двигателя, а следовательно, и его частота вращения определяются отношением электрических потерь в роторе к электромагнитной мощности $P_{\text{ЭМ}}$. Пренебрегая электрическими потерями в роторе в режиме холостого хода, можно принять $P_{\text{Э2}}=0$, а поэтому $s_0 \approx 0$ и $n_{20} \approx n_1$. По мере увеличения нагрузки на валу двигателя отношение растет, достигая значений

0,01-0,08 при номинальной нагрузке. В соответствии с этим зависимость $n_2=f(P_2)$ представляет собой кривую, слабо наклоненную к оси абсцисс. Однако при увеличении активного сопротивления ротора r_2 угол наклона этой кривой увеличивается. В этом случае изменения частоты вращения n_2 при колебаниях нагрузки P_2 возрастают. Объясняется это тем, что с увеличением r_2 возрастают электрические потери в роторе.

Зависимость $M_2=f(P_2)$. Зависимость полезного момента на валу двигателя M_2 от полезной мощности P_2 определяется выражением

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{60 \cdot P_2}{2 \cdot \pi \cdot n_2} = 9,55 \frac{P_2}{n_2}, \quad (54)$$

Из этого выражения следует, что если $n_2=\text{const}$, то график $M_2=f_2(P_2)$ представляет собой прямую линию. Но в асинхронном двигателе с увеличением нагрузки P_2 частота вращения ротора уменьшается, а поэтому полезный момент на валу M_2 с увеличением нагрузки возрастает несколько быстрее нагрузки, а следовательно, график $M_2=f(P_2)$ имеет криволинейный вид.

Зависимость $\cos\phi_1=f(P_2)$. В связи с тем, что ток статора I_1 имеет реактивную (индуктивную) составляющую, необходимую для создания магнитного поля в статоре, коэффициент мощности асинхронных двигателей меньше единицы. Наибольшее значение коэффициента мощности соответствует режиму х. х. Объясняется это тем, что ток х. х. I_0 при любой нагрузке остается практически неизменным. Поэтому при малых нагрузках двигателя ток статора невелик и в значительной части является реактивным ($I_1 \approx I_0$). В результате сдвиг по фазе тока статора I_1 относительно напряжения U_1 получается значительным ($\phi_1 \approx \phi_2$), лишь немногим меньше 90° (рисунок 77). Коэффициент мощности асинхронных двигателей в режиме х. х. обычно не превышает 0,2. При увеличении нагрузки на валу двигателя растет активная составляющая тока I_1 и коэффициент мощности возрастает, достигая наибольшего значения (0,80- 0,90) при нагрузке, близкой к номинальной. Дальнейшее увеличение нагрузки сопровождается уменьшением $\cos\phi_1$, что объясняется возрастанием индуктивного сопротивления ротора за счет увеличения скольжения, а следовательно, и частоты тока в роторе. В целях повышения коэффициента мощности асинхронных двигателей чрезвычайно важно, чтобы двигатель работал всегда

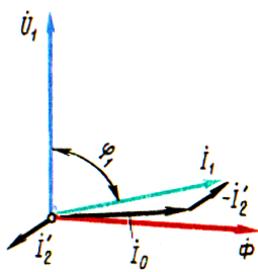


Рисунок 77 – Сдвиг по фазе тока статора относительно напряжения асинхронного двигателя

или по крайней мере значительную часть времени с нагрузкой, близкой к номинальной. Это можно обеспечить лишь при правильном выборе мощности двигателя. Если же двигатель работает значительную часть времени недогруженным, то для повышения $\cos \phi_1$ целесообразно подводимое к двигателю напряжение U_1 уменьшить. Например, в двигателях, работающих при соединении обмотки статора треугольником, это можно сделать пересоединив обмотки статора в звезду, что вызовет уменьшение фазного напряжения в $\sqrt{3}$ раз. При этом магнитный поток статора, а следовательно, и намагничивающий ток уменьшаются примерно в $\sqrt{3}$ раз. Кроме того, активная составляющая тока статора несколько увеличивается. Все это способствует повышению коэффициента мощности двигателя. На рисунке 78 представлены графики зависимости $\cos \phi_1$ асинхронного двигателя от нагрузки при соединении обмоток статора звездой (кривая 1) и треугольником (кривая 2).

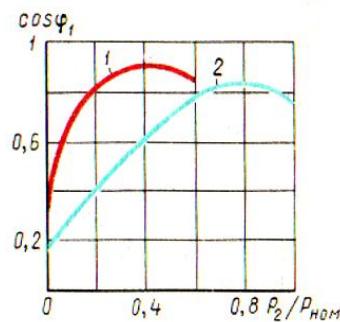


Рисунок 78 – Графики $\cos \Phi$

5. Электрические машины электровоза ЭП2К

5.1. Двигатель тяговый ДТК-800КЕ

Тяговый двигатель постоянного тока ДТК-800К предназначен для приведения во вращение колесных пар электровоза в режиме тяги и создания тормозного момента в режиме электрического торможения. Тяговый двигатель используется в составе механического привода третьего класса с односторонней передачей момента на тяговый редуктор шестерней, установленной на его валу, и имеет опорно-рамное подвешивание.

Техническая характеристика

Таблица 2

Наименование показателя	Значение	
Режим работы	часовой	продолжительный
Мощность, кВт	800	720
Напряжение на коллекторе, В	3000/2	
Ток якоря, А	565	510
Частота вращения якоря, об/мин	945	980
Частота вращения якоря наибольшая, об/мин	1720	
Расход вентилирующего воздуха не менее, м ³ /мин	80	
КПД, %	94,2	94,5

Продолжение таблицы 2

Наименование показателя	Значение	
Степень возбуждения, %	100	100
Класс нагревостойкости:		
- обмоток главного полюса	H	
- обмоток добавочного полюса	H	
- обмотки якоря	H	
- компенсационной обмотки	H	
Сопротивление обмоток постоянному току при температуре 20°C, Ом:		
-якоря	0,03145	
-главных полюсов (без шунта)	0,01709	
- компенсационной и добавочных полюсов	0,02758	
Напряжение изоляции относительно корпуса, В	3000	
Масса, кг	3850	

Устройство тягового двигателя и его составных частей

Тяговый двигатель представляет собой шестиполюсную компенсированную электрическую машину постоянного тока с последовательным возбуждением и независимой системой вентиляции. Охлаждающий воздух поступает в тяговый двигатель со стороны коллектора и выходит из тягового двигателя со стороны, противоположной коллектору, через щелевые отверстия подшипникового щита.

Тяговый двигатель (рисунок 79) состоит из подшипниковых щитов 1 и 11, траверсы 2, остова 3, якоря 4.

Станина остова – сварная конструкция сложной формы является одновременно магнитопроводом и корпусом. К остову крепятся шесть главных, шесть добавочных полюсов и подшипниковые щиты с роликовыми подшипниками, в которых вращается якорь. Со стороны коллекторной камеры в остове имеется вентиляционный люк, через который входит охлаждающий воздух, и два коллекторных люка для осмотра и обслуживания коллектора и щеточного аппарата. Коллекторные люки закрываются крышками. Для лучшего уплотнения на крышках люков предусмотрены резиновые прокладки. С торцев остов имеет горловины с приваленными поверхностями для установки подшипниковых щитов. На торцевой стенке остова со стороны коллектора в соответствии с рисунком 79 расположены устройства стопорения 4, фиксации 2 и проворота 3 траверсы.

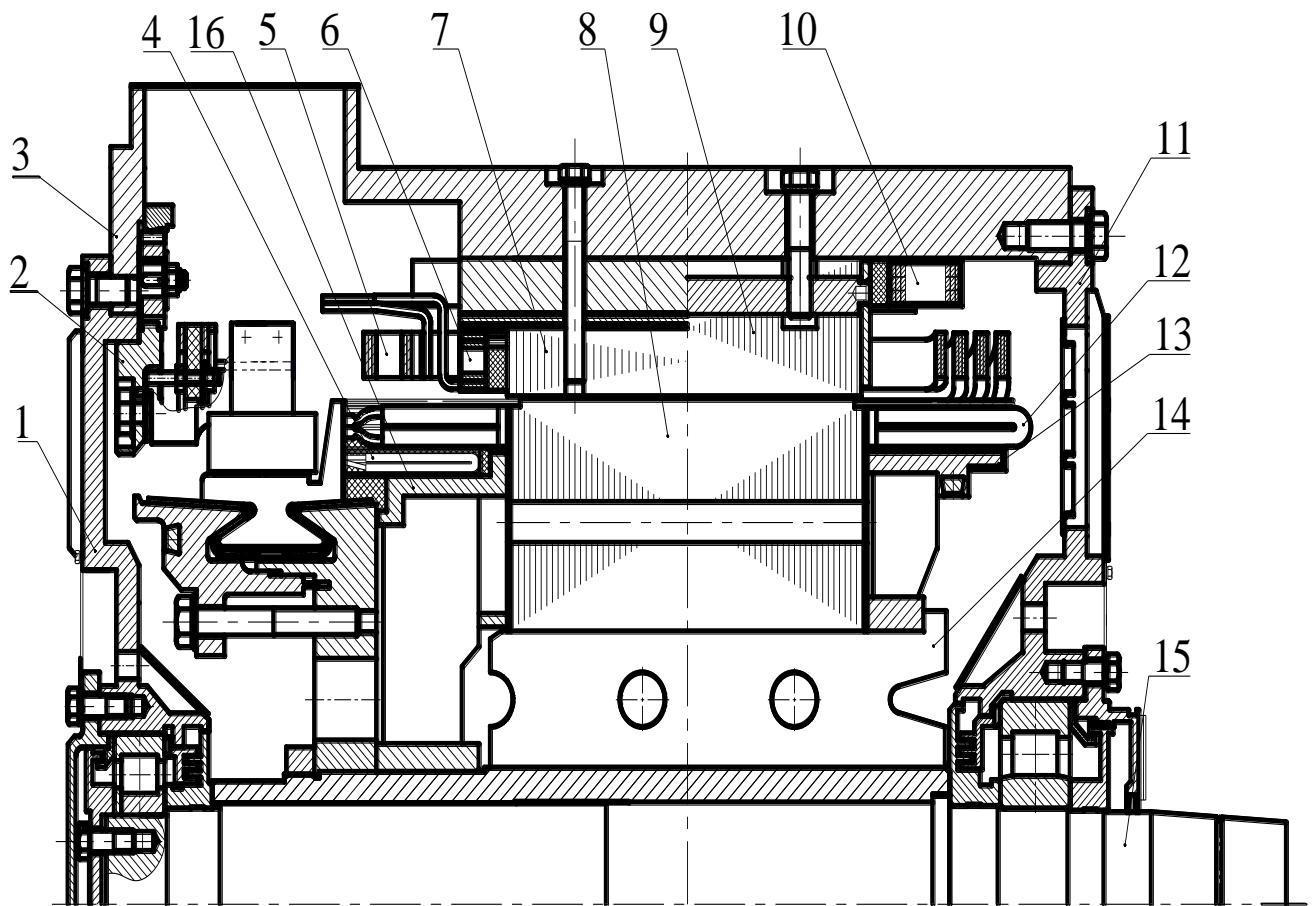


Рисунок 79 – Продольный разрез тягового двигателя ДТ-800КЕ

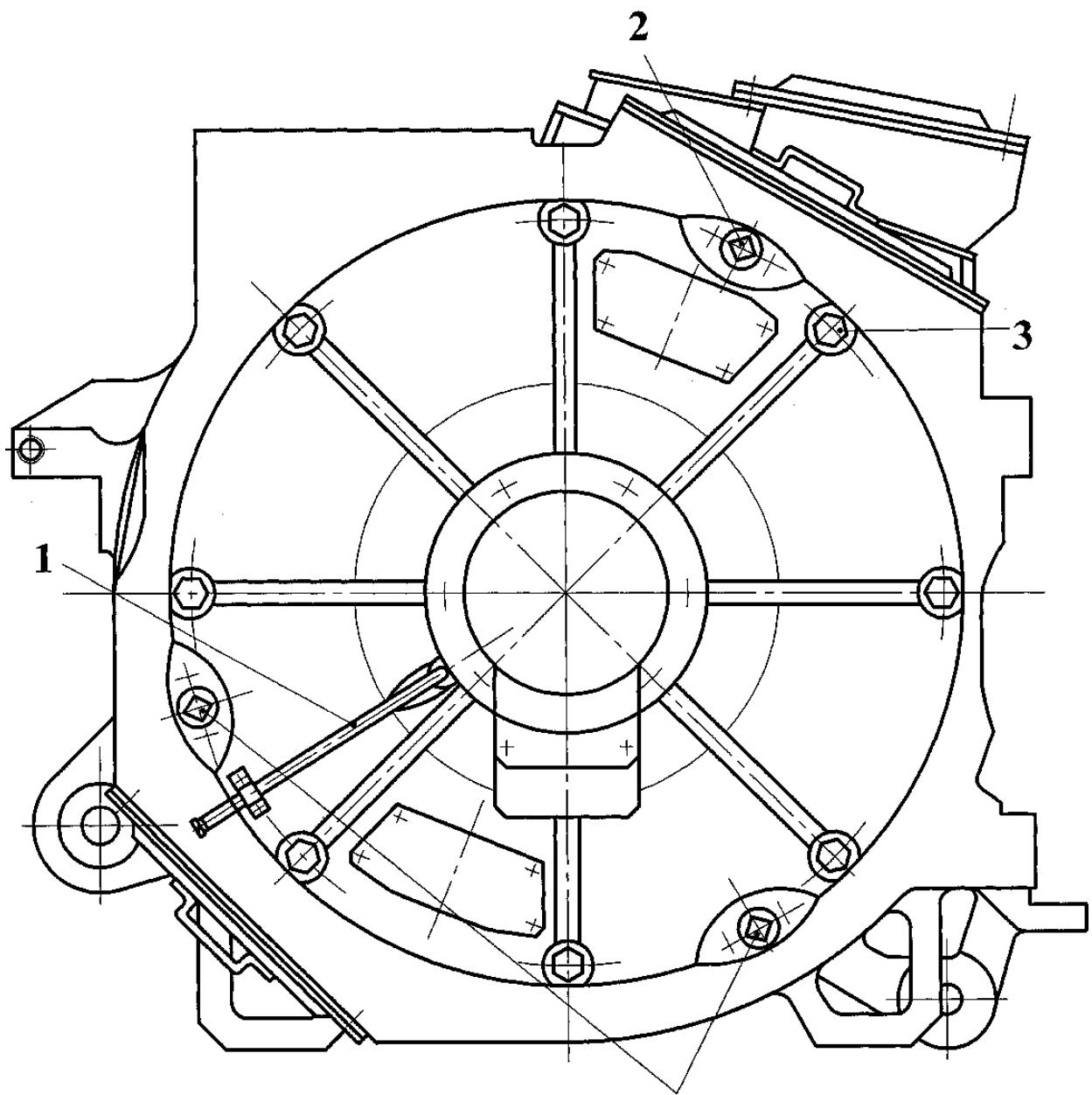


Рисунок 80 – Вид на тяговый двигатель со стороны коллектора

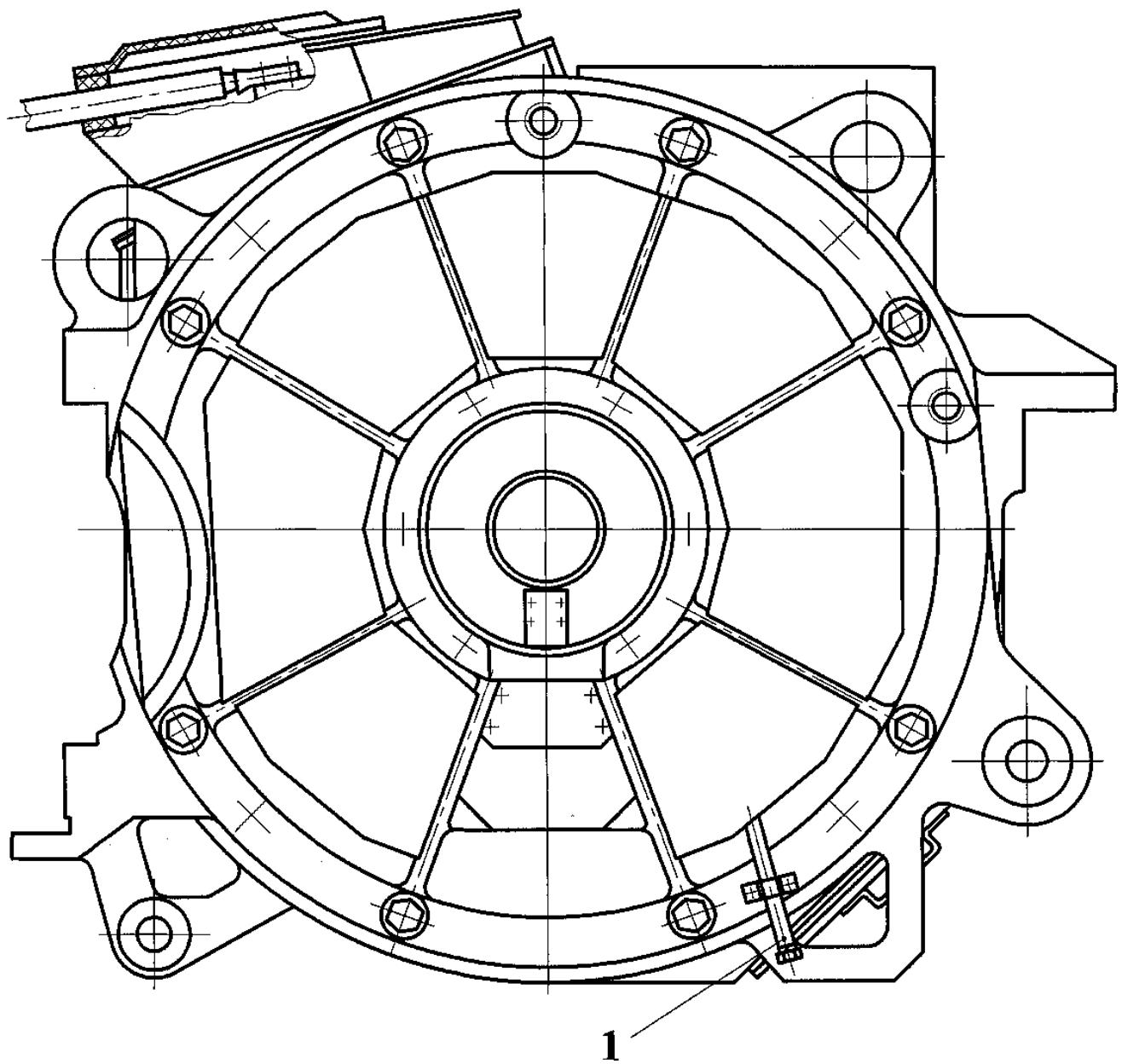


Рисунок 81 – Вид на тяговый двигатель с противоколлекторной стороны

С наружной стороны остав имеет приливы для крепления цапфы привода и двигателя к раме тележки, прилив для коробки выводов, рымы для транспортировки и кантования остава и двигателя. В нижней части остава имеет отверстия $\varnothing 20$ мм для слива конденсата.

Главные полюсы крепятся к оставу четырьмя болтами М20, добавочные –

двумя болтами M16. Болты добавочных полюсов изготовлены из немагнитной стали. Для предохранения от самоотвинчивания под головки установлены пружинные шайбы.

Схемы электрические соединений приведены на рисунке 72. Соединение катушек между собой выполнено пайкой твердым припоем. К остову межкатушечные соединения закреплены скобами.

Концы обмоток через резиновые втулки выведены в коробку выводов. Подсоединительные зажимы закреплены на опорных изоляторах. Для предохранения от самоотвинчивания под изоляторы установлены пружинные шайбы. Коробка выводов закрывается стеклопластовой крышкой и уплотняющими стеклотекстолитовыми клицами. Для исключения проникновения пыли и влаги коробка выводов уплотнена прокладками из губчатой резины.

Главный полюс в соответствии с рисунком 79 состоит из катушки 10 и сердечника 9. Сердечник главного полюса выполнен шихтованным из штампованных стальных листов и стянут заклепками. Для крепления полюса к остову в сердечник запрессованы два стальных стержня с резьбовыми отверстиями под болты крепления. В каждом сердечнике имеется восемь пазов открытой формы, расположенных параллельно продольной оси добавочных полюсов. В эти пазы укладываются катушки компенсационной обмотки.

Катушка главного полюса имеет 14 витков, намотанных из 3-х параллельно соединенных изолированных проводов марки ПСДКТ-Л. Для лучшего прилегания катушки к внутренней поверхности остова и поверхности полюса её в процессе изготовления спрессовывают в специальном приспособлении для придания соответствующей формы. К крайним виткам катушки припаяны выводы из медной шины.

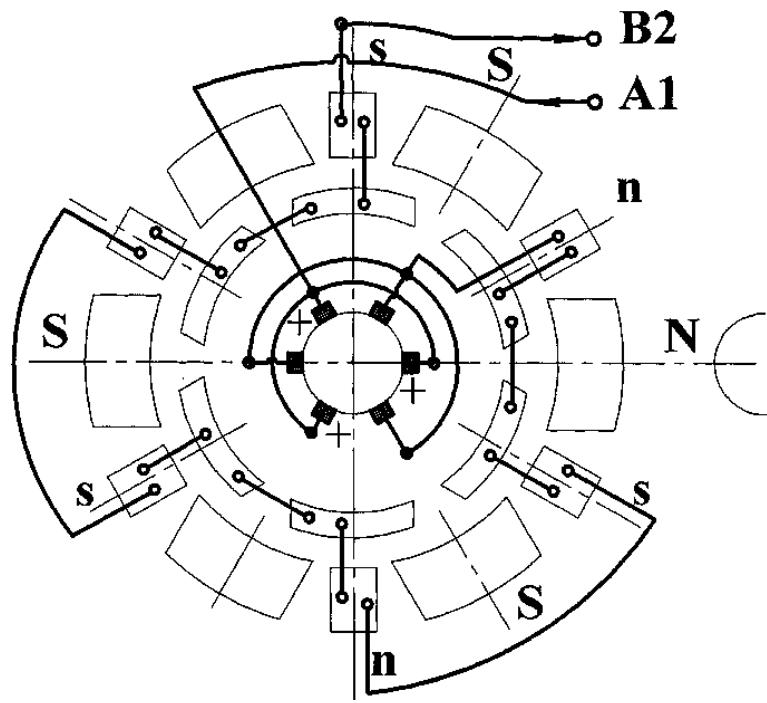


Рисунок 82 – Соединение обмоток двигателя со стороны коллектора

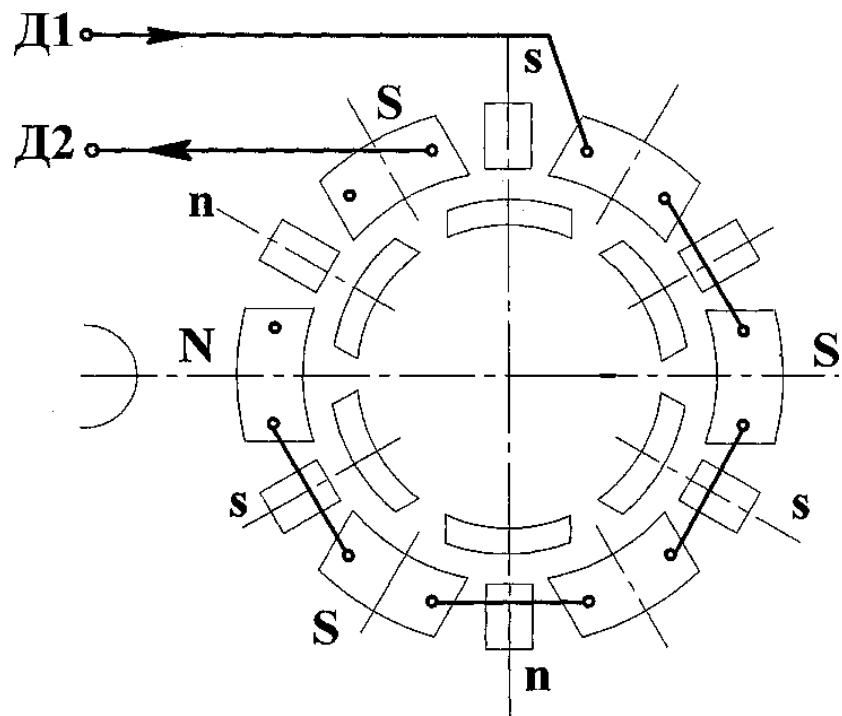


Рисунок 83 – Соединение обмоток двигателя со стороны противоположенной коллектору

Корпусная изоляция катушки состоит из ленты обмоточной «POROBANT» SI 0790, покровная – ленты стеклянной. Между катушкой полюса и остовом проложена шайба из материала «POROMAT» 2248, что обеспечивает предохранение изоляции катушки от повреждений и плотное зажатие катушки между наконечником полюса и остовом.

Добавочный полюс в соответствии с рисунком 79 состоит из сердечника 7 и катушки 6. Сердечник полюса выполнен массивным, изготовленным из стального листа. К сердечнику со стороны якоря крепятся стальные планки изготовленные из немагнитной стали, на сердечник устанавливается катушка.

Катушка добавочного полюса имеет семь витков, намотанных из мягкой медной проволоки. Выводы катушек – из медной проволоки. Корпусная изоляция катушки аналогична изоляции катушки главного полюса. В два добавочных полюса установлены датчики для возможности контроля температуры обмоток тягового двигателя (один из которых резервный). Датчик температуры представляет собой терморезистор, установленный в специальное гнездо, образованное пазом на сердечнике полюса и катушкой. Провода от терморезисторов выведены на вилку, расположенную в коробке выводов тягового двигателя.

Компенсационная обмотка в соответствии с рисунком 79 состоит из шести отдельных катушек 5 по 11 витков каждая. В шести пазах полюса расположено по три полувитка, в двух пазах – по два полувитка. Намотана компенсационная катушка из мягкой медной ленты. Выводы катушки выполнены из медной проволоки прямоугольного сечения. Междувитковая и основная корпусная изоляция катушки выполнена полиимидной лентой; короностойкий слой корпусной изоляции – лентой «Porofol» CR/2578, покровная – лентой стеклянной. От механических повреждений изоляция защищена изоляционными пазовыми гильзами. Крепление компенсационной обмотки в пазах полюса выполняется

клиньями из профильного стеклопластика.

Остов с установленными главными полюсами, добавочными полюсами и компенсационной обмоткой пропитывается в кремнеорганическом компаунде с последующей выпечкой.

Траверса 1 в соответствии с рисунком 84 разрезная, по наружному ободу имеет зубчатый венец, входящий в зацепление с зубьями шестерни поворотного механизма. На траверсе закреплены шесть кронштейнов 2 с изоляционными пальцами 3, шесть щеткодержателей 4 и соединяющие их между собой шины 5. В двигателе траверса крепится фиксирующим и двумя стопорными устройствами, а также специальным разжимным устройством 6.

Поворотный механизм траверсы в соответствии с рисунком 85 состоит из шестерни 1 и валика 4, установленного в отверстии остова 3. Шестерня 1 входит в зацепление с зубьями траверсы 2. Валик имеет квадратную головку. При вращении валика шестерня проворачивает траверсу.

Устройство фиксации траверсы в соответствии с рисунком 85 состоит из подкладки 1, накладки 2 с пазом для входа фиксатора и фиксатора 3. Накладка прикреплена к траверсе двумя болтами через продольные пазы, что позволяет при установке нейтрали накладку перемещать. Контроль установки траверсы на геометрическую нейтраль в эксплуатации производят по совпадению рисок Б, нанесенных на остове и траверсе в районе разжимного устройства.

Стопорное устройство траверсы в соответствии с рисунком 87 состоит из болта 1, установленного в отверстии остова, накладки 2 и обоймы 3. Накладка 2 при вращении болта 1 входит в обойму 3 и прижимает траверсу 4 к подшипниковому щиту 5.

Разжимное устройство в соответствии с рисунком 88 состоит из двух шарниров, закрепленных гайками 2 и шайбами 3 на траверсе, шпильки 4 и пружин-

ного стопора 5. Один шарнир имеет отверстие с правой резьбой, другой – с левой. В шарниры вкручена шпилька, имеющая шестигранник для вращения её ключом, и зубчатое колесо для её стопорения пружинным стопором 5. При вращении шпильки 4 в ту или другую сторону происходит разжатие или сжатие траверсы по диаметру. В рабочем положении траверса должна быть разжата.

Кронштейн щеткодержателя разъемный, состоит из корпуса и накладки, которые с помощью болта закреплены на двух изоляционных пальцах, установленных на траверсе

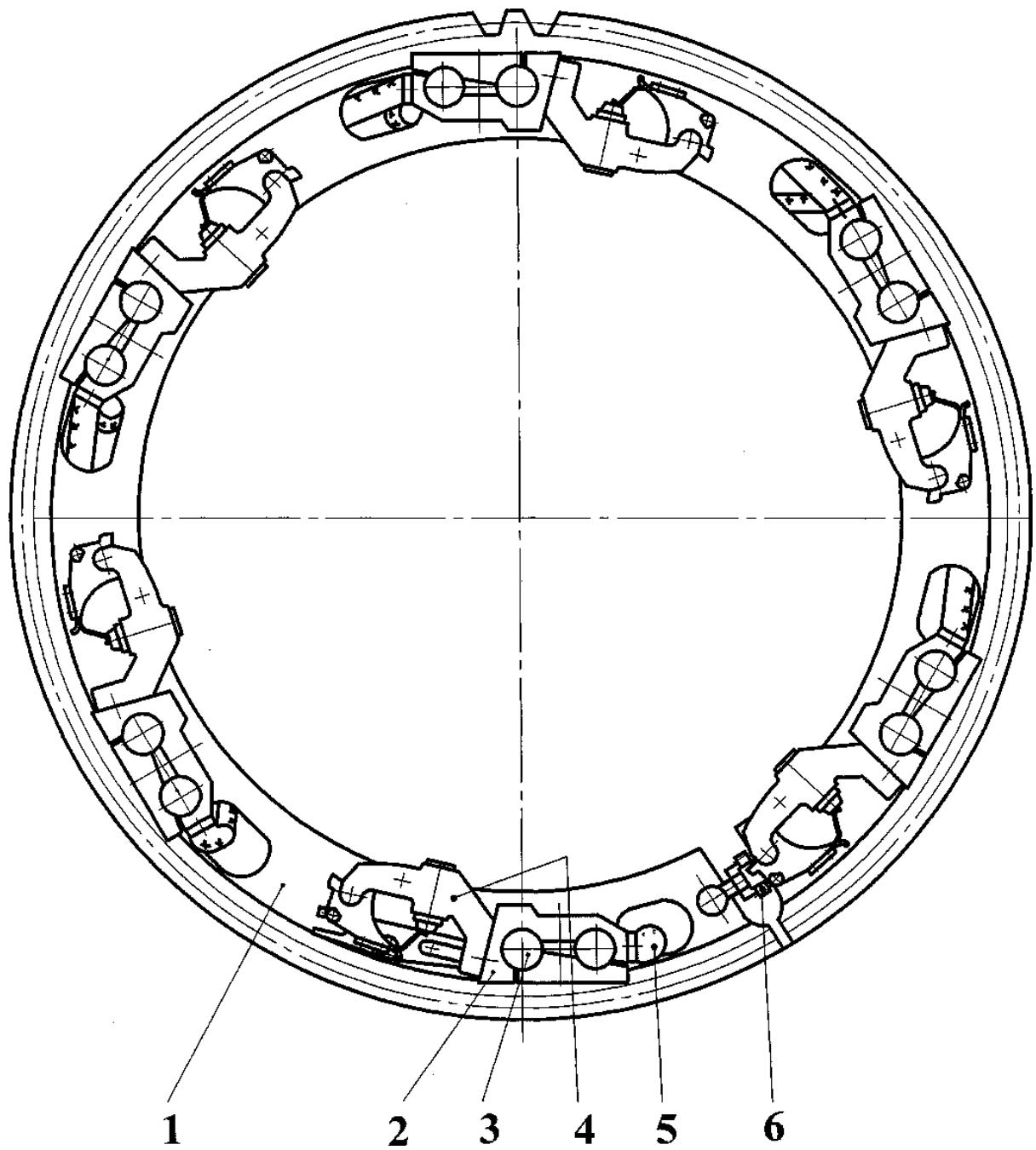


Рисунок 84 – Траверса

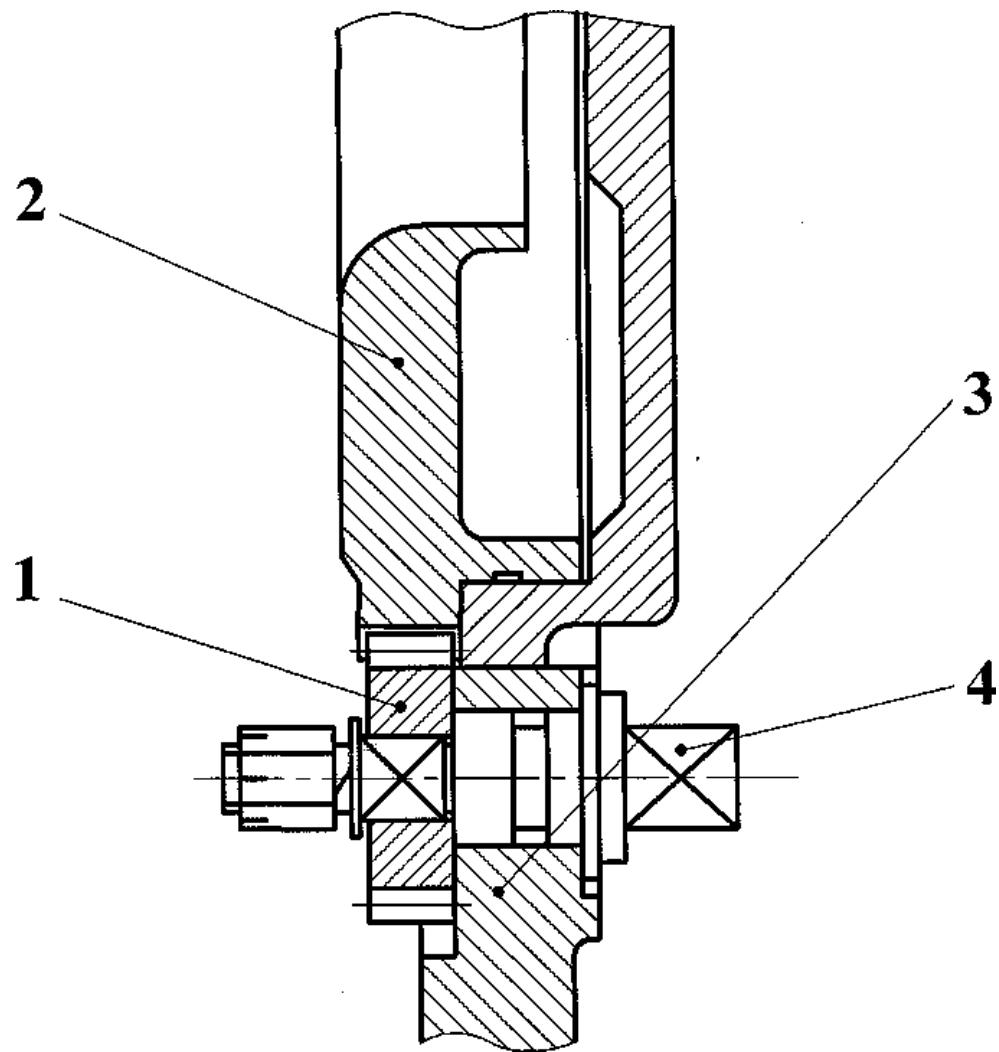
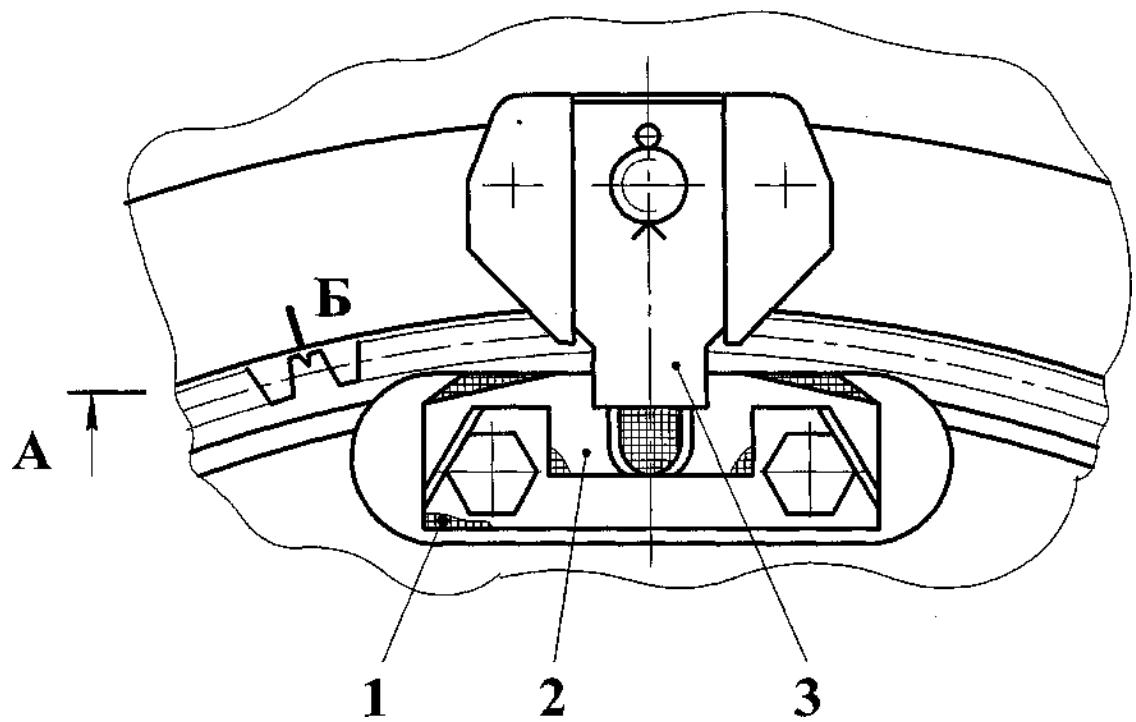


Рисунок 85 – Поворотный механизм траперсы



A-A

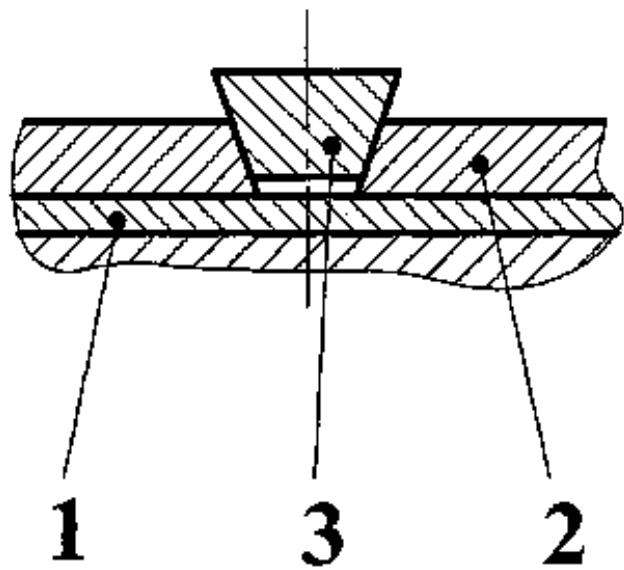


Рисунок 86 – Устройство фиксации траперсы

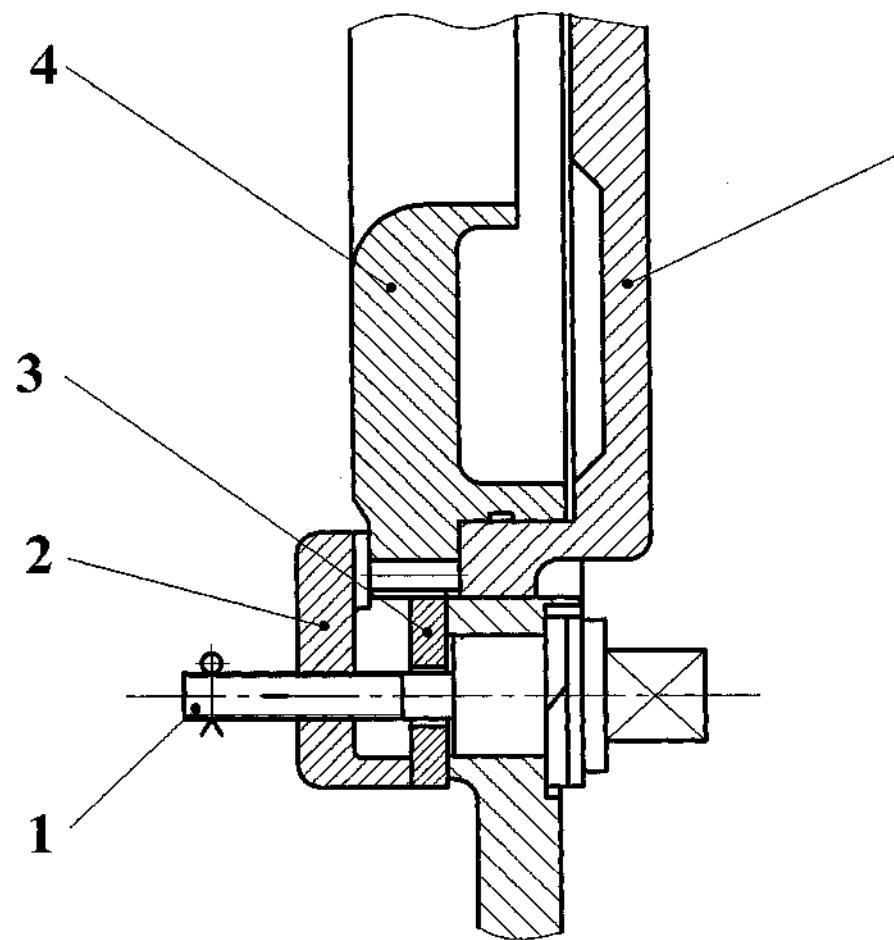


Рисунок 87 – Стопорное устройство траверсы

1 2 3 4

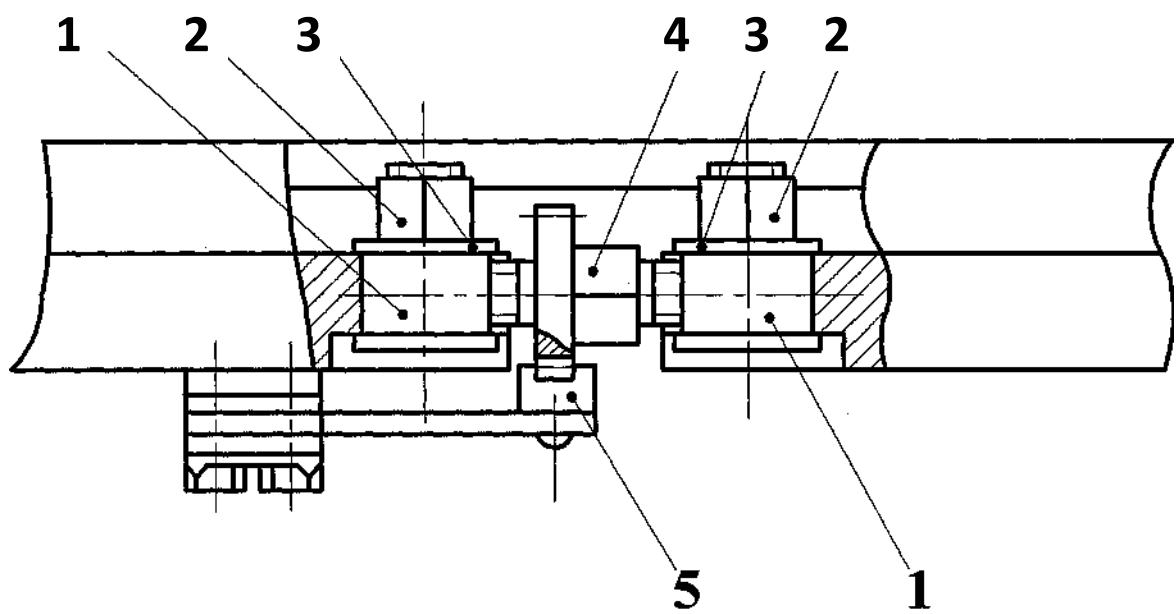
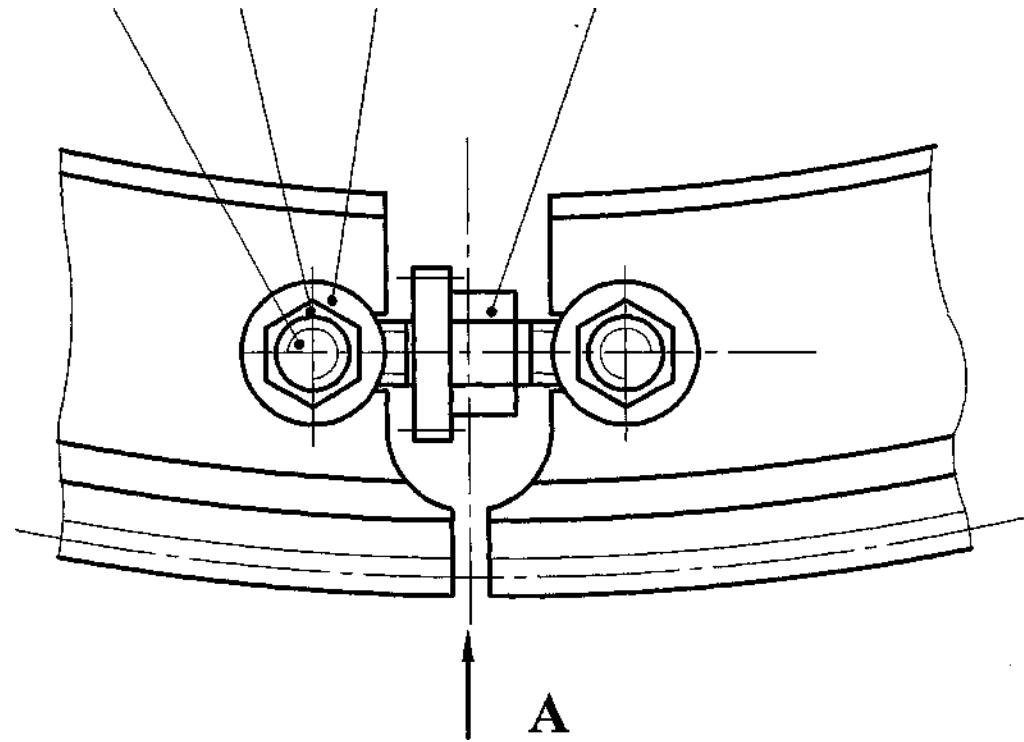


Рисунок 88 – Разжимное устройство

Изоляционные пальцы представляют собой стальные шпильки, спрессованные прессмассой с последующей установкой фарфоровых изоляторов. Щеткодержатель крепят к кронштейну шпилькой и гайкой с пружинной шайбой. Положение щеткодержателя в осевом направлении относительно петушков коллектора регулируется специальной шайбой, размещенной на шпильке крепления щеткодержателя. На сопрягаемых поверхностях кронштейна и щеткодержателя для более надежного их крепления выполнена гребенка, которая позволяет выбрать и зафиксировать определенное положение щеткодержателя по высоте относительно рабочей поверхности коллектора.

Щеткодержатель в соответствии с рисунком 89 состоит из корпуса 1, имеющего окно для щеток 2, и двух нажимных пальцев 3. Корпус и пальцы отлиты из латуни. Нажатие пальцев 3 на щетки 2 создают две пружины 4. Винты 5 служат для регулирования усилия нажатия пружин. В окно щеткодержателя устанавливаются две разрезные щетки марки ЭГ-61А размером (2x10)x40x52мм.

Якорь 8 в соответствии с рисунком 79 состоит из коллектора, сердечника, втулки якоря 14, вала, задней нажимной шайбы 13, передней нажимной шайбы 16 и обмотки якоря.

Коллектор по способу крепления коллекторных пластин – арочного типа, в соответствии с рисунком 11, состоит из нажимного конуса 1, комплекта крепящих болтов, изоляционных манжет 3 и 7, комплекта медных и изоляционных пластин 4, изоляционных цилиндров 5 и 6 и втулки коллектора 8. Для обеспечения герметичности коллекторной камеры А в коллекторе имеются два уплотнительных замка Б и В, которые заполняются уплотнительной замазкой. На втулку якоря коллектор посажен с натягом и дополнительно закреплен гайкой.

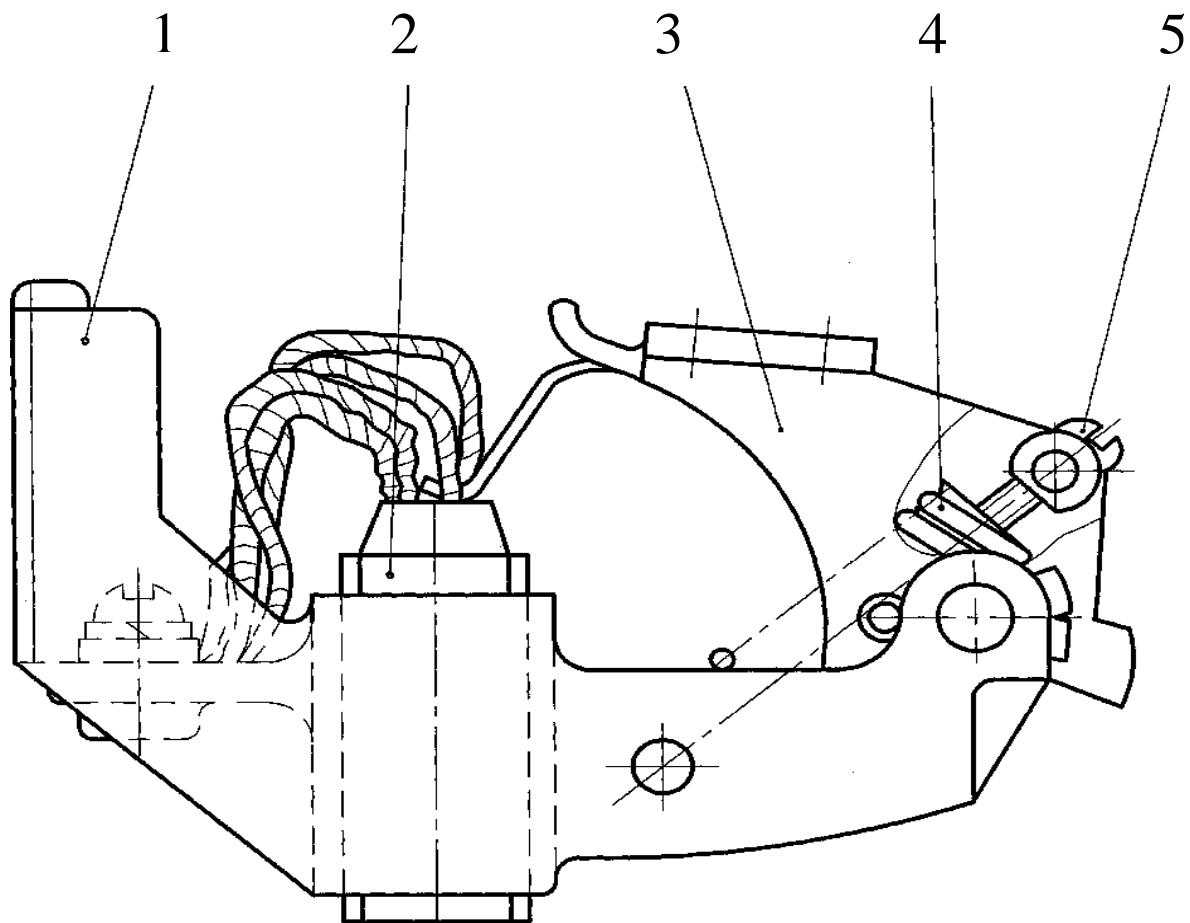


Рисунок 89 – Щеткодержатель

5.2 Электродвигатель типа 4ПНЖ-200МА УХЛ2

Электродвигатель предназначен для привода вентилятора обдува тормозных резисторов на тепловозе. Двигатель состоит из следующих основных частей:

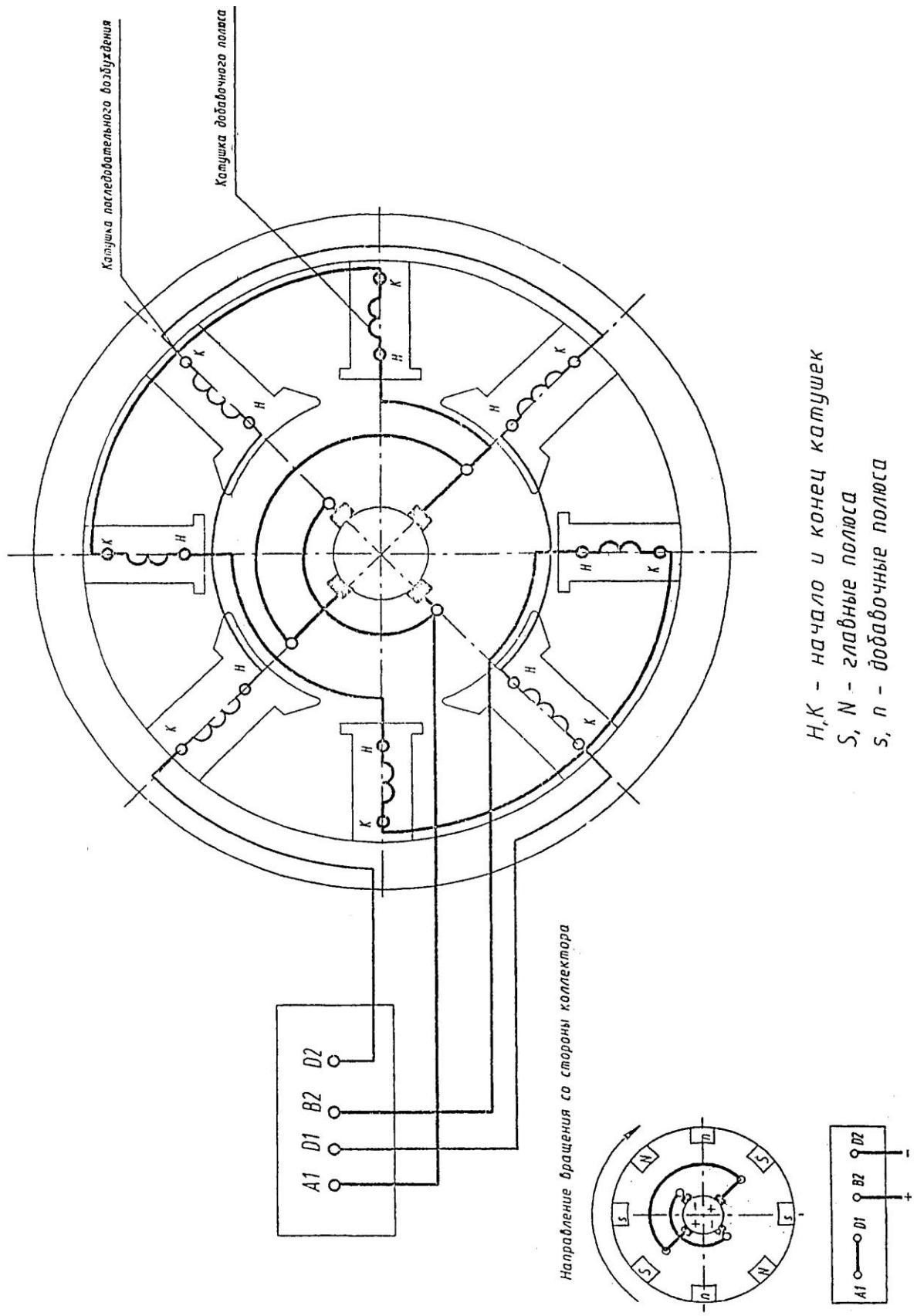
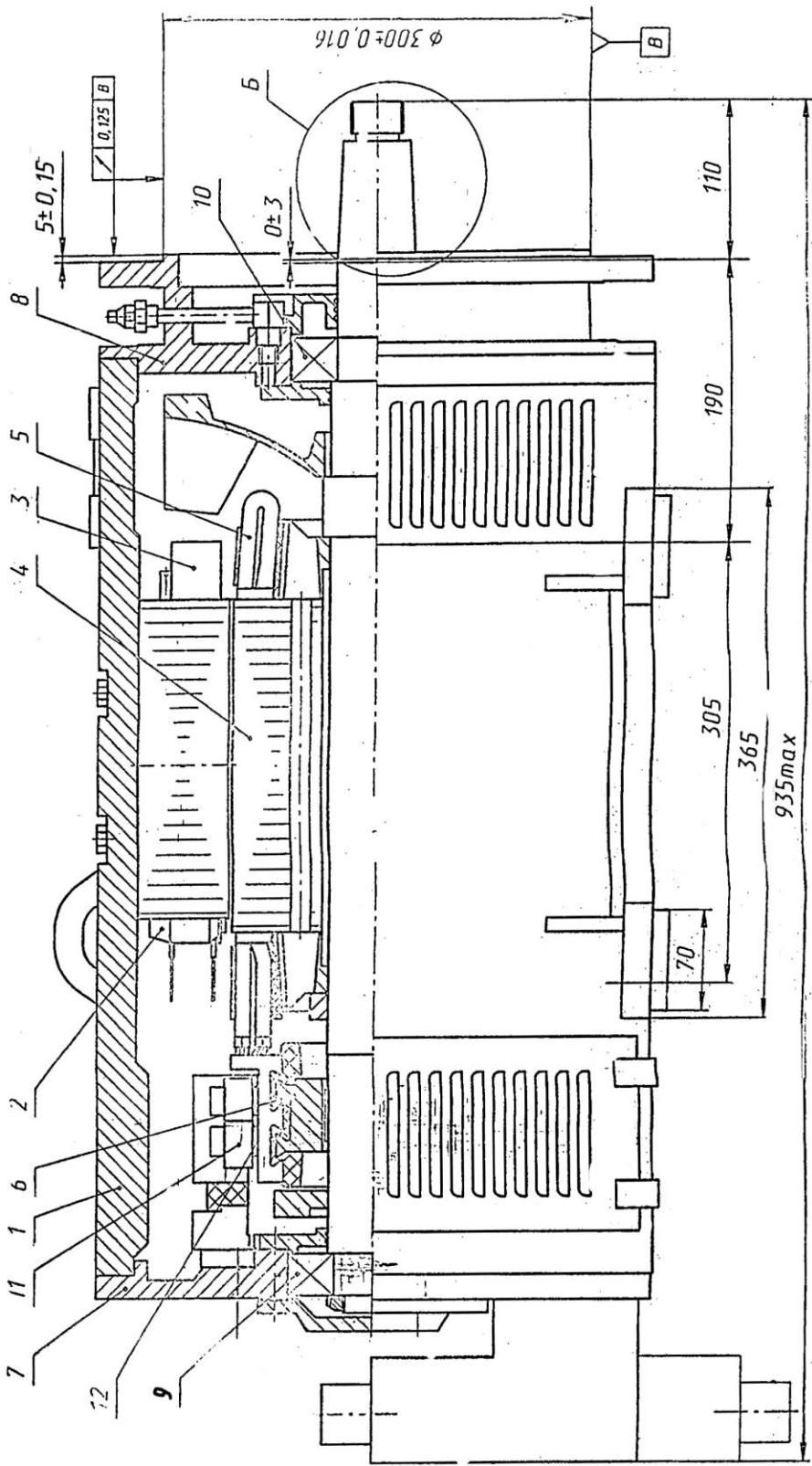


Рисунок 90 - Схема электрическая соединений обмоток последовательного возбуждения двигателя ДПТ 25
 УХЛ2



1 - Станина; 2 - полюс главный; 3 - полюс добавочный; 4 - сердечник якоря; 5 - обмотка якоря;
 6 - коллектор; 7, 8 - щиты подшипниковые; 9, 10 - подшипники качения; 11 - трапеция;
 12 - щеткодержатель

Рисунок 91 Электродвигатель типа 4ПНЖ-200МА УХЛ2

- магнитной системы, состоящей из станины 1, главных 2 и добавочных 3 полюсов;
- якоря, состоящего из сердечника якоря 4, обмотки якоря 5, коллектора 6;
- подшипниковых щитов 7, 8 с подшипниками качения 9, 10;
- траверсы 11 с щеткодержателями 12.

Исполнение двигателя горизонтальное защищенное самовентиляцией.

Магнитная система.

Магнитная система состоит из станины и расположенных на ней главных и добавочных полюсов. Главные полюса предназначены для создания основного магнитного потока в машине, который поступает через зазор в якорь, разветвляется в сердечнике якоря, подходит к соседним полюсам и замыкается через корпус.

Корпус двигателя, являющийся одновременно магнитопроводом, выполнен сварным из стали.

Полюс состоит из сердечника и катушек последовательного возбуждения. Полюса крепятся к станине болтами. Сердечник полюса наихтован из штампованных листов, стянутых заклепками.

Катушка последовательного возбуждения намотана из медной ленты сечением (1,56 x 25) мм^2 плашмя.

Добавочные полюса предназначены для устранения искрения при коммутации. Устанавливают их между главными полюсами и крепят к станине болтами. Полюс добавочный состоит из сердечника и катушки. Катушка добавочного полюса намотана из провода ПСДКТ Л сечением (4,5 x 7,1) мм^2 плашмя. Катушки добавочных полюсов соединяются последовательно между собой и с обмоткой якоря и питаются током якоря.

В корпус двигателя установлены два подшипниковых щита с подшипниками качения в которых вращается якорь. Подшипниковые щиты

выполняют функцию звена, связывающего якорь с магнитной системой определяют положение оси двигателя.

Якорь состоит из вала, сердечника, обмотки, коллектора и вентилятора. Вал якоря стальной. Свободный конец вала имеет конусность 1:10. Сердечник якоря шихтованный из электротехнической стали, спрессован на валу кольцом из стального проката. Обмотка якоря волновая, уложена в прямоугольные пазы сердечника и закреплена в них изоляционными клиньями, лобовые части обмотки закреплены бандажами из стеклобандажной ленты класса "F".

Коллектор предназначен для преобразования тока. Коллектор двигателя изготовлен из профилей из бронзы. Изоляционные прокладки из слюдопласта. Со стороны, противоположной коллектору, установлен центробежный вентилятор, служащий для обеспечения самовентиляции двигателя. Вентилятор выполнен литым из алюминиевого сплава.

Вход и выход воздуха осуществляется через окна в корпусе, на которых установлены защитные крышки.

Траверса состоит из остова траверсы с бракетами с установленными на них щеткодержателями.

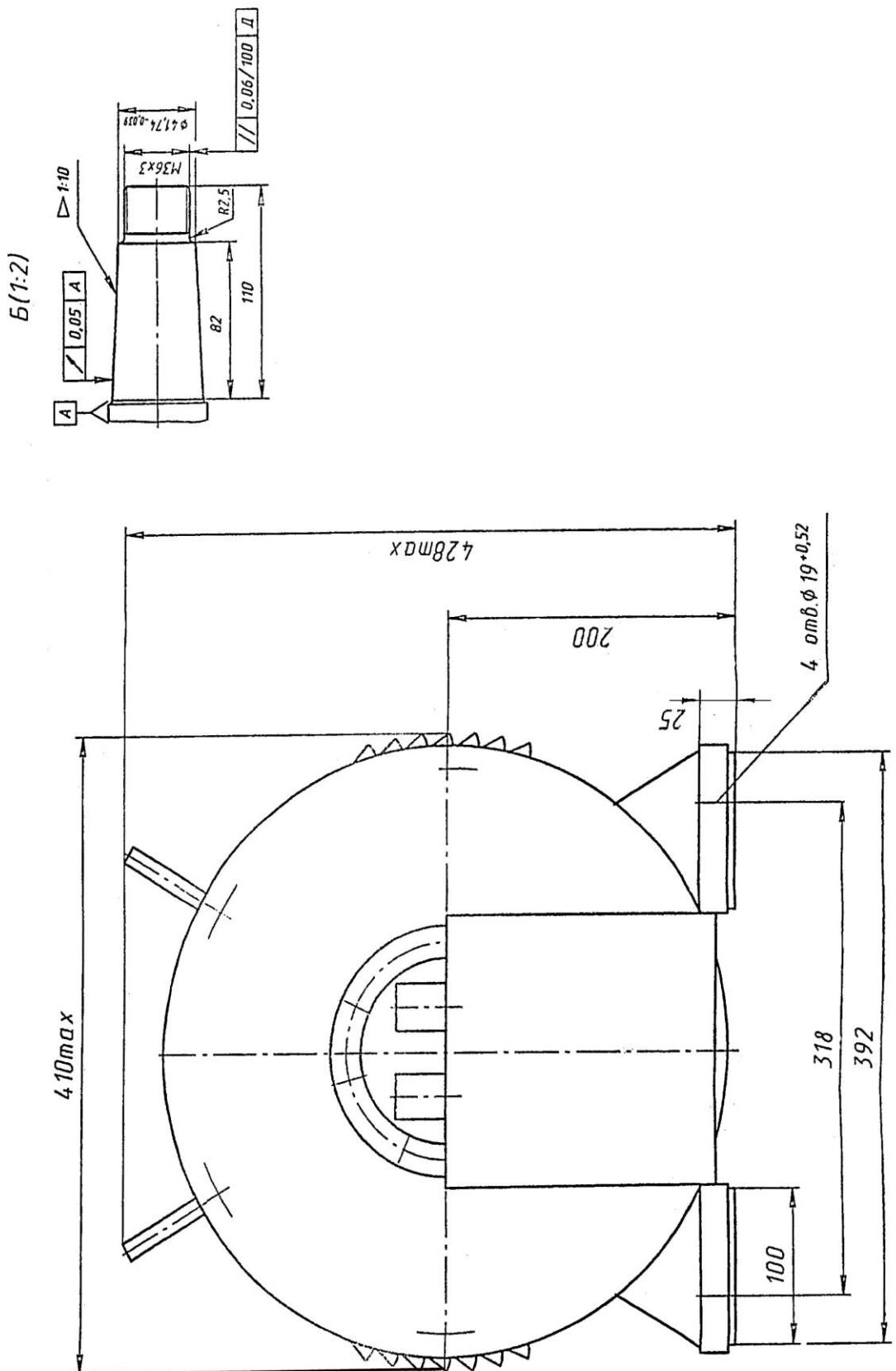


Рисунок 92. Двигатель 4 ПНЖ 200 МА УХЛ2. Габаритные, установочные и присоединительные размеры

Техническая характеристика двигателя 4 ПНЖ 200 МА УХЛ2

Таблица 3

Наименование	Значение
Номинальная мощность, кВт	60
Номинальное напряжение, В	340
Номинальный ток, А	197
Номинальная частота вращения, об/мин.	3000
Максимальная рабочая частота вращения, об/мин	3500
кпд (в номинальном режиме)	0,894

Схема электрическая соединений двигателя приведена на рисунке 93.

Сторона коллектора

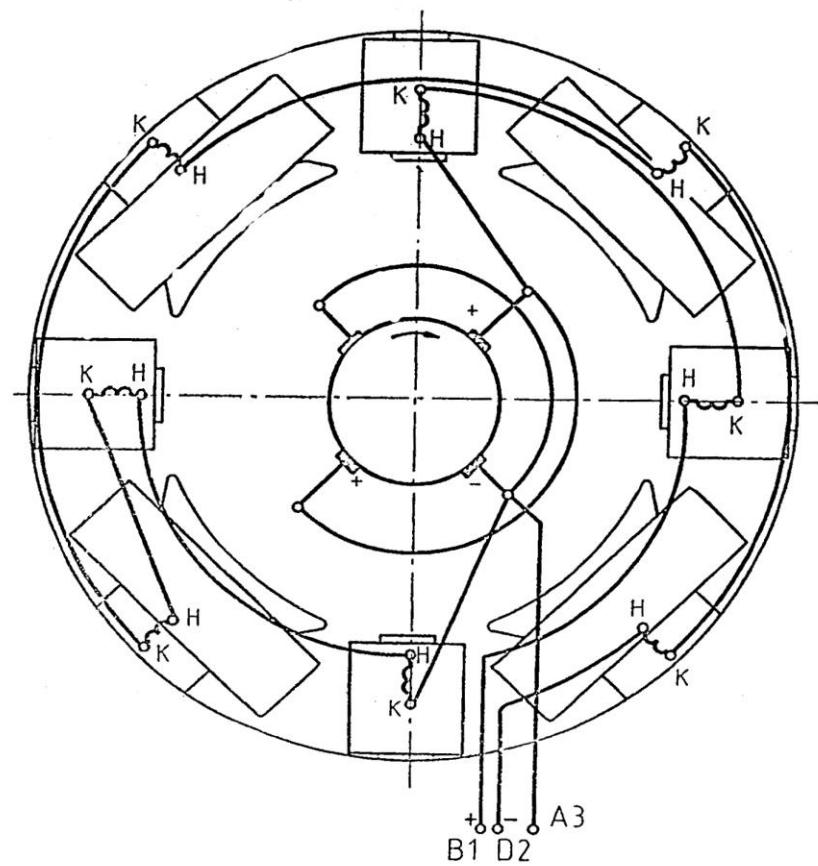


Рисунок 93 – Схема электрическая соединений двигателя 4ПНЖ 200 МА УХЛ2

6. Электрические аппараты

6.1. Общие сведения

Электрические аппараты и приборы предназначены для замыкания и размыкания электрических цепей электровоза, для управления работой тяговых двигателей, вспомогательных машин и другого оборудования, для контроля за работой машин и аппаратов и защиты оборудования при возникновении ненормальных режимов, а также для освещения электровозов. В соответствии с разделением цепей электрические аппараты также разделяют на аппараты силовых цепей, вспомогательных цепей и цепей управления. В отличии от электрических аппаратов, находящихся в стационарных условиях, аппараты электровозов работают в более тяжелых условиях. Их детали и элементы испытывают тряску, вибрации и удары, аппараты работают в запыленной атмосфере, а в ненастную погоду при высокой влажности. Температура, при которой работают аппараты, колеблется в широких пределах от +40°C летом и до -50°C зимой. Напряжение в контактной сети не остается неизменным, а изменяется до значения 3800В, а кратковременно до 4000В. Все эти специфические условия работы электрических аппаратов электровозов учитывают при разработке и изготовлении аппаратов.

Детали аппаратов должны иметь достаточную механическую прочность, а крепление их не должно ослабляться при работе в условиях тряски, вибрации и ударов, высоких и низких температур. Изоляция при увлажненном состоянии и в пыльной атмосфере должна быть достаточной и не допускать пробоя при нормальных напряжениях и при возникновении перенапряжений. Таким образом, каждый аппарат электровоза должен обеспечить четкую и надежную работу при всех изменениях условий эксплуатации.

Назначение и конструкция контактов

Виды контактов. Электрическим контактом называют поверхность соприкосновения двух или нескольких проводников, через которые проходит ток. В аппаратостроении контактами называют также специальные детали, при соприкосновении которых осуществляется электрическое соединение. По характеру работы контакты можно подразделить на неподвижные (жесткие), подвижные неразмыкающиеся (скользящие) и подвижные размыкающие и замыкающие.

Неподвижные (жесткие) контакты могут быть использованы в местах постоянного электрического соединения токоведущих деталей аппаратов, присоединения внешних проводов, тин и т. п. Такие соединения бывают разъемными и неразъемными. В разъемных контактных соединениях различают детали крепления, не проводящие (большой частью стальные) и проводящие ток (большой частью медные).

В тех случаях, где может быть допущено неразъемное соединение, применяют пайку специальными припоями. При этом электрический контакт получается более плотным, а его сопротивление более стабильным.

Подвижные неразмыкающиеся (скользящие) контакты обеспечивают непрерывное подвижное соединение токоведущих деталей. Примерами таких контактов может быть щеточный или роликовый контакт машин и аппаратов, а также контакт токоведущей части токоприемника с контактным проводом или рельсом.

Подвижные размыкающие и замыкающие контакты (разрывные) служат для коммутации тока электрических цепей и представляют собой основной вид контактов коммутационных аппаратов. По виду поверхности соприкосновения различают плоские, линейные, точечные, щеточные и штыревые контакты.

Плоские или поверхностные контакты применяют в большинстве неподвижных соединений, в быстродействующих выключателях, где нужно большое контактное нажатие при больших нагрузках и относительно редких выключении, а также в цепях, рассчитанных на малые токи при большой частоте включений и выключений, где такой вид поверхности уменьшает износ и увеличивает срок службы контактов. Разновидность плоских контактов - клиновые, используемые в ручных разъединителях и рубильниках.

Линейные контакты, образуются при соприкосновении двух цилиндрических поверхностей, цилиндра с плоскостью и т. п. Поверхность касания практически отличается от линии и представляет собой узкую прямоугольную полосу. При этом могут быть получены высокие удельные нажатия, достаточные для снятия окисных пленок с поверхности. Линейные контакты нашли широкое применение в коммутационных аппаратах, работа которых характеризуется частыми включениями и выключениями. Такие контакты, замыкание которых

осуществляется соударением, применяемые в контакторах и контроллерах, имеют большей частью Г-образную форму (рисунок 94, а и б).

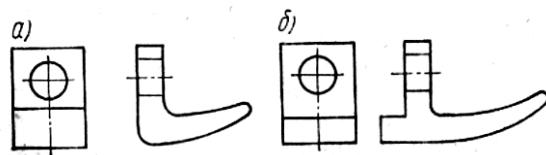


Рисунок 94 - Линейные контакты

Форма скользящих линейных контактов, используемых в качестве блокконтактов контакторов со стальной пружинящей лентой, показана на рисунке 95а, а с медной накладкой — на рисунке 95б.

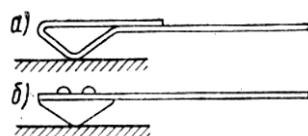


Рисунок 95 – Блокировочные контакты

Точечные контакты могут быть образованы в результате соприкосновения двух сферических поверхностей, сферической и плоской поверхности (рисунок 96) и т. п. Практически их поверхность соприкосновения представляет малую окружность. Эти контакты обеспечивают достаточно высокие удельные напряжения при малом его общем значении.

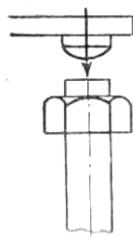


Рисунок 96 – Точечные контакты

Их широко используют при малых токах нагрузки. Щеточные контакты в аппаратах применяют относительно редко: при больших нагрузках и малых нажатиях.

Штыревые контакты используют для различных видов штепсельных соединений.

Для надежной работы контакты и контактные соединения должны обладать высокой электропроводностью, стойкостью по отношению к коррозии и к образованию пленок с высоким удельным сопротивлением, высокой износостойкостью, дугостойкостью, высокой теплопроводностью и хорошей теплоотдачей в окружающую среду.

Контактное сопротивление и контактное нажатие.

Контактное сопротивление определяет нагрев контактов. Повышенное контактное сопротивление вызывает повышенный нагрев, в результате которого может произойти быстрое окисление контактных поверхностей, что приводит к дальнейшему увеличению контактного сопротивления. Нагрев может привести к подплавлению и свариванию контактов, повреждению смежных изоляционных деталей и т. п.

Контактное сопротивление зависит от материала контактов, качества обработки контактных поверхностей, сопротивления пленок на поверхности и, в частности, окислов и силы нажатия контактов.

Даже при хорошей обработке деталей касание происходит не по плоскости, а в отдельных ограниченных поверхностях (рисунок 97, а), число и состояние которых и определяют в основном переходное контактное сопротивление.

Число поверхностей касания в значительной мере зависит от величины нажатия на единицу поверхности.

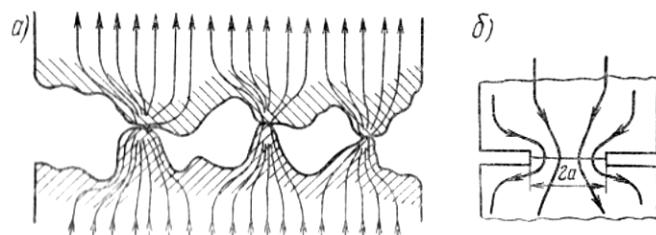


Рисунок 97 – Плоскость соприкосновения контактов

На рисунке 97, б показана схема стягивания линий тока, проходящего по телу контакта, к месту контактной площадки (пятна). Сопротивление стягивания определяется равенством:

$$R_c = \frac{\rho}{(2an)}, \quad (55)$$

где ρ - удельное сопротивление тела контакта;

a - радиус поверхности контактного пятна;

n – число пятен в месте соприкосновения контактных поверхностей.

В общее сопротивление контакта входит сопротивление $R_{n,l}$ дополнительных плёнок на поверхности контактов:

$$R_k = R_c + R_{n,l}, \quad (56)$$

Для чистой поверхности сопротивление $R_k = R_c$ зависит от материала и произведения aP , характеризующего смятие контактной поверхности. Значение aP увеличивается с повышением нажатия контактов. Увеличение площади контакта при сохранении одинакового нажатия в большинстве случаев не меняет общего контактного сопротивления, поскольку при этом уменьшается удельное нажатие и остаётся примерно прежнее число точек соприкосновения, хотя и распределённых на большей общей поверхности. Поэтому сопротивление R_k зависит главным образом от силы нажатия контактов θ_k :

$$R_k = \frac{k_n}{Q_k^m}, \quad (57)$$

где m - показатель степени, зависящий от формы контактов, равный примерно 1,0 для плоских контактов, 0,5-0,8 – для линейных и 0,5-для точечных;

k_n - коэффициент, зависящий от рода материала контактов, способа обработки, формы контактной поверхности, её состояния и температуры.

Следует отметить, что при шлифовке плоских поверхностей образуются более гладкие выступы, для смятия которых требуются большие нажатия контактов. При неподвижных жёстких контактах для уменьшения переходного сопротивления перед сборкой счищают окислы с поверхностей и смазывают их техническим вазелином. Существенное увеличение площади соприкосновения контактов рисунок 97,а достигается применением оловянного припоя или серебряного покрытия благодаря их пластичности. Для разрывных контактов обработка поверхности практически не целесообразна и главным фактором, определяющим контактное сопротивление, является нажатие.

Увеличение нажатия, вызывающее уменьшение контактного сопротивления, требует усиления конструкции привода подвижного контакта, включающих и выключающих пружин и приводит к увеличению размеров и стоимости аппарата; уменьшение нажатия, и следовательно, увеличение R_k ограничено

допустимой температурой контактов и условиями, при которых может наступить их сваривание.

Если принять экспоненциальный закон изменения температуры вдоль проводника цилиндрической формы, то превышение температуры контактных соединений поверхностного вида над температурой окружающей среды может характеризовать диаграмма $\theta(x)$ рисунок 98, где А - тело проводника, Б - одна из площадок соприкосновения (контактных «пятен»), площадь которой обычно на 2-3 порядка меньше кажущейся площади контакта.

Различают три характерных значения превышения температуры контакта над температурой окружающей среды: θ_k - установившаяся температура в точках, где нагрев контактного сопротивления не оказывает практического влияния на тепловой баланс системы; θ_k' - температура в граничных точках x_0 перехода от места концентрации тока при его стягивании в контактном « пятне » к области его выпрямления, θ_{kp} - температура в месте контактного перехода.

Согласно опытным данным:

$$\theta_{kp} = \theta_k \frac{(I_k R_k)^2}{(8\rho\lambda)} = \theta_k \frac{U_{kdon}^2}{(8\rho\lambda)}, \quad (58)$$

где λ - удельная теплопроводность вдоль тела проводника, Вт/см² °C.

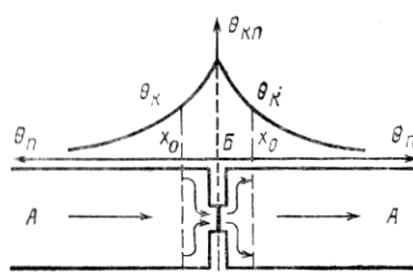


Рисунок 98 – Диаграмма $\theta(x)$

Значение θ_k зависит от количества тепла, выделяемого в контактном соединении, и теплоотдачи с поверхности тела контакта. Если θ_k выбрано по нормированным рекомендациям для контактов данного типа и материала и известна температура размягчения контактов.

то из равенства (4) определяется максимальное значение $U_{k\text{доп}}$:

$$U_{k\text{доп}} = I_k R_{k\text{доп}} = k_p U_{kp}, \quad (59)$$

где U_{kp} - падение напряжения в контактном переходе в начале размягчения тела контакта, зависящее от вида металла;

$k_p < 1$ - коэффициент запаса.

Сопротивление R_k зависит от разности $\Delta\theta_k = \theta_{kn} - \theta_k$:

$$R_k = R_{ko} \left(1 + \frac{2}{3}\alpha\Delta\theta_k\right), \quad (60)$$

где R_{ko} - сопротивление при номинальном превышении температуры тела контакта θ_k ;

α - температурный коэффициент сопротивления, зависящий от вида материала контакта.

Принятое согласно выражению (5) при данном токе I_k минимальное сопротивление контактов $R_{k\text{доп}}$ определяет в соответствии с формулой (3) требуемое нажатие контактов. Следует отметить, что в момент размягчения контактов их сопротивление резко падает вследствие повышения пластичности, но затем снова начинает повышаться до достижения точки плавления.

Выбранное по условиям нагрева минимальное нажатие контактов проверяется по условиям сваривания, которое может произойти при их чрезмерном нагреве в случае возникновения тока короткого замыкания. Согласно опытным данным для предотвращения сваривания значение нажатия должно удовлетворять неравенству:

$$\theta_{\min} \geq k_c I_{\max}^2, \quad (61)$$

где I_{\max} - максимальный ток через контакты;

k_c - постоянный коэффициент, зависящий от материала тела контактов.

Минимальное нажатие контактов должно также быть достаточным для предотвращения их вибрации во включенном состоянии в результате действия внешних динамических сил.

Принцип действия подвижного контактного соединения

Особенности кинематики подвижных контактных соединений. Операции включения и выключения разрывных контактов осуществляются воздействием соответствующего привода. Характер этого воздействия зависит преимущественно от области применения контактов и их нагрузки. Различают по способу нажатия три вида подвижных контактов: жесткие без предварительного нажатия (рисунок 99, а), эластичные без предварительного нажатия (рисунок 66, б) и с предварительным нажатием (рисунок 99, в). Во всех вариантах подвижной контакт 1 укреплен на держащей пластине 2, на которую действует сила привода Q в направлении, указанном стрелкой.

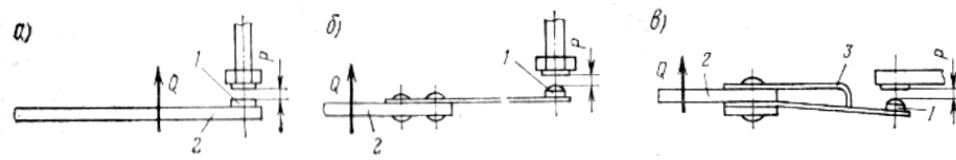


Рисунок 99 – Кинематика подвижного контактного соединения

1-подвижной контакт; 2-удерживающая пластина; 3-ограничитель хода

В жестких контактах в момент их соприкосновения происходит скачок нажатия, которое затем остается постоянным (прямая 1 на рисунке 100) и равным разности между силой, создаваемой приводом, и нажатием возвращающей пружины. Контакты с жестким нажатием используют преимущественно в тех случаях, когда по условиям работы необходимо осуществить их быстрое замыкание и размыкание без запаздывания: например в вибрационных регуляторах, реле ускорения и замедления.

В эластичных контактах нажатие увеличивается (после их соприкосновения) линейно в зависимости от перемещения δ . Такие контакты не получили распространения в тяговых коммутирующих аппаратах с разрывными контактами вследствие их подверженности вибрации и трудности ограничения минимального нажатия, необходимого по условиям надежной работы контактов при их износе.

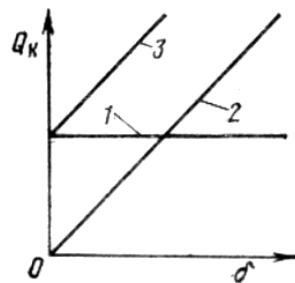


Рисунок 100 – Диаграмма нажатия контактов

В эластичных контактах с предварительным нажатием последнее создается дополнительной пластиной 3. В момент соприкосновения подвижного и неподвижного контактов нажатие резко увеличивается до значения, равного предварительному нажатию дополнительной пластины 5, а при дальнейшем перемещении привода начинает линейно возрастать. Предварительное нажатие препятствует отскакиванию при соприкосновении и последующей вибрации подвижного контакта под действием сил упругой деформации и электродинамической силы отталкивания, возникающей в точке касания, а также обеспечивает большую стабильность нажатия при износе контактов. Такие контакты получили широкое применение в тяговых аппаратах. Кинематические схемы поясняют только принципиальные особенности трех систем нажатия коммутирующих контактов, конструктивное исполнение которых весьма разнообразно.

Кинематическая схема должна обеспечивать определенное расстояние между подвижным и неподвижным контактами при полном их размыкании, называемое раствором r , а для контактов с предварительным нажатием — возможность перемещения подвижного контакта из положения первоначального соприкосновения контактов в положение предельного перемещения при устранении неподвижного контакта (это перемещение называют провалом) и необходимый перекат подвижного контакта по неподвижному в процессе притирания. Минимальный раствор ограничен условиями надежного дугогашения при малых токах. Провал должен обеспечивать надежную работу контактов при их износе либо необходимый процесс притирания контактов при их замыкании. Перекат, сопровождающийся небольшим скольжением подвижного контакта по неподвижному, выбирают исходя из необходимости удаления рабочей поверхности соприкосновения от поверхности, связанной с дугой при размыкании контактов, и снятия окислов с контактов в процессе их замыкания.

На рисунке 101, а, б и в показаны различные положения подвижного и неподвижного линейных контактов в процессе включения. В положении, показанном на рисунке 101, а, контакты раздвинуты на размер раствора r . Рисунок 8, б соответствует моменту их соприкосновения в точке а, а рисунок 101, в — окончанию процесса включения в точке б.

При замыкании подвижной контакт катится по неподвижному и одновременно скользит по нему вправо, в результате чего расстояние перемещения по неподвижному контакту меньше, чем по подвижному, $a_b < a_{1b}$.

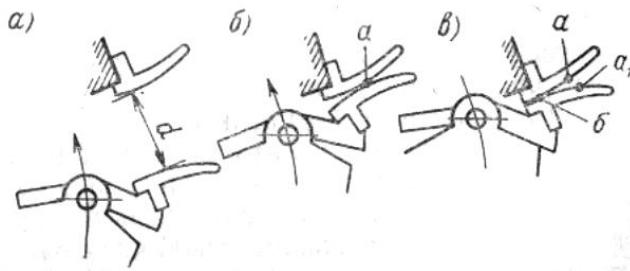


Рисунок 101 – Характеристика подвижного контактного соединения

Для обеспечения описанного процесса включения в тяговых аппаратах обычно применяют кинематическую систему с притирающей пружиной (рисунок 102). Рычаг подвижного контакта 1 вращается вокруг оси 01. Ось вращения 02 держателя 3 подвижного контакта находится на конце рычага 1. Притирающая пружина 2, работающая на сжатие и имеющая некоторое начальное натяжение, вставлена между выступами держателя 3 и рычага 1. В разомкнутом положении контактов под действием этой пружины держатель поворачивается против часовой стрелки до упора в выступ У1 рычага 1. При включении под действием привода рычаг совместно с держателем и подвижным контактом поворачивается относительно оси 01 против часовой стрелки. На первой стадии включения происходит сближение контактов до момента соприкосновения их в точке а (рисунок 102, а). Дальнейшее движение рычага сопровождается перекатыванием подвижного контакта по

неподвижному с проскальзыванием по поверхности, т. е. с притиранием. В положении полного включения (рисунок 102, б) контакты соприкасаются в точке б.

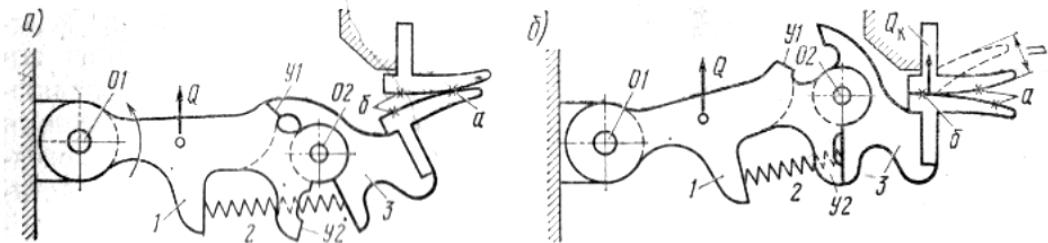


Рисунок 102 Кинематическая схема замыкания контактов

1-рычаг подвижного контакта; 2-притирающая пружина; 3-держатель подвижного контакта

Применяют два типа рычажных систем подвижного контакта: с ограниченным ходом рычага и нажатием контактов, обеспечиваемым притирающей пружиной, и с неограниченным ходом рычага и упором на контактах. В первом случае ход рычага ограничивается или приводом, который перемещает рычаг только до определенного положения, или сам рычаг снабжается упором, фиксирующим его конечное положение. Нажатие контактов при этом определяется усилием притирающей пружины. Притирающая пружина компенсирует износ контактов, причем она сжимается на меньшую величину и нажатие контактов соответственно уменьшается. Очевидно, что максимальный износ контактов в этом случае не может превышать провала П.

Во втором случае, показанном на рисунке 102, конечное положение при включении фиксируется упором У2 на рычаге 1, который ограничивает поворот держателя относительно рычага. В этом положении держатель с рычагом 1 представляет уже как бы единый рычаг и сила привода с учетом соотношения плеч передается на контакты и создает нажатие Q_k . Здесь притирающая пружина определяет нажатие контактов только в процессе притирания, износ их компенсируется дополнительным ходом привода и рычага, а провал имеет значение только для притирания контактов и не является запасом на износ. Хотя конечная сила нажатия контактов в этом случае и не зависит от усилия притирающей пружины, для надежного притирания она должна быть достаточно большой. Так как износ контактов компенсируется дополнительным ходом рычага, привод, передвигающий рычаг при замыкании контактов, должен не иметь ограничения хода и обеспечивать постоянное или малоубывающее усилие в пределах дополнительного хода рычага на размер износа контактов.

Герконы. Контакты, называемые герконами (рисунок 103), выполняются в виде пластин 1 и 2 из железоникелевого сплава, размещенных внутри стеклянного баллона 3, заполненного азотом с примесью водорода или гелия при давлении от $1 \cdot 10^5$ до $4 \cdot 10^5$ Па.

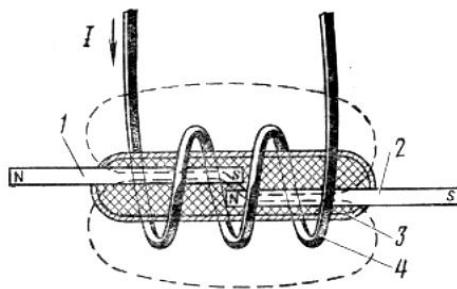


Рисунок 103 – Геркон

1,2-контакты; 3-стеклянный баллон; 4-управляющая катушка

Замыкание контактов происходит под действием магнитного поля, образуемого током управляющей катушки 4. При выключении тока контакты размыкаются вследствие упругости пластин. Пластины покрывают тонким слоем золота, радия или серебра для повышения надежности контакта.

Износостойкость герконов, размещенных в инертном газе, по меньшей мере на два порядка выше износостойкости обычных контактов в воздухе, а время срабатывания и отпуска в 3 раза меньше, чем у контактов с электромагнитным механическим приводом.

Герконы на электроподвижном составе получили распространение в качестве контактов цепей управления при токах до 2-3 А. Их успешно применяют в цепях высокого напряжения.

Система дугогашения.

Система дугогашения предназначена для гашения электрической дуги, возникающей при разрыве контактов под нагрузкой.

Электрическая дуга обладает определённым сопротивлением, зависящим от её длины, площади сечения, условий охлаждения среды, и может существовать между электродами до тех пор, пока напряжение между ними не станет меньше напряжения, необходимого для поддержания дуги. При увеличении тока электропроводность дуги возрастает, так как термоэлектронная эмиссия и термоионизация усиливаются. Поэтому сопротивление дуги убывает при увеличении тока.

Электрическая дуга постоянного тока может быть погашена только в том случае, если процесс деионизации дугового промежутка протекает с большей скоростью, чем процесс ионизации. При постоянных параметрах цепи уменьшение числа ионизированных частиц ведёт к увеличению сопротивления дуги, а следовательно, к снижению тока в дуге. В результате этого дуга начинает гореть неустойчиво.

В цепи переменного тока гашение дуги облегчается вследствие периодического перехода тока через нуль. Условия гашения для дуги переменного тока примерно такие же, как и для дуги постоянного тока. Дуга переменного тока может погаснуть либо при переходе тока через нуль, либо в середине полупериода. Последнее сопровождается большими перенапряжениями. Большие перенапряжения возникают и при быстром выключении цепи постоянного тока. Значение их зависит от индуктивности цепи и скорости гашения дуги: чем больше индуктивность цепи и скорость выключения, тем больше перенапряжения. Чрезмерное перенапряжение при гашении дуги может быть причиной пробоя изоляции аппаратов и машин, а иногда и вторичного зажигания дуги, что значительно увеличивает износ стенок дугогасительных камер и длительность действия тока к. з., если при разрыве этого тока происходят повторные зажигания дуги.

Деионизация дугового промежутка увеличивается охлаждением столба дуги, путем уменьшения площади его сечения, увеличения длины и путем перемещения дуги в окружающем ее пространстве. В тяговой аппаратуре это выполняют различными средствами гашения и различной конструкцией дугогасительных устройств. Способ гашения дуги в значительной степени определяет надежность работы коммутирующих аппаратов, их конструктивные формы и области применения,

В аппаратах низкого напряжения с малыми номинальными токами гашение дуги обеспечивают соответствующим выбором расстояния между разомкнутыми контактами, т. е. их раствора. В аппаратах с большими токами, даже относительно низкого напряжения, обеспечивать гашение дуги только путем увеличения раствора контактов нецелесообразно по конструктивным соображениям. В этом случае гашение дуги при сравнительно небольшом растворе контактов осуществляют дугогасительными устройствами. Эти устройства должны обеспечивать надежное гашение дуги при возможно меньшем объеме устройства и малом износе контактов и камеры. В тяговой аппаратуре э.п.с. применяют системы дугогашения: в узких щелях с магнитным дутьем, с магнитным дутьем и деионной решеткой, с воздушным дугогашением, комбинированные с воздушным и магнитным дутьем.

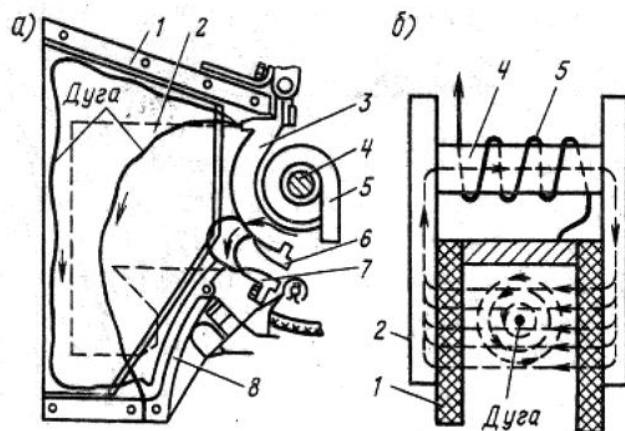


Рисунок 104 – Дугогасительное устройство

1-дугогасительная камера; 2-полюса; 3-верхний дугогасительный рог; 4-сердечник;

5-дугогасительная катушка; 6,7-электрические контакты; 8-нижний дугогасительный рог;

Дугогасительное устройство с магнитным дутьем электропневматического контактора состоит из следующих частей: дугогасительной катушки 5 (рисунок 104), которая включена последовательно с контактами 6 и 7 в цепь тока; стального сердечника 4; дугогасительных рогов — верхнего 3 и нижнего 8;

дугогасительной камеры 1 и полюсов 2 из листовой стали, с двух сторон примыкающих к сердечнику 4. Между полюсами 2 в области горения дуги катушка 5 создает магнитное поле, которое при размыкании контактов 6 и 7, взаимодействуя с магнитным полем дуги, выталкивает дугу на расходящие концы контактов, перебрасывает на рога, растягивает ее, удлиняет и, наконец, разрывает в камере.

Дуга перемещается в дугогасительной камере 1 перпендикулярно магнитному потоку в направлении, определяемом правилом левой руки. Направление магнитного потока устанавливается таким, чтобы дуга перемешалась внутрь дугогасительной камеры при любых направлениях тока в цепи, поскольку направление тока определяет направление магнитного потока между полюсами.

Дугогасительные рога защищают контакты от действия дуги и уменьшают катодную эмиссию благодаря движению катодного пятна по холодной поверхности рога. Дугогасительная камера предотвращает перебросы дуги на полюсы и другие близко расположенные детали. Кроме того, стенки камеры способствуют охлаждению и деионизации дуги. Размеры дугогасительной камеры в значительной мере определяются конечной длиной дуги, и их выбирают так, чтобы гашение дуги происходило нормально в пределах камеры. Щелевые или лабиринтно-щелевые камеры изготавливают из теплостойкого материала (асбестоцемента, пластmassы) и укрепляют на верхнем и нижнем кронштейнах. В лабиринтно-щелевых камерах существенно удлиняется дуга и повышается интенсивность ее охлаждения; дуга, помимо растягивания в плоскости камеры, зигзагообразно искривляется.

Щелевые дугогасительные камеры обычно выполняют с тремя продольными щелями. Такая камера состоит из двух асбестоцементных стенок и двух внутренних асбестоцементных перегородок, скрепленных болтами. Внутри камеры имеется дугогасительный рог, снаружи расположены полюсы для проведения магнитного потока в зону гашения дуги. От стенок камеры полюсы обычно отделены текстолитовой изоляцией.

Лабиринтно-щелевая дугогасительная камера состоит из двух боковин, опрессованных кремнийорганическим изоляционным материалом. Лучи обеих

боковин образуют лабиринт, создающий благоприятные условия для быстрейшего гашения дуги. В стенках камеры имеются углубления, где размещены полюсы. Камеры некоторых контакторов снабжены деионными решетками, препятствующими выбросу пламени, и резисторами, шунтирующими дуговой промежуток, что уменьшает время гашения дуги при ограничении перенапряжений после ее погасания.

Продольные и поперечные перегородки расщепляют дугу на несколько параллельных пучков, которые, проникая в щели и соприкасаясь с холодными перегородками, охлаждаются и деионизируются. Другое назначение перегородок - увеличение длины дуги при данных размерах камеры. При электромагнитном гашении дуги все же нельзя принимать произвольно малый раствор контактов, так как возможно повторное зажигание дуги.

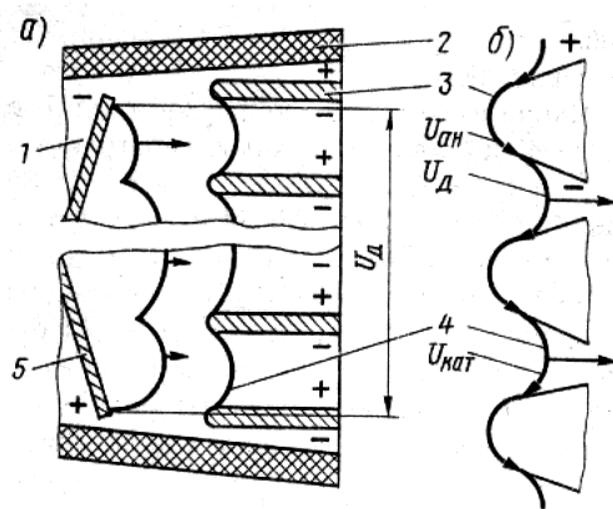


Рисунок 105 - Дугогасительное устройство с деионными решётками

1,5-дугогасительные рога; 2-дугогасительная камера; 3-деионные решётки; 4-электрическая дуга

Деионные решетки увеличивают падение напряжения в дуге, не удлиняя ее. Их собирают из металлических изолированных одна от другой пластинок 3 (рисунок 105 а), расположенных в дугогасительной камере 2 поперек оси дуги 4. Дуга, перемещаясь, с рогов 1 и 5, делится решеткой на большое число последовательных дуг, каждая из которых имеет свое околоэлектронное

падение напряжения. В результате этого общее падение напряжения в дуге резко увеличивается. Взаимодействие магнитного поля дуги с магнитными полями, образуемыми токами в перегородках, создает дополнительные силы, перемещающие дугу внутрь решетки.

Для высоковольтных аппаратов с электромагнитным гашением дуги при последовательном включении катушки характерно слабое дугогашение при малых токах, когда магнитное поле невелико. В этом отношении надежнее параллельное питание дугогасительных катушек, но практически его не применяют ввиду большой сложности и худшего действия при размыкании больших токов.

Дугогасительные устройства должны обеспечивать по возможности малое время гашения и малую энергию, выделяемую дугой, отсутствие опасных перенапряжений при гашении дуги, приемлемые размеры дугогасительного устройства. Применяемые дугогасительные устройства зависят от назначения аппарата и отличаются разными способами гашения, позволяющими удовлетворить указанные требования без существенного усложнения и увеличения их габаритов.

В аппаратах, специально рассчитанных для защиты цепи от коротких замыканий, все конструктивные решения подчиняются основному требованию – быстродействию. На электровозе или моторном вагоне обычно устанавливают один быстродействующий выключатель, поэтому можно допустить относительно большие размеры дугогасительной камеры. В контакторах, которые предназначены только для разрыва рабочих токов цепи, быстродействие не столь обязательно; здесь существенно важно не допустить чрезмерных габаритов камеры, так как обычно на каждой единице устанавливается несколько контакторов.

Дуга представляет собой непрерывный поток электронов и ионов, образующихся в результате ударной и термической ионизации молекул газа дугового промежутка, а также выделения электронов и ионов раскаленными поверхностями контактов. Для возникновения дуги напряжение между разомкнутыми (металлическими) контактами должно быть выше 12-20В, а ток -

не менее 0,3-0,9А. Ток и напряжение, при которых образуется дуга, зависят в значительной мере от материала контактов.

При горении дуги происходят одновременно процессы ионизации и деионизации. Деионизация обусловлена рекомбинацией и диффузией заряженных частиц. Рекомбинация происходит вследствие соединения при соударении в процессе термической ионизации частиц, несущих заряды противоположных знаков, т. е. вследствие нейтрализации частиц. Диффузия представляет собой рассеивание заряженных частиц из области дуги в окружающее пространство за счёт выравнивания плотности газов. Интенсивность рекомбинации резко возрастает с понижением температуры дуги, а интенсивность диффузии – с уменьшением диаметра её столба.

Электрическая дуга может быть погашена в том случае, если процесс деионизации столба протекает с большей скоростью, чем процесс ионизации. Показателем процесса гашения дуги является непрерывное уменьшение тока в ней, что определяется видом характеристики дуги.

Как указывалось, для гашения дуги необходимо, чтобы скорость деионизации превышала скорость ионизации. Деионизация может быть обеспечена охлаждением столба дуги путём его удлинения, уменьшения сечения и перемещением дуги в окружающем её воздухе. Это достигается различными средствами гашения и дугогасительными устройствами различной конструкции. Такие устройства должны обеспечивать по возможности малое время гашения и малую энергию, выделяемую дугой (во избежание значительного перегрева контактов), отсутствие опасных перенапряжений при гашении дуги, приемлемые размеры дугогасительного устройства. В аппаратах, специально рассчитанных для защиты цепи от коротких замыканий, все конструктивные решения подчиняются основному требованию – быстродействию.

6.2. Контакторы пневматические ПК-31А, ПК-32А

Контактор ПК-31А ЭТ предназначен для работы в силовых цепях электровоза без токового переключения. Контактор ПК-32А ЭТ предназначен для работы в коммутируемых силовых цепях электровоза.

Структура условного обозначения контактора имеет вид: ПК–XXX ЭТ У 2, где ПК – пневматический контактор;

XXX – обозначение серии (31А, 32А);

ЭТ – индекс изготовителя;

У – климатическое исполнение;

2 – категория размещения.

Контакторы устанавливаются внутри кузова электровоза.

Контакторы должны быть работоспособными при эксплуатации в следующих условиях:

-при температуре окружающего воздуха от минус 50 °С до плюс 60 °С;

-при относительной влажности воздуха 98 %, не более, при температуре плюс 25 °С, не более;

-при механических воздействиях вибрации с частотой от 0,5 до 100 Гц при ускорении 9,8 м/с² (1 g), не более, и воздействии одиночных ударов в горизонтальном направлении при ускорении 29,4 м/с² (3 g) и длительностью от 2 до 20 мс;

-при высоте над уровнем моря 1300 м, не более.

Основные параметры контакторов приведены в таблице 4

Таблица 4

Номинальный ток, А	630
Коэффициент пульсации, %, не более	35
Раствор контактов, мм	24 ⁺³
Угол α, контролирующий провал контактов	13°±1°
Суммарный вертикальный люфт шарнирных соединений главных контактов, мм, не более	1,5
Вспомогательная цепь	
Род тока	Постоянный, пульсирующий

Продолжение таблицы 4

Номинальное напряжение, В	110
Максимальное напряжение, В	138
Номинальный ток, А	10
Коэффициент пульсации, %, не более	100
Цепь управления	
Род тока	постоянный, пульсирующий
Номинальное напряжение, В	110
Сопротивление постоянному току катушки электромагнитного вентиля при температуре 20 °C, Ом	810 ⁺⁶⁵ ₋₄₁

Рабочее положение – вертикальное.

Сопротивление изоляции главной цепи 150 Мом, не менее. Сопротивление изоляции вспомогательной цепи и цепи управления 10 Мом, не менее.

Коммутационная износостойкость главной и вспомогательной цепи при номинальном включаемом (отключаемом) токе и номинальном напряжении – 25 000 циклов, не менее. Механическая износостойкость – 1 млн. циклов включения– отключения, не менее.

В настоящем РЭ указаны контакторы, отличающиеся конструкцией узлов подвижного и неподвижного контактов (это связано с тем, что в контакторе ПК-32 А ЭТ коммутация контактов происходит в дугогасительной камере, а контактор ПК-31А ЭТ такой камеры не имеет) и массой.

Контактор состоит из следующих основных узлов:

-стержня 2 (рисунок 1);

- камеры дугогасительной 6 (ПК-32А ЭТ);
- подвижного контакта 7;
- неподвижного контакта 5;
- кронштейна подвижного контакта 26;
- кронштейна неподвижного контакта 1;
- тяги 11;
- рычага 31;
- блокировки 14;
- привода пневматического 20 с вентилем 16.

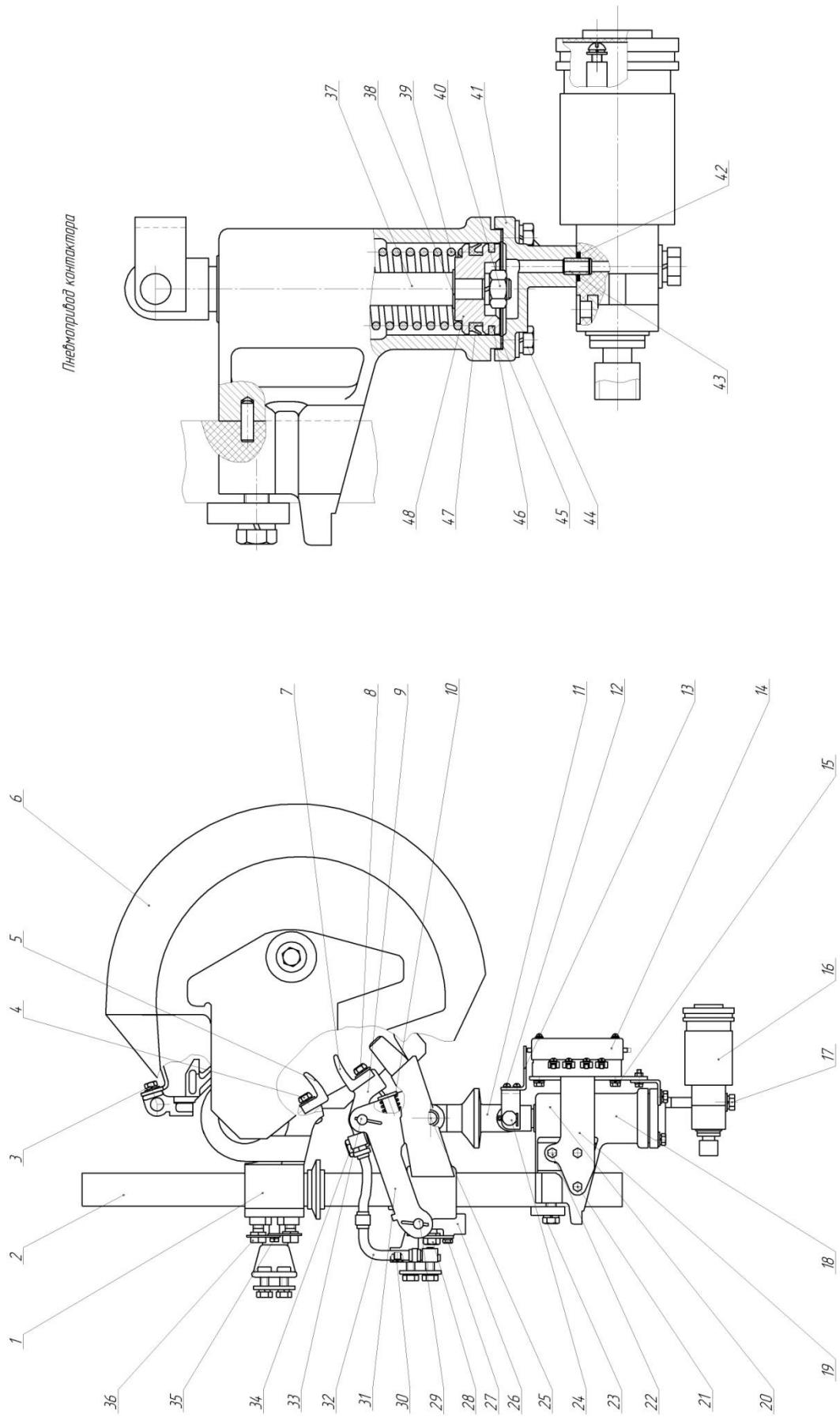
Таблица 5

Наименование запасных частей	Обозначение	Колв изделия, шт.
ПК-31А ЭТ		
Контакт	ПК-17 ЭТ.101	1
Контакт	ПК-31 ЭТ.063	1
Сальник	ПК-31 ЭТ.306	1
Кольцо	ПК-31 ЭТ.322	1
Пружина	ПК-31 ЭТ.351	1
Клапан	ПК-31 ЭТ.390	2
Кольцо	ПК-31 ЭТ.322-01	1
ПК-32А ЭТ		
Контакт	ПК-31 ЭТ.063	2
Сальник	ПК-31 ЭТ.306	1

Продолжение таблицы 5

Кольцо	ПК-31 ЭТ.322	1
Пружина	ПК-31 ЭТ.351	1
Клапан	ПК-31 ЭТ.390	2
Кольцо	ПК-31 ЭТ.322-01	1

Рисунок 106-Компактор ПК-31А



Устройство и работа

На стержне 2 (рисунок 106) контактора установлены кронштейн неподвижного контакта 1, служащий для крепления неподвижного контакта 5, рычаг 31 и кронштейн подвижного контакта 26, служащий для крепления подвижного контакта 7, пневматический привод 20 с тягой 11, вентилем 16 и блокировкой 14. На кронштейнах подвижного и неподвижного контактов 7 и 5 устанавливается камера дугогасительная 6 (для ПК-32А ЭТ).

Включение контактора.

Контактор включается подачей напряжения на вентиль 16, при этом сжатый воздух из магистрали поступает через вентиль в привод пневматический 20, поршень которого через тягу 11 толкает кронштейн подвижного контакта 26, затем происходит замыкание подвижного и неподвижного контактов 7 и 5. Одновременно происходит поворот рычага 31 вниз и переключение контактов блокировки 14.

Выключение контактора.

Контактор выключается при снятии напряжения с вентиля 16, при этом вентиль перекрывает подачу сжатого воздуха в привод пневматический 20 и открывает канал, связывающий полость цилиндра привода с атмосферой.

При снижении давления в цилиндре поршень привода опускается и тянет за собой тягу 11, с которой связан подвижный контакт 7, что приводит к размыканию главных контактов. Между главными контактами возникает электрическая дуга, которая переходит в щель камеры дугогасительной 6 (для ПК-32А ЭТ), где на стенках камеры она охлаждается и гаснет. Отключение контактора вызывает поворот рычага 31 вверх и переключение контактов блокировки 14 в исходное состояние.

6.3. Переключатель кулачковый ПКД-15А, ПКД-21А

Переключатель кулачковый ПКД-15А-01-ЭТ применяется в качестве тормозного переключателя.

Переключатель кулачковый ПКД-21А-01-ЭТ применяется в качестве реверсивного и тормозного переключателей тяговых двигателей.

Тормозной переключатель предназначен для переключения схемы силовых цепей из режима тяги в режим электрического торможения.

Реверсивный переключатель предназначен для переключения якорей тяговых

двигателей с целью изменения направления движения электровоза.

Переключатель может эксплуатироваться:

- а) при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 60 °С;
- б) при относительной влажности воздуха 90 %, не более, при температуре 20 °С, не более;
- в) при механических воздействиях вибрации с частотой от 0,5 до 100 Гц при ускорении не более 9,8 м/с² (1g) и воздействии одиночных ударов в горизонтальном направлении при ускорении 29,4 м/с² (3g) и длительности от 2 до 20 мс;
- г) при высоте над уровнем моря –1300 м, не более.

Переключатель размещается внутри кузова электровоза, рабочее положение горизонтальное.

Основные параметры переключателя приведены в таблице 6.

Таблица 6

Наименование параметра	Значение	
	ПКД-15А-01	ПКД-21А-01
1. Род тока	Переменный, пульсирующий	Постоянный
2. Максимальное напряжение, В	4 000	
3. Номинальное напряжение, В		3 000
4. Номинальное напряжение изоляции, В	3 600	3 000
5. Номинальный ток, А	950	850
6. Пусковой ток в течении 20 мин, А	1200	
7. Стойкость контактной системы при протекании тока в течение 0,01с, А	18 000	15 000
8. Раствор контактов, мм	от 22 до 28	
9. Провал контактов, мм	от 8 до 16,5	

Продолжение таблицы 6

10. Зазор между роликом кулачкового элемента и кулачком кулачкового вала в разомкнутом положении главных контактов, мм, не менее	3	
11 Время переключения, с, не более	1	1
12 Масса переключателя, кг	96,5 ± 4,8	75,5 ± 3,8

Сопротивление изоляции главных контактов переключателя в нормальных климатических условиях (НКУ) должно быть 150 Мом, не менее.

Сопротивление изоляции измерять:

- между разомкнутыми главными контактами;
- между смежными контактами;
- между контактами и основанием переключателя;
- между контактами и вспомогательной цепью.

Сопротивление изоляции вспомогательных контактов переключателя в нормальных климатических условиях (НКУ) должно быть 10 Мом, не менее.

Сопротивление изоляции измерять:

- между разомкнутыми контактами;
- между смежными контактами и основанием переключателя.

Устройство и работа переключателя

Коммутация токов двигателя производится кулачковыми элементами 29 (рисунок 107), которые приводятся от вала с кулачковыми шайбами.22.

Кулачковый вал 22 приводится в движение от пневмоцилиндра 25 через кривошипно - шатунный привод. С этим же валом через зубчатую передачу связан вал блока вспомогательных контактов 17, которые работают аналогично, т. е. вращается вал с кулачковыми шайбами, который приводит в движение кулачковые контакторы блокировки 26, согласно диаграмме переключений. Кулачковый элемент имеет блочное исполнение с контактным механизмом на два положения без дугогашения.

Он смонтирован между двумя

изоляционными стенками. Контактный механизм состоит из одной пары скользящих не размыкаемых контактов, расположенных в шарнире, и двух пар размыкающих

контактов. Размыкающие контакты выполнены из композиции серебро-окись кадмия, не размыкаемые - из композиции серебро-графит. Контактное нажатие для каждого из фиксированных положений обеспечивается пружиной.

Пневматический привод состоит из цилиндра 13 (рисунок 15), с крышками 5, 6 и поршня двустороннего действия 11, штока 14, с закрепленной на нем тягой 9, установленной на цилиндре распределительной коробки 7, с размещенными на ней электромагнитными вентилями 15. Уплотнение штока в крышке 18 и поршня в цилиндре выполнены резиновыми манжетами 16. Места соединения поршня 11 со штоком 10, крышек 5, 6 с цилиндром 13, а также корпусов вентилей 15 с распределительной коробкой 7 уплотнены специальными резиновыми кольцами 20, 21, 22, 23. Места соединения распределительной коробки 7 с крышками 5, 6 уплотнены прокладками из паронита 24. Для смазки поверхности труящихся деталей привода расположены смазочные кольца из тонкошерстного войлока 17, 19.

Блоки вспомогательных контактов 26 состоят из размещенных на пластмассовых корпусах кулачковых контакторов. Внутри этих корпусов расположены кулачковые шайбы с валиками. Валики связаны с кулачковым валом переключателя зубчатой передачей.

При подаче напряжения на обмотку одного из электромагнитных вентилей 24 (рисунок 1) открывается доступ сжатого воздуха в левую или правую часть цилиндра 25. Поступательное движение поршня через кривошипно - шатунный механизм 1, 30 преобразуется во вращательное движение кулачкового вала 22. Вал, вращаясь в подшипниках, установленных в боковинах 14, 15, кулачковыми шайбами переключает кулачковые элементы. Вращательное движение кулачкового вала 22 через зубчатую передачу 18 передается на кулачковый валик узла вспомогательных контактов 26. При этом происходит переключение кулачковых контакторов вспомогательных контактов.

Рисунок 107 Общий вид переключателя ПКД 21А

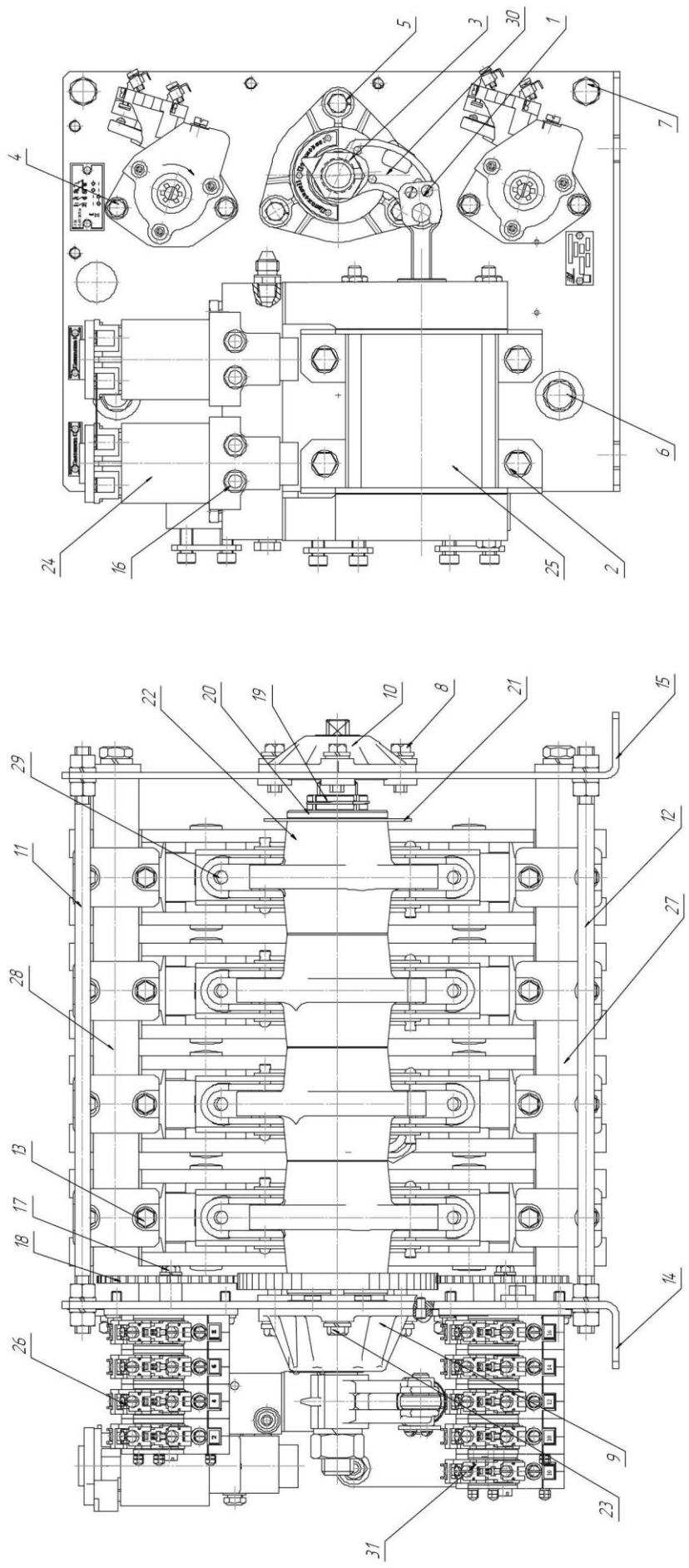
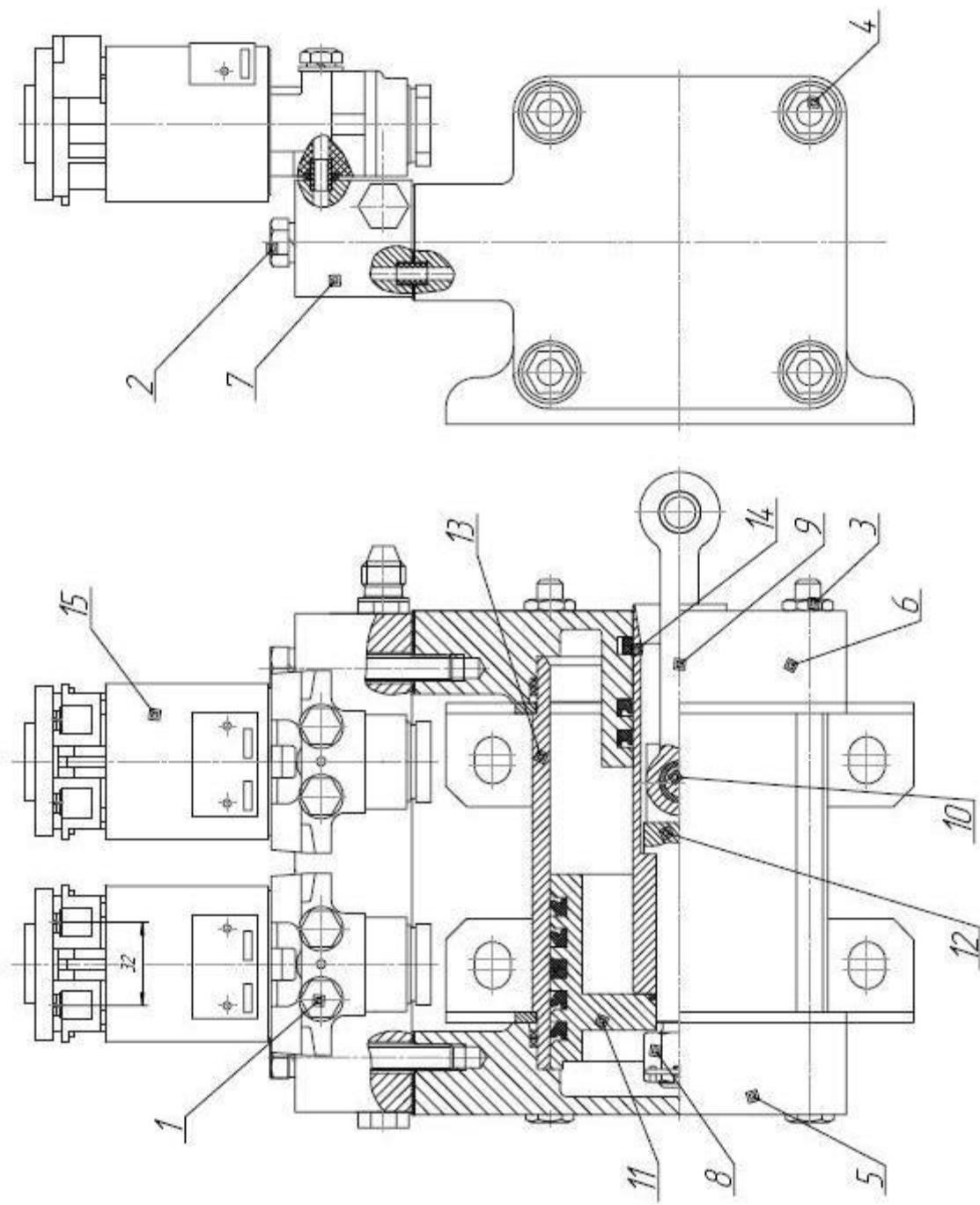


Рисунок 108 Пневматический привод переключателя ПКД21А



6.4. Блок выключателей БВ-87 ЭТ

Назначение

Блок БВ-87 ЭТ предназначен для переключения цепей управления электровоза.

Структура условного обозначения блока имеет вид:

БВ-87 ЭТ У 2

где БВ - блок выключателей; 87 - обозначение серии; ЭТ - индекс изготовителя; У - климатическое исполнение; 2 - категория размещения. Блок устанавливается внутри кузова электровоза. Блок должен быть работоспособным при эксплуатации в следующих условиях:

- при температуре окружающего воздуха от минус 50 °С до плюс 60 °С;
- при относительной влажности воздуха 98 %, не более, при температуре плюс 25 °С, не более;
- при механических воздействиях вибрации с частотой от 0,5 до 100 Гц при ускорении 9,8 м/с² (1 g), не более, и воздействии одиночных ударов в горизонтальном направлении при ускорении 29,4 м/с² (3 g) и длительностью от 2 до 20 мс;
- при высоте над уровнем моря 1300 м, не более.

Основные параметры блока приведены в таблице 7.

Таблица 7

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение постоянного (пульсирующего) тока, В	110
Номинальный ток, А	16
Максимальное напряжение постоянного тока, В	138
Раствор контактов, мм	5,0 ⁺¹ _{-0,5}
Масса блока, кг	6,0

Рабочее положение – горизонтальное. Сопротивление изоляции не менее 10 МОм

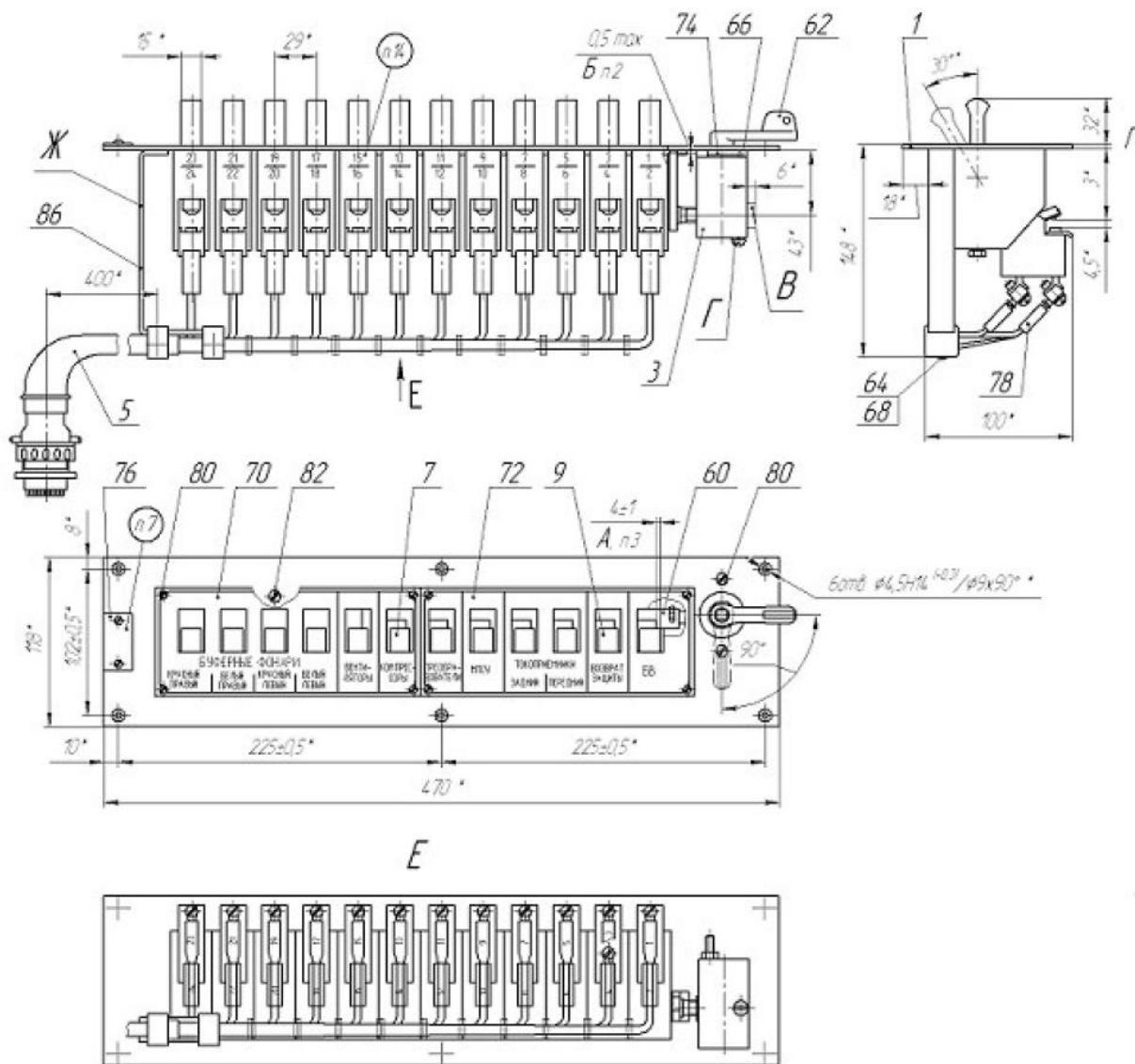


Рисунок 109 Блок выключателей БВ-87ЭТ

Устройство и работа

Блок выключателей состоит из выключателей В-4 7 (рисунок 109) и выключателя В-4-01 9, закрепленных на панели 1. Блок снабжен замком 3 (механическая блокировка), который обеспечивает следующие взаимодействия:

- при снятой рукоятке 62 блокируемые выключатели переключить невозможно;
 - при повороте рукоятки на 90 ° по часовой стрелке можно переключить любой выключатель, рукоятку при этом снять нельзя;
 - для снятия рукоятки выключатели необходимо установить в исходное положение.

Перемещение пластины 60 должно быть свободным, без заеданий. Каждый выключатель имеет по два вывода, которые монтируются на соединитель 5.

Работа блока выключателей осуществляется в ручном режиме.

6.5. Блок диодов БД-212Р

Описание и работа

Блок диодов БД-212Р предназначен для обеспечения перехода тяговых электродвигателей электровоза ЭП2К с одного соединения на другое (с «С» на «СП» и обратно).

Структура условного обозначения имеет вид:

-БД-212Р-У2 где: БД - блок диодов; 212 - обозначение серии; Р - индекс изготовителя.

У - климатическое исполнение по ГОСТ 15150-96;

2- категория размещения по ГОСТ 15150-96.

Блок устанавливается внутри кузова электровоза. Блок должен быть работоспособным при эксплуатации в следующих условиях:

-при температуре окружающего воздуха от минус 50 °C, до плюс 60 °C;

-относительной влажности воздуха 100 % не более, при температуре 25 °C, не более;

- допускается выпадение инея с последующим его оттаиванием;

- высота над уровнем моря 1300 м, не более;

-блок должен быть устойчив к воздействию синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 10 до 100 Гц по осям X, Y, Z с ускорением 10 м/c² (1g),

и воздействию механического удара одиночного действия длительностью (3±1) мс с ускорением ударного воздействия 3 g; направление удара должно совпадать с осью Y.

Рабочее положение блока – вертикальное.

Технические характеристики

Основные параметры блока приведены в таблице 8

Таблица 8 - Основные параметры блока диодов БД-212Р

Наименование параметра	Значение
Максимальный ток при длительности импульса 0,5 с, А	1100
Вентильная прочность. В	3000
Род тока блока диодов	постоянный
Режим работы	кратковременный

Продолжение таблицы 8

Охлаждение	воздушное, естественное
Масса, кг.	60

Состав блока.

Блок приведенный на рисунке 5, состоит из следующих основных элементов:

- панель из стеклотекстолита 1;
- шина подключения 2,7;
- диоды V1..V2.V3 6;
- охладители 3;
- резисторами 5;
- винтовыми контактными зажимами 4
- маркировочной табличкой 8

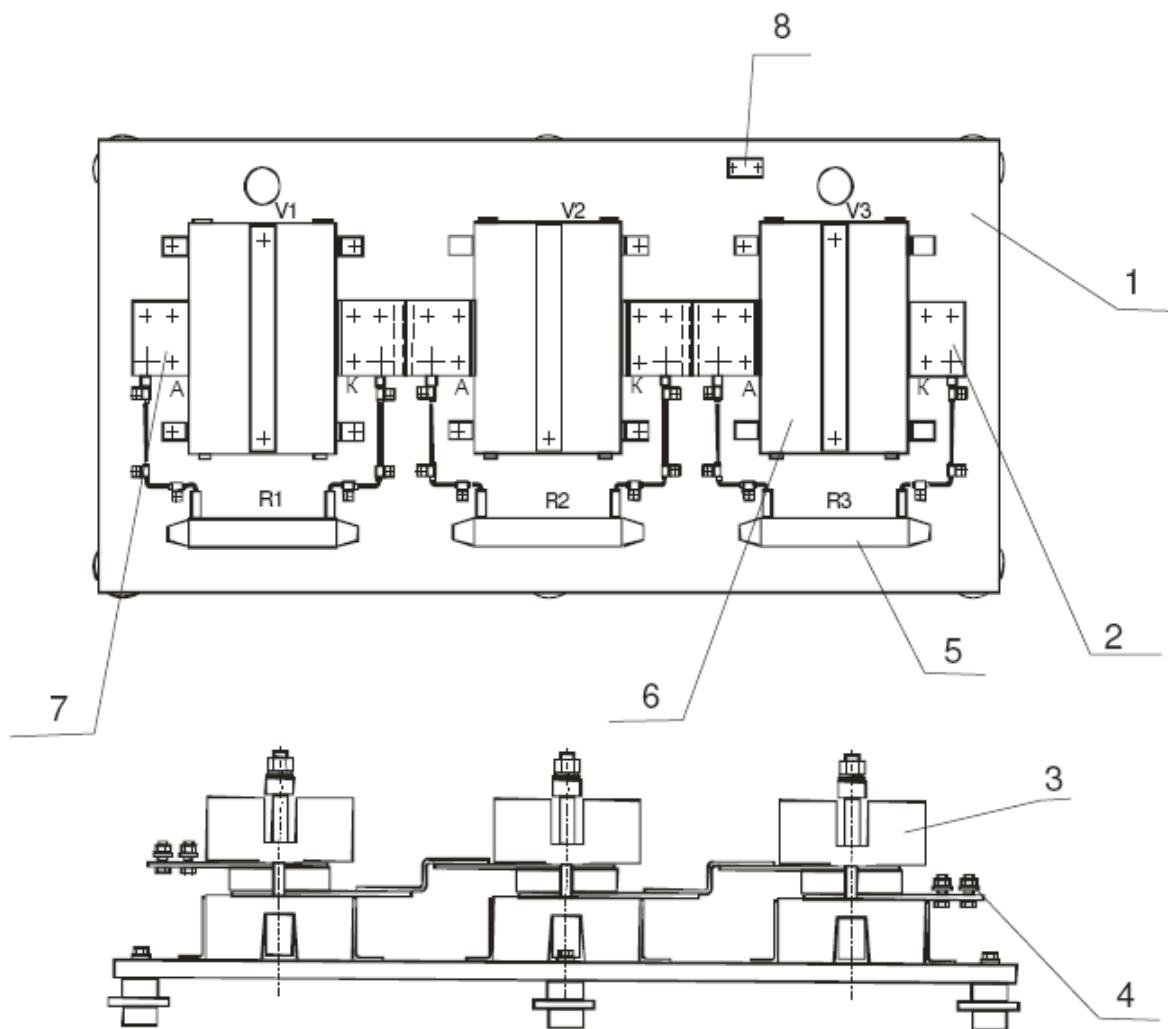


Рисунок 110 Внешний вид блока диодов

Устройство работы блока Основой конструкции служит панель 1 выполненная из стеклотекстолита. Сверху на панели установлены диоды 6 с охладителями 3 и резисторами 5. Для подключения блока к внешним электрическим цепям на панели установлены шины 2,7 с винтовыми контактными зажимами 4. На лицевой стороне панели расположена маркировочная табличка 8.

Электрическая принципиальная схема диодов БД-212Р приведена на рисунке 111

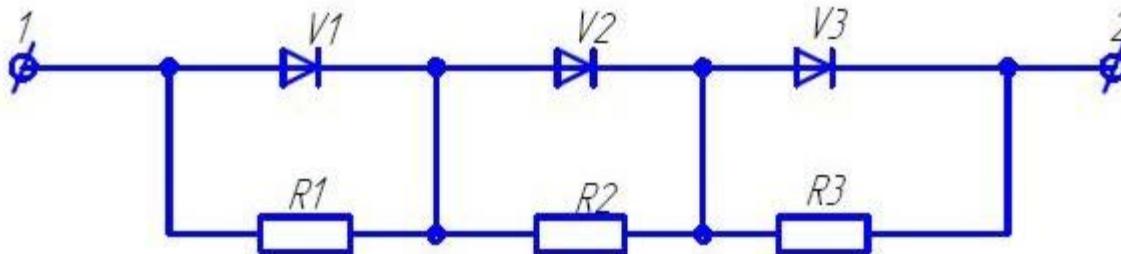


Рисунок 111 Схема блока диодов БД-212Р

6.6. Блок конденсаторов БК-568Р

Назначение

Блок конденсаторов БК-568Р (далее "блок") предназначен для защиты от радиопомех.

Климатическое исполнение У, категория размещения 1 по ГОСТ 15150

Блок имеет восемь модификаций исполнения. Отличия в исполнениях связаны с типом примененного конденсатора, с маркировкой позиционного обозначения конденсатора невесом блока (см. таблицу 6)

Таблица 9 Модификации конденсаторов БК-568Р

Модификация исполнения блока	Обозначение конструкторской документации	Тип конденсатора	Маркировка, обозначение конденсатора	M, кг
БК-568Р 1	ДГИЛ.667568.00	K75-15-16 кВ-0,024мкФ	C1	1 1,9
БК-568Р-01	ДГИЛ. 667568.001-01	K75-15-16кВ-0,024мкФ	C2	1 1,9
БК-568Р-02	ДГИЛ. 667568.001-02	K75-15-16кВ-0,024 мкФ	C3	1 1,9
БК-568Р-03	ДГИЛ. 667568.001-03	K75-15-10кВ-0,5мкФ	C1	1 3,3
БК-568Р-04	ДГИЛ. 667568.001-04	K75-15-10кВ-0,5 мкФ	C2	1 3,3
БК-568Р-05	ДГИЛ. 667568.001-05	K75-15-10кВ-0,5мкФ	C3	1 3,3

Продолжение таблицы 9

БК-568Р-06	ДП1Л.66756К.<И И-06	K75-15-10кВ-1 мкФ K75-15-10кВ-0ЛмкФ	C1	1 3,5
БК-568Р-07	ДГИЛ.667568.00 1-07	K75-15-10кВ-1 мкФ K75-15-10кВ-0, мкФ	C2	1 3,5

Блок предназначен для установки на крыше электровоза.

Блок работоспособен при эксплуатации в следующих условиях:

- при нижнем и верхнем предельных значениях рабочей температуры окружающего воздуха от минус 50 С до 60°C;
- при верхнем значении относительной влажности 100% при температуре окружающего воздуха 25°C:
 - в условиях выпадения росы и инея;
 - в условиях воздействия дождя и снега;
 - в условиях воздействия абразивных частиц пыли;
 - при высоте над уровнем моря не более 1300 м;
 - при воздействии внешних механических воздействующих факторов, соответствующих группе М25 по ГОСТ 17516.1

Технические характеристики

Основные параметры блока приведены в таблице 10

Таблица 10 Характеристики блока конденсаторов БК-568Р

Наименование параметра	Значение
Электрическая прочность изоляции (испытательное напряжение частоты 50Ги в течение 1мин), кВ	11,4
Сопротивление изоляции в нормальных климатических условиях, не менее. Мом	50
Емкость конденсатора в блоках БК-568Р. БК-568Р-0). БК-568Р-02, мкФ	0,024±10%>
Емкость конденсатора в блоках БК-568Р-03. БК-568Р-04 БК-568Р-05, мкФ	0,5+5%
Емкость конденсаторов в блоках БК-568Р-06. БК-568Р-07, мкФ	1,1± 6%
Примечание – Прочность и сопротивление изоляции проверяется между болтом заземления и токовыводом конденсатора.	

Состав блока

Блок в своем составе имеет следующие элементы:

- сварной каркас с герметизированными швами;
- крышка с герметавиющим уплотнением;
- конденсатор;
- герметизированный ввод кабеля;
- заземляющая втулка;
- табличка с маркировкой позиционного обозначения конденсатора;
- -клеммы для подключения к схеме ЭП2К;
- крепежные элементы.

Устройство и работа блока

Блок предназначен для защиты схемы электровоза от импульсных напряжений с амплитудой до 9-5 кВ с помощью встроенного конденсатора типа К75-15.

6.7. Дифференциальное реле РДЗ-58-01ЭТ и РДЗ-61-ЭТ

Назначение

Реле РДЗ-58-01 ЭТ предназначено для защиты вспомогательных машин от токов короткого замыкания или замыканий на «землю».

Реле РДЗ-61 ЭТ предназначено для защиты цепей тяговых двигателей при замыкании токоведущих частей на корпус (кузов) электровоза в тяговом режиме.

Структура условного обозначения реле имеет вид:

РДЗ-ХХ-ХХ ЭТУ 2

где РДЗ - реле дифференциальной защиты; ХХ- обозначение серии (58, 61); ХХ- обозначение типоисполнения; ЭТ - индекс изготовителя; У - климатическое исполнение; 2 - категория размещения.

Реле устанавливаются внутри кузова электровоза.

Реле должны быть работоспособными при эксплуатации в следующих условиях:

- при температуре окружающего воздуха от минус 50 °С до плюс 60 °С;

- при относительной влажности воздуха 98 %, не более, при температуре плюс 25 °C, не более;

- при механических воздействиях вибрации с частотой от 0,5 до 100 Гц при ускорении 9,8 м/с² (1 g), не более, и воздействии одиночных ударов в горизонтальном направлении при ускорении 29,4 м/с² (3 g) и длительностью от 2 до 20мс

- при высоте над уровнем моря не более 1300 м

Технические характеристики

- Основные параметры реле приведены в таблице 11.

-

Таблица 8 Основные характеристики реле РДЗ-58-01 ЭТ и РДЗ – 61- ЭТ

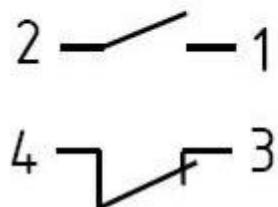
Наименование параметра	Значение	
	РДЗ-58-01 ЭТ	РДЗ-61 ЭТ
Главная цепь		
Род тока	постоян ный	постоян ный
Номинальное напряжение, В	3000	3000
Максимальное напряжение, В	4000	4000
Номинальный ток, А	120	1800
Разность токов (ток небаланса) при отключении реле, А: -в катушках; -в шинах.	20^{+5} ----	100_{-30}
Время отключения реле (собственное) при скорости нарастания тока, с, не более: -0,15- 10^6 А/с, не менее; - 0,75- 10^6 А/с, не менее.	0,0065 ----	0,009
Цепь управления		
Номинальное напряжение цепи удерживающей катушки, В	110	110
Минимальное напряжение цепи удерживающей катушки, В	77	77
Номинальный рабочий ток удерживающей катушки, А	0,095+0,010	0,095+0,010

Продолжение таблицы 11

Номинальное сопротивление удерживающей катушки постоянному току при 20 °C, Ом	30,5	30,5
Длительность подачи напряжения на катушку при подключении реле форсировкой (закорачиванием добавочного резистора), с, не более	15	15
Вспомогательная цепь		
Номинальное напряжение контактов, В	110	110
Номинальный ток контактов, А	2	2
Раствор контактов, мм	4 ⁺¹	4 ⁺¹
Провал контактов, мм	2 ⁺¹	2 ⁺¹
Масса, кг, не более	9,95	16,5

Электрические схемы контактов блокировок приведены на рисунке 19

РДЗ-58-01 ЭТ



РДЗ-61 ЭТ

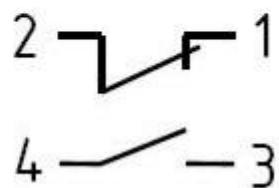


Рисунок 112 Схема блокировочных контактов дифференциальных реле РДЗ-58-01ЭТ и РДЗ-61ЭТ

Нумерация выводов блокировки приведена на рисунке 113

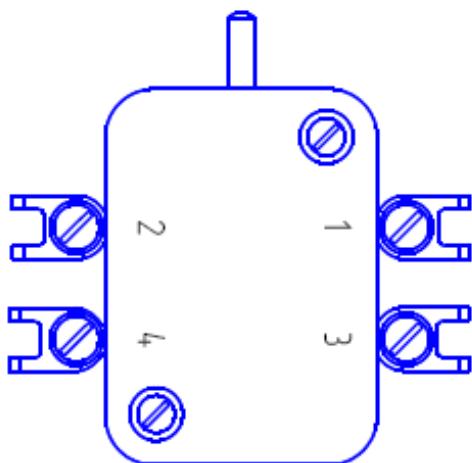


Рисунок 113 Нумерация вывода блокировочных контактов дифференциальных реле РДЗ-58-01ЭТ и РДЗ-61ЭТ

Устройство и работа

Включение реле (рисунок 114)

Непосредственно на включающую катушку 35 (без добавочных резисторов 17) на короткое время подается номинальное напряжение, под действием которого катушка 35 формирует магнитное поле, достаточное для притягивания якоря 5. Якорь 5 притягивается и удерживается в этом положении магнитным полем, которое формируется катушкой 35 сключенными последовательно с ней резисторами 17. При перемещении якоря 5 переключается и блокировка 2. Реле в этом положении может находиться длительное время.

Выключение (срабатывание) реле

В окне магнитопровода 25 и 26 реле размещены катушки главной цепи 27 (для реле РДЗ-61 ЭТ - шины главной цепи 42 и 43 (рисунок В.2 приложения В), по которым протекает ток нагрузки. По одной катушке в прямом направлении, по другой - в обратном. При отсутствии неисправностей эти токи одинаковы и ток (небаланса) при отключении реле очень мал. Когда происходит авария (короткое замыкание, обрыв и т.п.), то в одной из катушек ток будет больше (или меньше). Появляется разность токов, которая приводит к формированию в магнитопроводе 25 и 26 магнитного поля, встречного магнитному полю включающей катушки 35. При достижении током

(небаланса) определенного значения якорь 5 отпадает и переключает блокировку 2 в исходное положение. При снижении тока в катушках главной цепи реле остается в выключенном состоянии, т.к. магнитное поле, формируемое включающей катушкой 35, не в состоянии притянуть якорь 5 (в режиме удержания последовательно с включающей катушкой 35 включены добавочные резисторы 17).

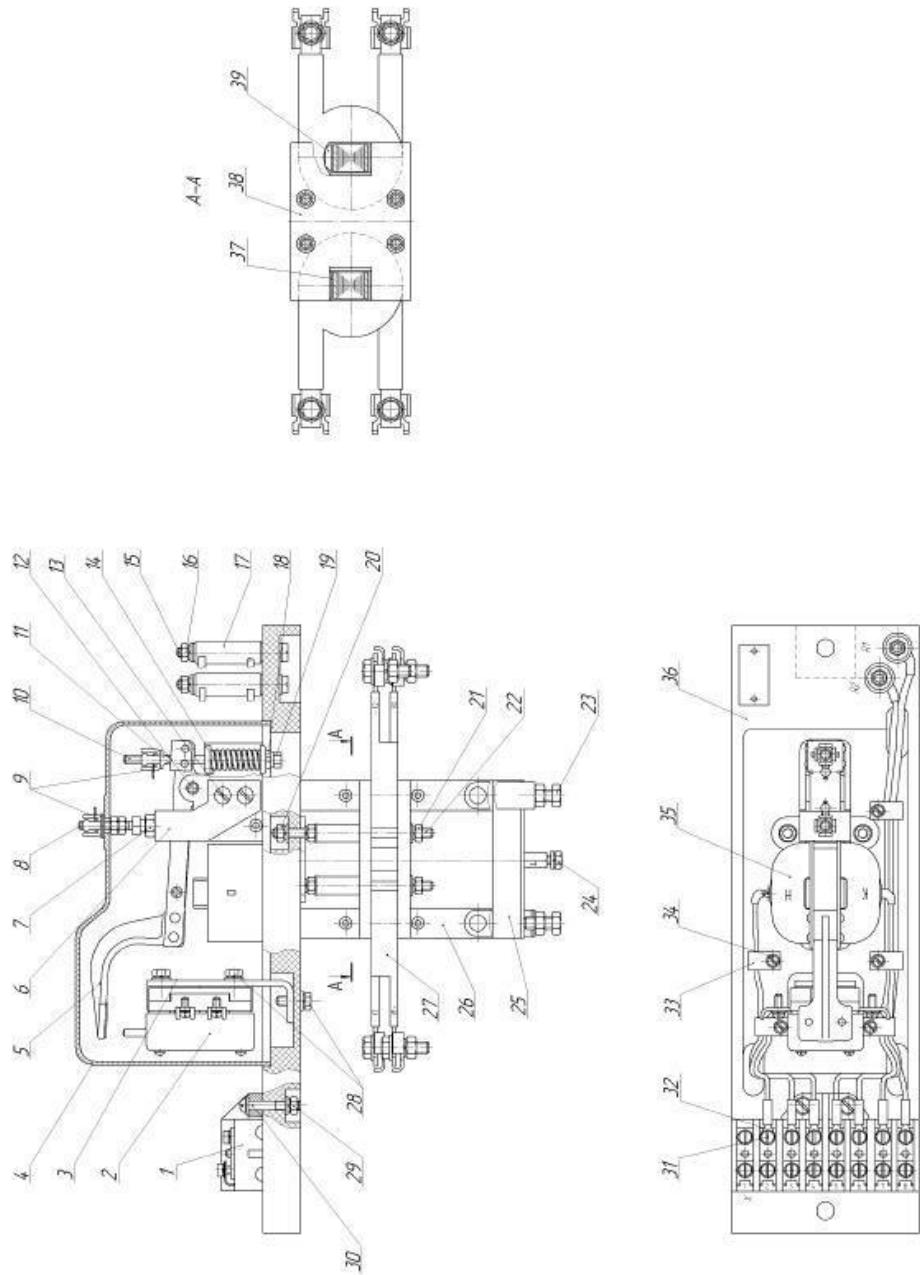


Рисунок 114 Схема дифференциального реле РД3-58-01ЭТ

6.8. Датчик тока ДТ-009

Назначение изделия. Датчик тока ДТ-009 предназначен для измерения постоянного, гульсирующего и переменного тока в электрических цепях и формирования сигнала, используемого в системе автоматического управления электровозом.

Технические характеристики приведены в таблице 12

Таблица 12 Технические характеристики датчика тока ДТ-009

Наименование параметра	Значение
Диаметр сквозного отверстия для шины первичного тока, мм	40
Номинальное напряжение изоляции шины первичного тока, В	3000
Номинальный первичный ток, А	1000
Диапазон измеряемого тока, А	0...1500
Коэффициент трансформации	1:5000
Напряжение питания вторичной обмотки, В	±24
Выходное внутреннее сопротивление, Ом	40
Режим работы	продолжительный
Охлаждение	воздушное естественное
Масса, кг	3,5

Устройство и работа.

Датчик тока ДТ-009 в соответствии с рисунком 22 состоит из датчика — трансформатора 2, серии LEM типа LT-1000SI/SP58, закрепленного на каркасе 3 с помощью двух изолятов 4 и шины 1 первичной обмотки. Схема включения датчика тока приведена на рисунке 11

Датчик имеет три вывода гальванически развязанных от силовой шины: «плюс», «минус», «М». К выводам «плюс» и «минус» подключается источник постоянного напряжения +24В. К

выводу «M» подключают измерительный резистор, падение напряжения на котором пропорционально измеренному первичному току.

Датчик LEM работает по принципу компенсации магнитного поля, создаваемого током первичной обмотки. Ток в измерительном контуре в точности отображает поведение тока в первичной цепи в выбранном масштабе.

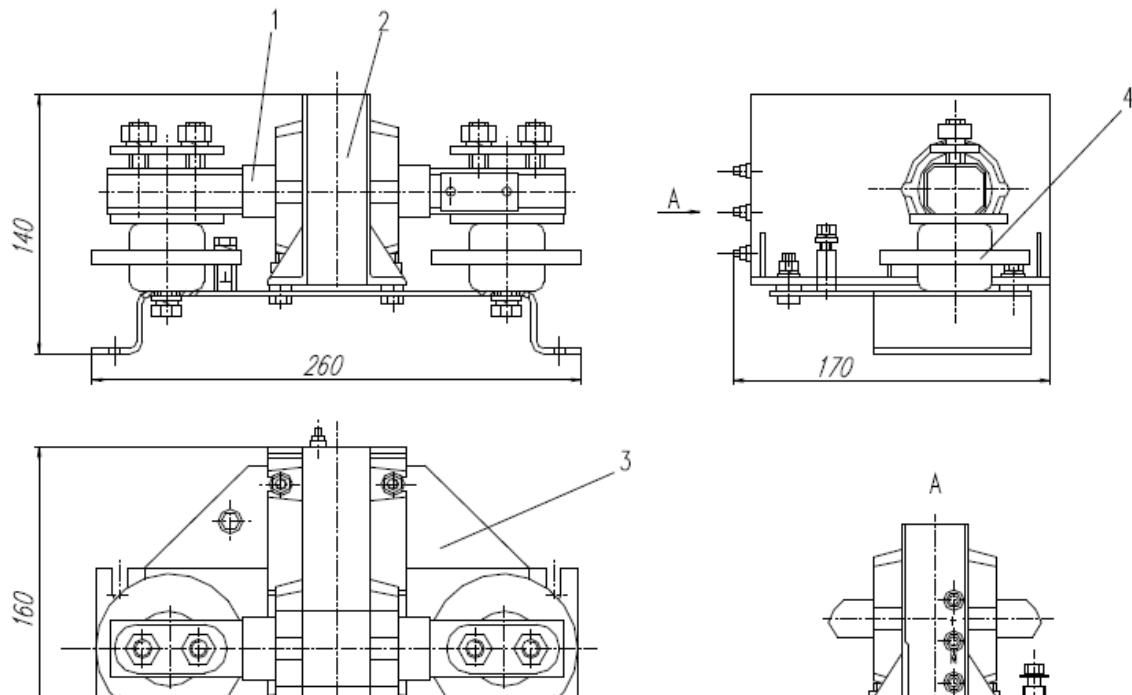
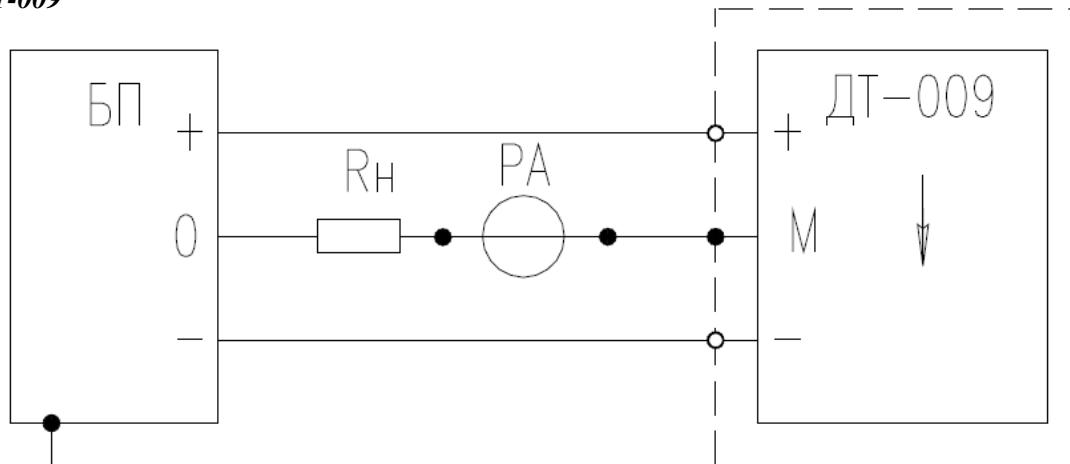


Рисунок 115 Датчик тока ДТ-009

*Рисунок 116 Схема подключения датчика тока
ДТ-009*



6.9. Датчик-трансформатор напряжения LV10Q/SP51

Назначение изделия. Датчик-трансформатор напряжения LV10Q/SP51 предназначен для измерения напряжения в электрических цепях электровоза. Технические характеристики датчика напряжения приведены в таблице 13

Таблица 13 Технические характеристики датчика напряжения LV10Q/SP51

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение на входном делителе, В	100.. .4500
Номинальный входной ток, мА	10
Диапазон измеряемых токов, мА	0.. .20
Напряжение питания, В	±24
Коэффициент трансформации	10000:2000
Входной внутреннее сопротивление при 70°C, Ом	1900
Режим работы	продолжительный
Охлаждение	воздушное естественное
Масса, кг	0,51

Устройство и работа.

Датчик-трансформатор напряжения LV100/SP51 построен по принципу преобразования входного тока пропорционально приложенному напряжению в пропорциональный выходной ток с гальванической развязкой между первичной (силовой) и вторичной (измерительной) цепями.

Преобразуемое напряжение подается на входные клеммы датчика через внешний резистор (R1), величина которого определяется исходя из номинальной величины входного тока датчика. Схема включения датчика приведена на рисунке 24

Конструктивно датчик-трансформатор в соответствии с рисунком 25 выполнен в виде неразборного модуля из литой изоляции. Для подключения цепей питания и нагрузки в модуле предусмотрены три штыревых вывода с резьбой М5 и креплением подводящих

проводов под гайку. Выводы «+» и «-» первичной цепи выполнены в виде двух отверстий с резьбой М5.

В комплект датчика-трансформатора входят три гайки с пластиковым вкладышем для фиксации наконечников проводов на выводах вторичной цепи и за винта с шайбами для подключения первичной цепи.

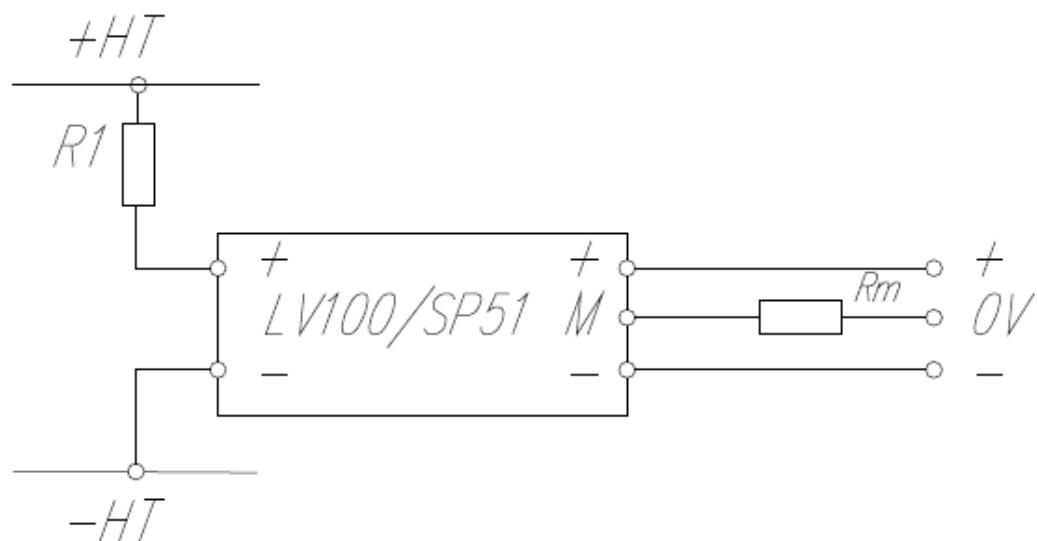


Рисунок 117 Схема подключения датчика - трансформатора напряжения LV100/SP51

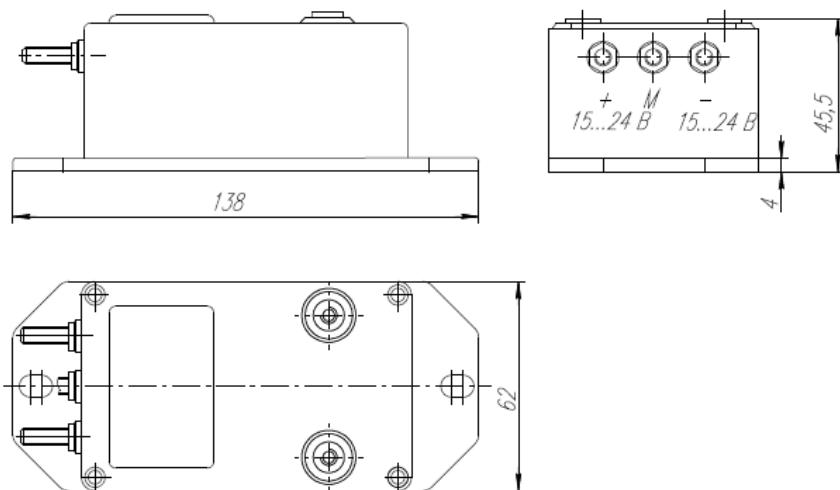


Рисунок 118 Конструкция датчика - трансформатора напряжения LV100/SP51

6.10. Заземлитель ЗВ-10ЭТ

Назначение

Заземлитель ЗВ-10 ЭТ (заземлитель) предназначен для заземления цепей токоприемника и отопления поезда при разблокировании высоковольтных камер электровоза.

Структура условного обозначения заземлителя имеет вид:
ЗВ-10ЭТУ 2

где ЗВ - заземлитель высоковольтный; 10 - обозначение серии; ЭТ - индекс изготовителя; У - климатическое исполнение; 2 - категория размещения.

Заземлитель устанавливается внутри кузова электровоза.

Заземлитель должен быть работоспособным при эксплуатации в следующих условиях:

- при температуре окружающего воздуха от минус 50 °C до плюс 60 °C;
- при относительной влажности воздуха 98 %, не более, при температуре плюс 25 °C, не более:
- при механических воздействиях вибрации с частотой от 0.5 до 100 Гц при ускорении 9.8 м/с² (1 g), не более, и воздействии одиночных ударов в горизонтальном направлении при ускорении 29,4 м/с² (3 g) и длительностью от 2 до 20 мс;
- при высоте над уровнем моря 1300 м, не более. Основные параметры заземлителя приведены в таблице 14

Таблица 14 Основные параметры заземлителя ЗВ-10ЭТ

Наименование параметра	Значение
Режим работы	продолжительный
Главная цепь	
Род тока	постоянный
Номинальное напряжение, В	3000
Максимальное рабочее напряжение, В	4000
Номинальное напряжение изоляции, В	3000
Стойкость контактной системы при протекании тока в течение 0,06 с, кА (ампл.)	3x30
Усилие включения и отключения. Н. не более	200
Цель управления	
Род тока	постоянный, пульсирующий
Номинальное напряжение, В	110
Максимальное напряжение, В	122

Продолжение таблицы 14

Минимальное напряжение, В	77
Номинальный ток, А	2,9
Вспомогательная цепь	
Род тока	постоянный, пульсирующий
Номинальное напряжение, В	110
Максимальное напряжение, В	138
Номинальный ток, А	16
Масса, кг, не более	30

Заземлитель состоит из следующих основных узлов:

привода 2 (рисунок119):

основания 4;контакторов кулачковых КЭ-153 5; рукоятки 8;замков электромагнитных 12: шунтов 26; ножа27; пластин контактных 30.

Устройство и работа.

На высоковольтной стороне заземлителя размещены нож 27, электрически связанный с основанием 4 при помощи двух гибких шунтов 26 и закрепленные на изоляторах 1 три пластины контактные 30, которые содержат крепежные элементы для электрической связи с электрическими пениями токоприемника и отопления поезда. Во вспомогательной цепи заземлителя установлены четыре кулачковых контактора КЭ-153 5, в цепи управления - два замка электромагнитных 12

Включение заземлителя в положение "заземлено" и отключение в положение "'не заземлено" осуществляется рукояткой 8. расположенной на низковольтной стороне основания 4 и поворачиваемой на угол 154'. Усилие от рукоятки 8 передается на зубчатую рейку, на которой закреплен нож 27. Вертикальный вал вращается на подшипниках, расположенных в цилиндре привода 2.

Для фиксированного удержания ножа заземлителя в положениях "заземлено" и "не заземлено" используются замки электромагнитные 12. В положении заземлителя "не заземлено" якорь замка 12 находится в пазу закрепленной на валу шайбы и перевод заземлителя в положение "заземлено" исключен. При подаче питания на катушку замка якорь втягивается, выходит из паза и перевод заземлителя в положение "заземлено" осуществляется поворотом рукоятки 8 на 154". Аналогично - при обратном переключении.

При отсутствии напряжения на замке электромагнитном 12 переключение производится рукояткой 8 от блока выключателей.

Заземлитель снабжен вспомогательными контактами, переключение которых происходит посредством установленных на валу привода 2 кулачковых шайб.

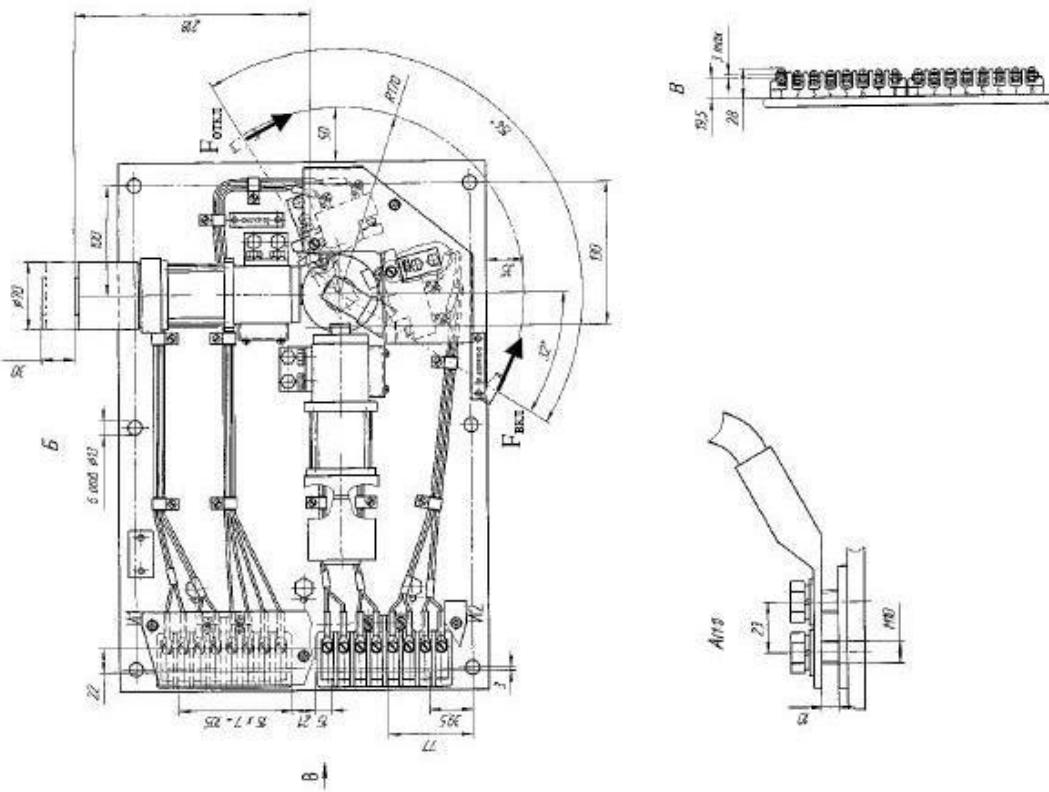
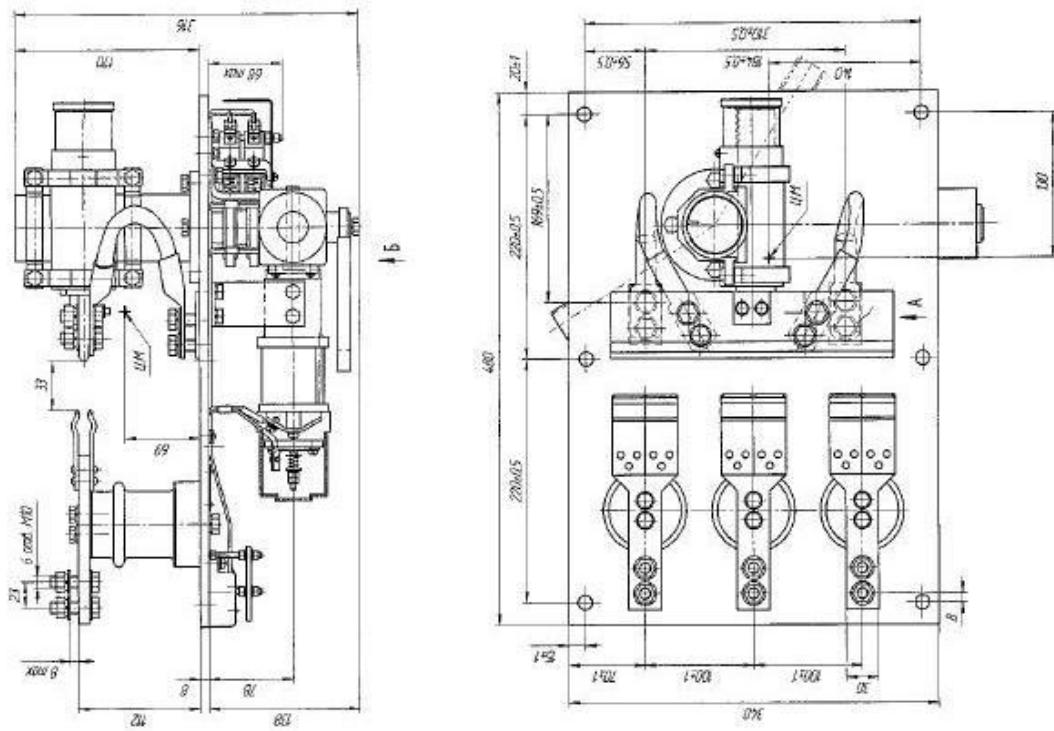


Рисунок 119 Схема заземления 3В-10-ЭТ



6.11. Выключатель отопления поезда В8

Назначение

Выключатель В-8 ЭТ предназначен для оперативной коммутации цепей управления электровоза.

Структура условного обозначения выключателя имеет вид: В-8 ЭТ У 2

где В - выключатель; 8 - обозначение серии; ЭТ - индекс изготовителя; У - климатическое исполнение; 2 - категория размещения.

Выключатель устанавливается внутри кузова электровоза.

Выключатель должен быть работоспособным при эксплуатации в следующих условиях:

- при температуре окружающего воздуха от минус 50 °C до плюс 60 °C;
- при относительной влажности воздуха 98 %, не более, при температуре плюс 25 °C, не более;
- при механических воздействиях вибрации с частотой от 0,5 до 100 Гц при ускорении 9,8 м/с² (1 g), не более, и воздействии одиночных ударов в горизонтальном направлении при ускорении 29,4 м/с² (3 g) и длительностью от 2 до 20 мс;
- при высоте над уровнем моря 1300 м. не более.

. Таблица 15 Основные параметры выключателя В8

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение постоянного (пульсирующего) тока,	50 110
Номинальный ток, А	16
Коммутационное состояние контактов: - 1-2 - 3-4	отсутствует замыкающий
Раствор контактов, мм	3,7 ± 0,9
Провал контактов, мм	2,6 ± 0,9
Масса, кг	0,72

Рабочее положение - горизонтальное.

Сопротивление изоляции 10 МОм. ,не менее.

Состав аппарата

Выключатель состоит из следующих основных узлов: вал 1 (рисунок 120): блокировка электрическая низковольтная 2; пружина 4; корпус 5; панель 6; панель 7; скоба 8; планка 9; втулка 10.

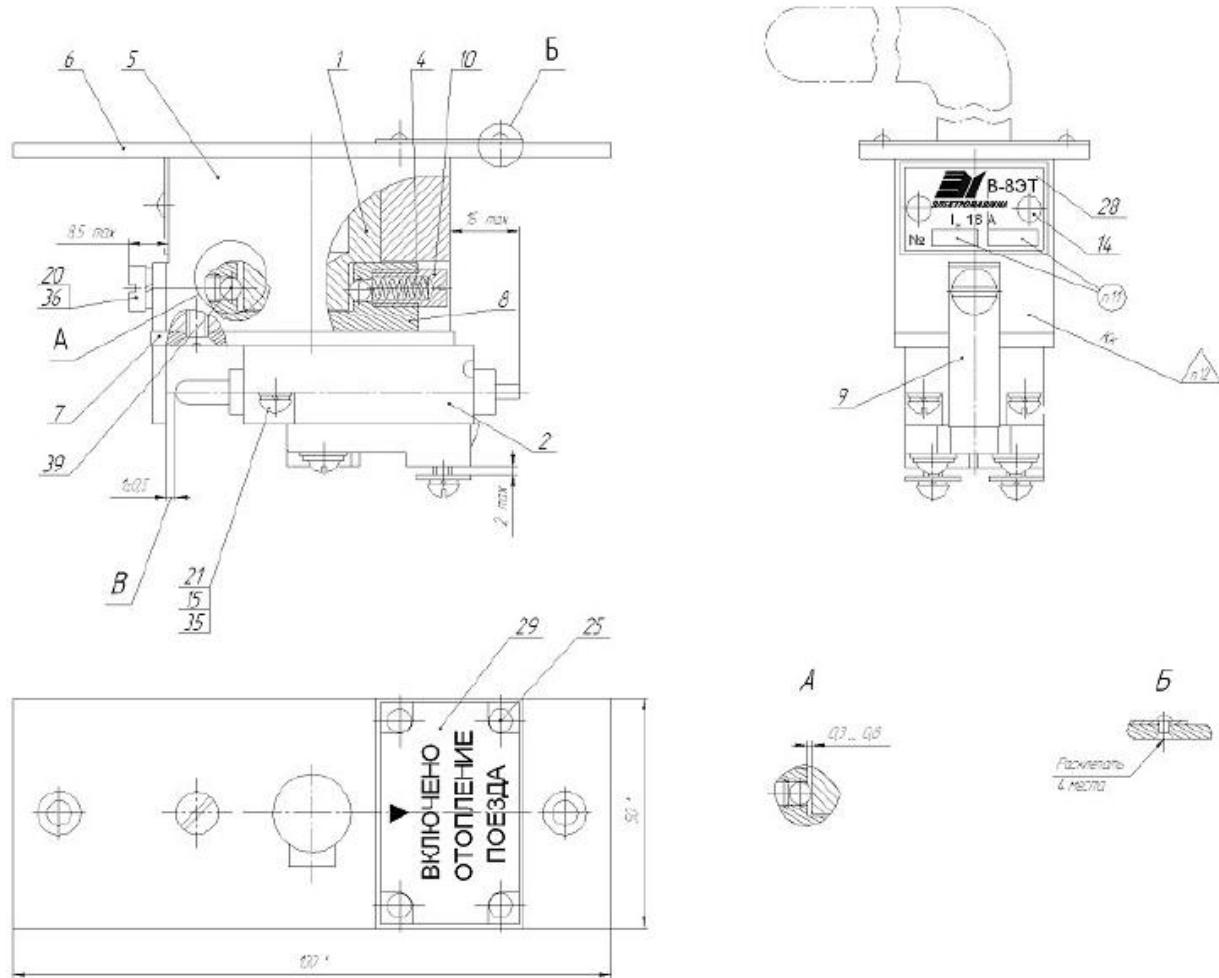


Рисунок 120 Выключатель отопления поезда В8

Устройство и работа

Переключение выключателя осуществляется ключом от штепсельного разъема цепей отопления вагонов поезда поворотом его на 90° по часовой стрелке. Под действием

поворота ключа вращается вал, который передает движение контактам электрической блокировки. При этом контакты замыкаются, ключ освободить нельзя.

6.12. Дроссель от радиопомех ДП-63

Назначение

Дроссель представляет собой катушку без магнитопровода и предназначен для снижения уровня радиопомех, возникающих при нарушении контакта между токоприёмником и контактным проводом электровоза

Структура условного обозначения дросселя ДП-63Р-У1 имеет вид:
ДП - дроссель помехоподавления;
63 - обозначение серии;
У - климатическое исполнение;
1 - категория размещения.

Дроссель должен быть работоспособным в следующих условиях:

- высота над уровнем моря не более 1300 м;
- верхнее значение рабочей температуры окружающего воздуха плюс 60 °C, нижнее - минус 50 °C;
- верхнее значение рабочей температуры охлаждающего воздуха плюс 60 °C, нижнее - минус 50 °C;
- верхнее рабочее значение относительной влажности воздуха 100 % при температуре (25+2) °C;

Основные параметры дросселя приведены в таблице 12

Таблица 16 Основные технические данные дросселя ДП-63

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение изоляции, В	3000
Номинальный ток при естественном охлаждении, А	300
Номинальный ток при скорости набегающего потока охлаждающего воздуха выше 5 м/с при движении электровоза, А	2200

Продолжение таблицы 16

Сквозной ток короткого замыкания не менее. кА	30
Индуктивность катушки дросселя, мкГн,	от 140 до 200
Электрическое сопротивление катушки по постоянному току при 20 °C, Ом	0,0018
Масса, кг	75

Состав аппарата

Дроссель представленный на рисунке 121 состоит из следующих основных узлов;

- выполненное из гетинакса основание 1;
- катушка 2;
- табличка 3;
- три опорных изолятора 4.
- стержней 5 и планок 6 крепления;
- выходных шин 7, 8
- крепеж для подключения (два болта с гайками на каждойшине) 9

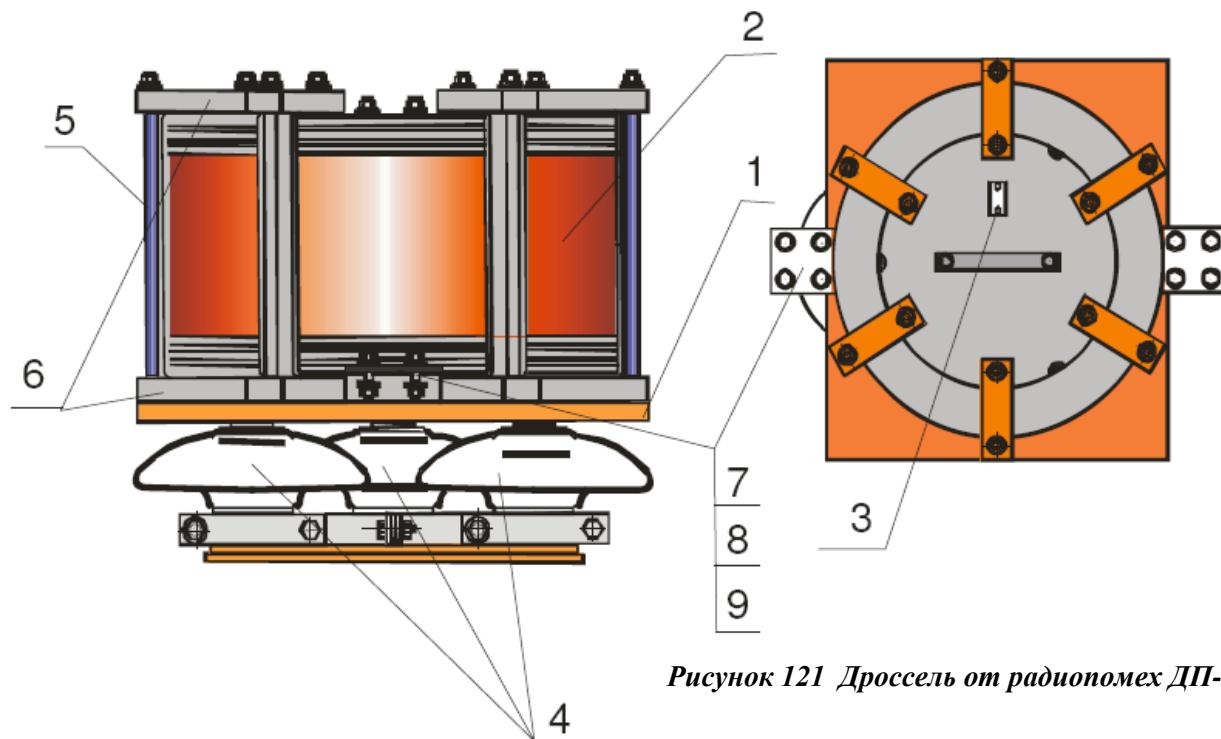


Рисунок 121 Дроссель от радиопомех ДП-63

Работа дросселя основана на принципе понижающего трансформатора снижающего броски напряжения, возникающие при нарушении контакта между токоприёмником и контактным проводом электровоза.

6.13. Индуктивный шунт ИШ83

Шунты предназначены для уменьшения бросков тока и улучшения коммутации тяговых двигателей при переходных процессах с ослабленным возбуждением в режиме тяги.

Структура условного обозначения шунта имеет вид: ИШ-83-ХХ-У2

где ИШ - индуктивный шунт:

ХХ - обозначение серии (или отсутствие цифр, или 01); 83 - тип шунта;

У - климатическое исполнение;

2 - категория размещения по ГОСТ 15150.

Шунты устанавливаются внутри кузова электровоза.

Шунты должны быть работоспособными при эксплуатации в следующих условиях:

- при температуре окружающего воздуха от минус 60 °C до плюс 60 °C;
- при относительной влажности воздуха 100 %, и температуре плюс 25°C, не более:
- при механических воздействиях вибрации с частотой от 10 до 100 Гц при ускорении 9,8 м/с² (1 g), не более, и воздействии одиночных ударов в горизонтальном направлении при ускорении 29,4 м/с² (3 g) и длительностью от 2 до 20 мс;
- после воздействия инея с последующим оттаиванием и росы;
- при высоте над уровнем моря 1300 м, не более.

Основные технические данные аппарата приведены в таблице 17

Таблица 17 Основные параметры индуктивного шунта ИШ-83

4	Индуктивность при токе 100 А. мГн	8,5+0,85	16+1,6
5	Индуктивность при токе 340 А. мГн	6+0,6	12+1,2
6	Электрическое сопротивление катушки постоянному току при 20°C	0,0075 ...0,0086	0,0075 ...0,0086
7	Охлаждение	воздушное, естественное	воздушное. естественное
8	Масса, кг	900	900

Продолжение таблицы 17

9	Габаритные размеры, мм	886x890x385	886x890x385
	Наименование параметра		Значение
		ИШ-83Р	ИШ-83-01Р
1	Сопротивление изоляции не менее, МОМ	150	150
2	Номинальное напряжение изоляции, В	3000	3000
3	Ток продолжительного режима, А	340	340

В данной таблице указаны индуктивные шунты ИШ-83Р, не имеющие перемычек между витками катушек и шунты ИШ-83-1Р, с перемычками между витками катушек

Схема индуктивного шунта приведена на рисунке 122

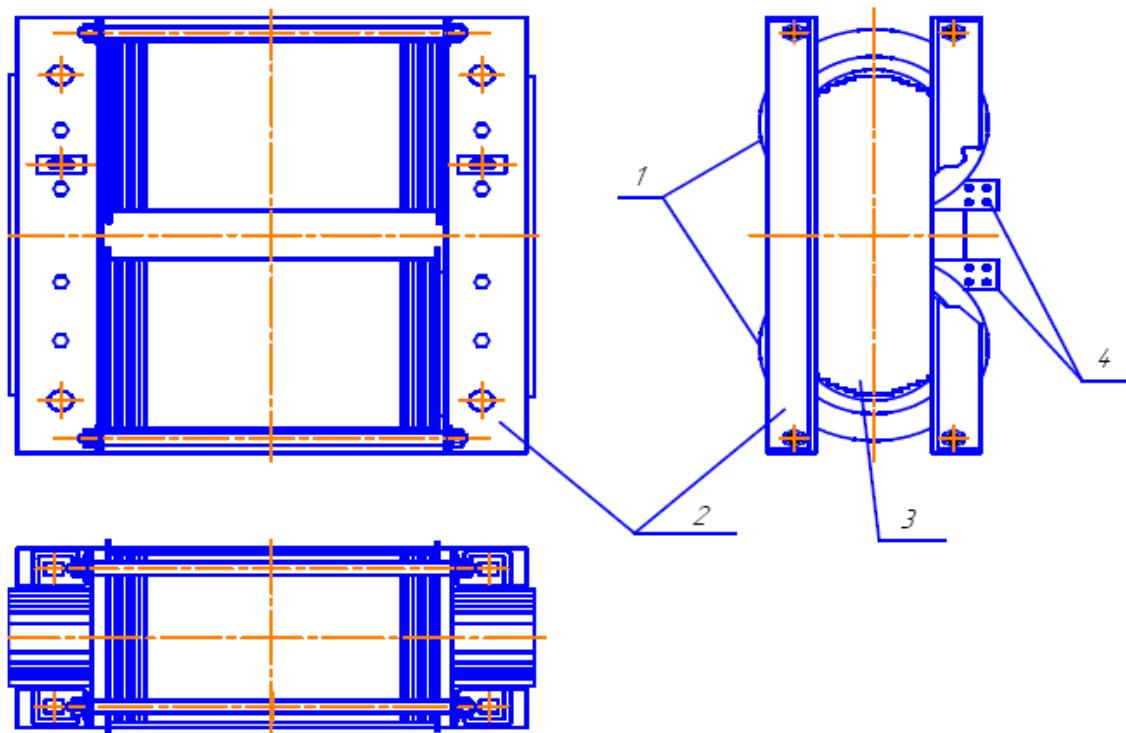


Рисунок 122 Схема индуктивного шунта ИШ-83

Шунт состоит из следующих основных узлов:

- магнитопровод - 4 шт.;

- катушка - 2 шт. 1;
- ярмо - 2 шт. (2.).

Шунт состоит из двух катушек, 1 внутри каждой катушки вставлены по два магнитопровода, разделенные прокладкой из немагнитного материала. С торцевых сторон катушек установлены два ярма 2, стягивающие магнитопроводы.

На каждом ярме приварены кронштейны для дополнительного крепления шунта. Катушки закреплены на магнитопроводе посредством клиньев 3. Подключение шунта осуществляется через шины, приваренные к крайним виткам катушек 4.

Работа индуктивного шунта. Индуктивный шунт защищает электровоз при следовании в режиме ослабления поля. При отрыве полоза токоприемника от контактного провода или при резких бросках напряжения в контактной сети сопротивление обмоток возбуждения тяговых двигателей резко увеличивается (к активному сопротивлению добавляется возникшее индуктивное сопротивление). При отсутствии индуктивного шунта ток через обмотки возбуждения тяговых двигателей резко уменьшился бы. Возникло бы глубокое ослабление поля, что привело бы к образованию кругового огня на коллекторе тягового двигателя. Наличие индуктивного шунта, включенного последовательно с резистором ослабления поля, заставляет ток протекать пропорционально по резистору ослабления поля и обмотке возбуждения тягового двигателя.

6.14. Руководство по работе с блоком индикации ВС3641

Блок индикации ВС3641 предназначен для отображения в реальном времени параметров электровоза и микропроцессорной системы управления (МПСУ-007).

Передача информации осуществляется в двух направлениях:

1. МПСУ → машинист (отображение всей информации, собранной МПСУ, о состоянии основных узлов электровоза, выдача аварийных сообщений);
2. Машинист → МПСУ (сброс аварийных сообщений; вызов информационных кадров о состоянии систем и оборудования электровоза).

Включение блока индикации происходит одновременно с включением МПСУ-007 путем включения в ведущей кабине выключателя «МПСУ», расположенного на пульте машиниста.

Структура отображения информации на блоке индикации ВС3641

Всю информацию, необходимую для управления электровозом, отображаемую на БИ, можно представить в виде структуры, выполненной в соответствии с рисунком 31. С целью облегчения работы с информацией применен принцип разбиения информации по кадрам.

По характеру отображаемой информации кадры делятся на:

1. кадры, предназначенные для постоянного использования;
2. диагностические (дополнительные) кадры.

При включении БИ на экране отображается кадр, который называется «Основным», содержащий основную информацию о работе электровоза в данном режиме. В нижней части экрана расположена панель функциональных клавиш (в соответствии с рисунком 123), названия которых поясняют, какую информацию можно просмотреть с их помощью. В диагностических кадрах клавиши могут иметь другое функциональное назначение. Также в нижней части экрана отображается текущее время.

При конкретной реализации микропроцессорной системы МПСУ-007 спроектированный блок управления БУТП-219 на кадрах блока индикации реализован как БУТП, блок управления БУ-266 на кадрах блока индикации реализован как БУО.



Рисунок 123 – Панель функциональных клавиш

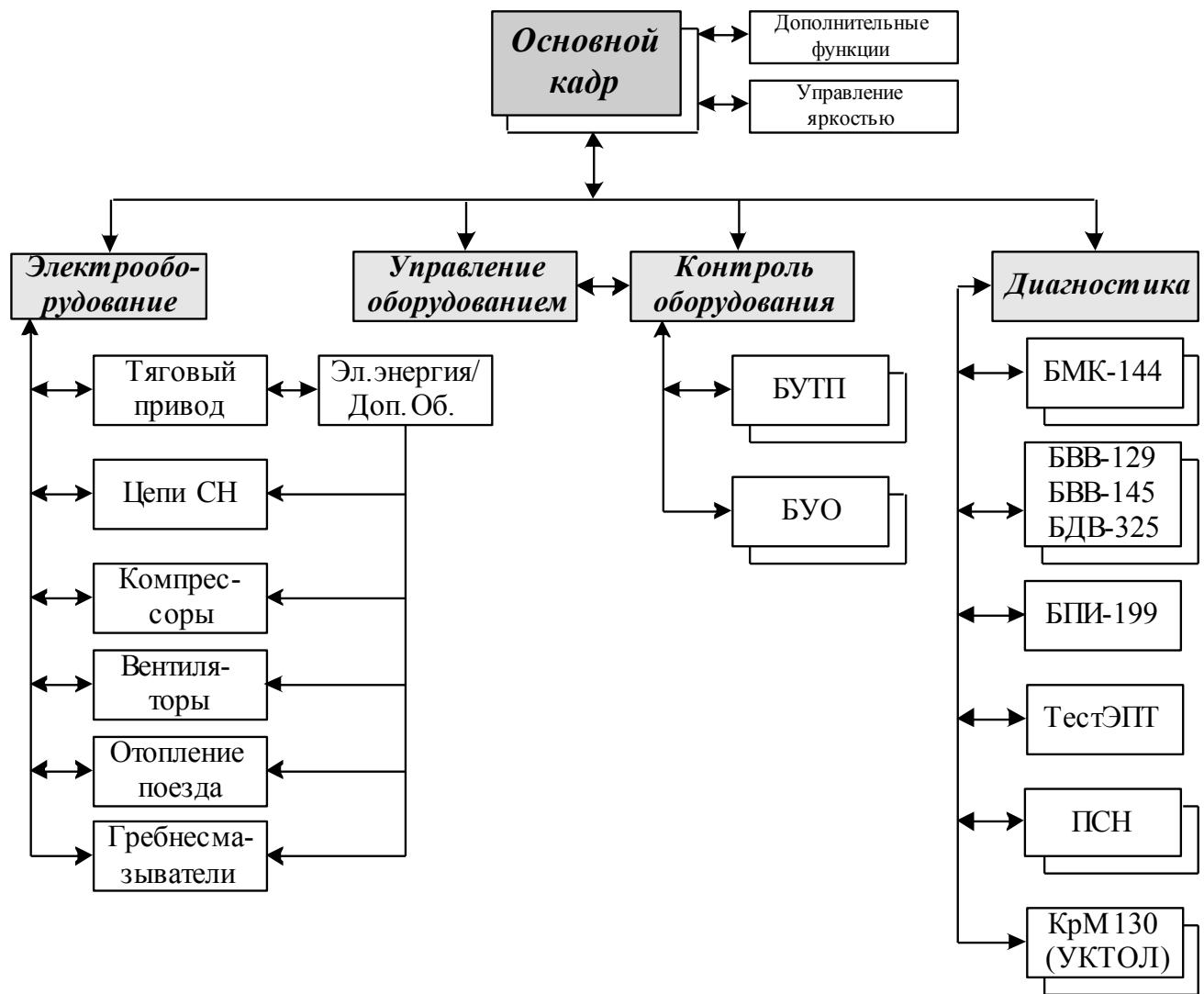


Рисунок 124 – Структура отображения информации на блоке индикации

Для диагностики систем и оборудования используются три основных цвета:

- красный – сигнализирует об отказе, неисправности или сбое в работе системы или оборудования;



- черный – сигнализирует о нормальной работе (включенном состоянии) системы или оборудования;



- серый – сигнализирует о не активном (отключенном) состоянии системы или оборудования.



«Основной кадр»

«Основной» кадр функционально разбит на три зоны (в соответствии с рисунком 32).

Независимо от режима и состояния силовой схемы (постоянно) отображается зона I «Основного» кадра, содержащая:

1) «Контроль оборудования» - оперативная информация о состоянии оборудования и систем:

- «ШП» - отключение (или отказ в работе) шкафа питания А10;
- «ВМ» - авария вспомогательных машин (компрессоры, вентиляторы);
- «ТД» - нулевая позиция (разобрана схема цепей тяговых двигателей) или состояние контакторов в цепи тяговых двигателей не соответствует схеме электровоза для заданной позиции;
- «ОП» - включено отопление поезда;
- «ПС» - пожар;

- «ХП» - установлена ходовая (безреостатная) позиция;
- «КрМ» - отключен/ошибка крана машиниста;
- «ТЦ» - не отпущены тормоза электровоза;
- «ДБ» - боксование или юз;
- «РКЗ» - замыкание на корпус одной из фаз в цепях электромашинных преобразователей;
- «К33» - отключено реле К33;
- «МПСУ» - ошибка в системе управления.

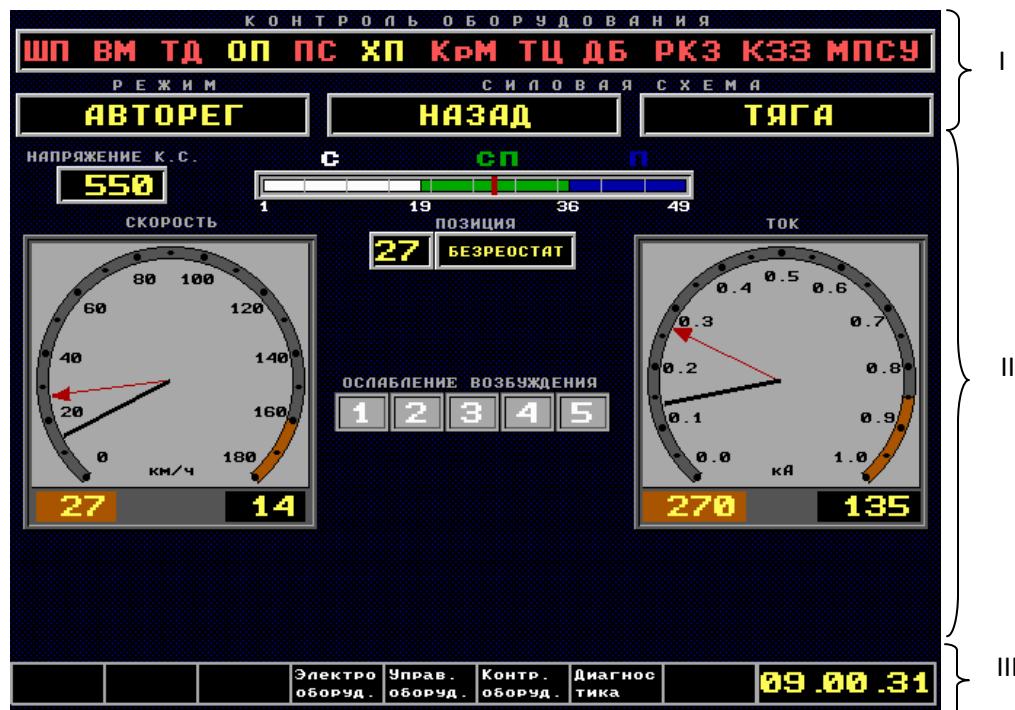


Рисунок 125 – «Основной» кадр

В случае отсутствия связи с обоими блоками (БУТП и БУО) в поле «Контроль оборудования» выводится сообщение: «Нет связи с МПСУ» (в соответствии с рисунком 126).



Рисунок 126 – Аварийное сообщение в случае отсутствия связи с МПСУ

2) «Режим» - заданный режим управления («АВТОРЕГ», «РУЧНОЕ», «МАНЕВРОВЫЙ»);

3) «Силовая схема» - состояние силовой схемы электровоза («ТЯГА» или «ТОРМОЖЕНИЕ», «ВПЕРЕД» или «НАЗАД»).

Данная зона универсальна, не меняет своего положения и постоянно присутствует в «Основных» кадрах.

В зоне II «Основного» кадра представлены:

1) независимо от режима и состояния силовой схемы:

- напряжение контактной сети;
- заданное и фактическое значения скорости движения электровоза;
- заданный ток перехода и фактическое значение тока двигателей;

2) в режиме «ТЯГА» при собранной силовой схеме:

- группировка тяговых двигателей (С, СП или П);
- позиция цепи питания тяговых двигателей с указанием типа (реостатная, безреостатная) и номера (1..49);
- на безреостатных позициях, с появлением возможности включения ослабления возбуждения, появляется информация о состоянии ослабления возбуждения (ступени 1..5).

3) в режиме «ТОРМОЖЕНИЕ» при собранной схеме:

- позиция цепи питания тяговых двигателей с указанием типа (реостатная, безреостатная) и номера (1..3);
- ток возбуждения;
- заданное и фактическое значения силы торможения.

В зоне III «Основного» кадра расположены клавиши, с помощью которых осуществляется переход в дополнительные кадры, и текущее время.

В случае отсутствия связи с МПСУ возможен просмотр только диагностической и справочной информации по клавишам «7» «Диагностика». При попытке просмотра информации по остальным клавишам на экране отображается информационное окно с сообщением об отсутствии связи (в соответствии с рисунком 127).

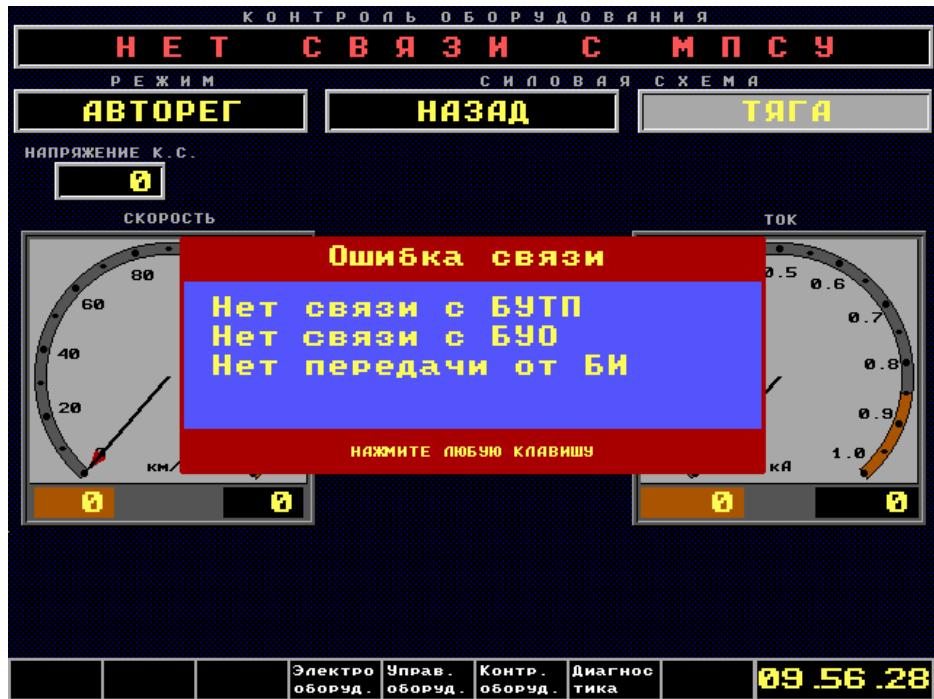


Рисунок 127 – Информационное окно в случае отсутствия связи с МПСУ

Раздел «Диагностика электрооборудования»

«Электрооборудование» содержит следующие кадры:

- «Тяговый привод»;
- «Электроэнергия/Дополнительное оборудование»;
- «Цепи собственных нужд»;
- «Компрессоры»;
- «Вентиляторы»;
- «Отопление поезда»;
- «Гребнесмазыватели».

Кадр «Тяговый привод»

При нажатии в основном кадре клавиши «4» «Электрооборуд.» на экране отображается кадр «Тяговый привод» (в соответствии с рисунком 128), содержащий информацию:

- группировка и позиции тяговых двигателей;
- напряжение контактной сети;

- значение заданного тока перехода;
- значения тока каждой пары тяговых двигателей;
- значение заданной скорости электровоза;
- значения фактической скорости первой и последней колесной пары;
- значения напряжения каждого тягового двигателя;
- значение тока возбуждения;
- ступени ослабления возбуждения (1..5);
- информация об отключенных тяговых двигателях и блоков пуско-тормозных резисторов.

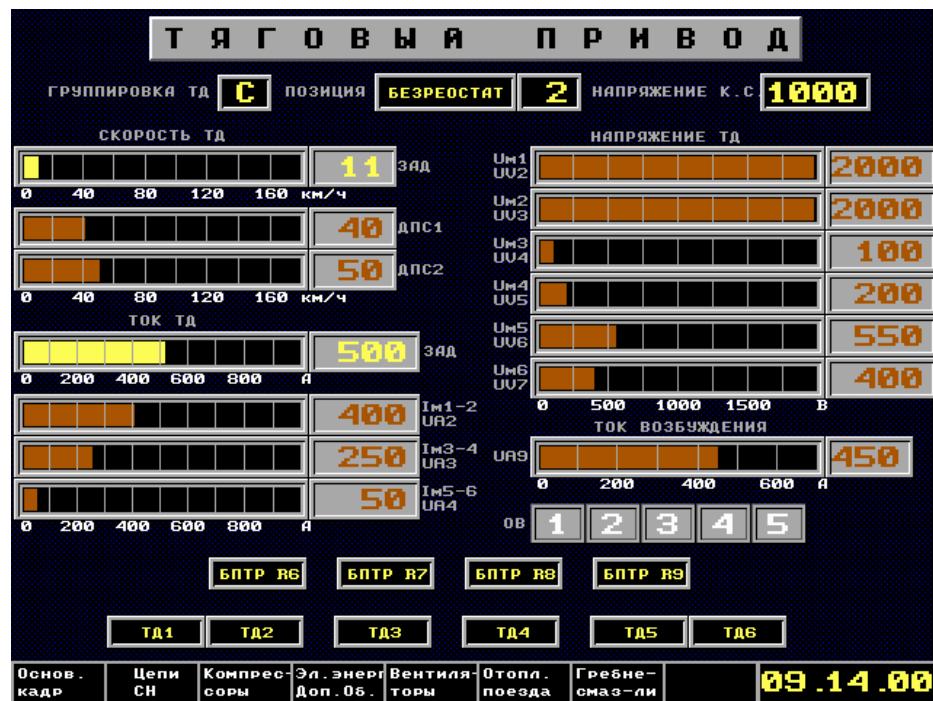


Рисунок 128 – Кадр «Электрооборудование – Тяговый привод»

В нижней части экрана расположены ряд клавиш, названия которых поясняют, в какой кадр «Диагностики электрооборудования» можно перейти с их помощью.

Кадр «Электроэнергия/Дополнительное оборудование»

Переход в кадр «Электроэнергия/Дополнительное оборудование» возможен только из кадра «Тяговый привод» нажатием клавиши «4»

«Эл.энерг/Доп.Об.». При этом на экран выводится следующая информация (в соответствии с рисунком 129):

1. расход электроэнергии:
 - - на тягу, МВт;
 - - на собственные нужды, кВт;
 - на отопление поезда, кВт;
 - общий расход электроэнергии, Мвт.

2. Дополнительное оборудование:

- информация о состоянии вентиляторов М7-М10;
- ток двигателей вентиляторов М7-М10;
- ток цепи отопления поезда;
- ток цепи вспомогательных машин.

Из кадра «Электроэнергия/Дополнительное оборудование» возможен переход в остальные кадры раздела «Электрооборудование» с помощью соответствующих клавиш, а также выход в «Основной» кадр.

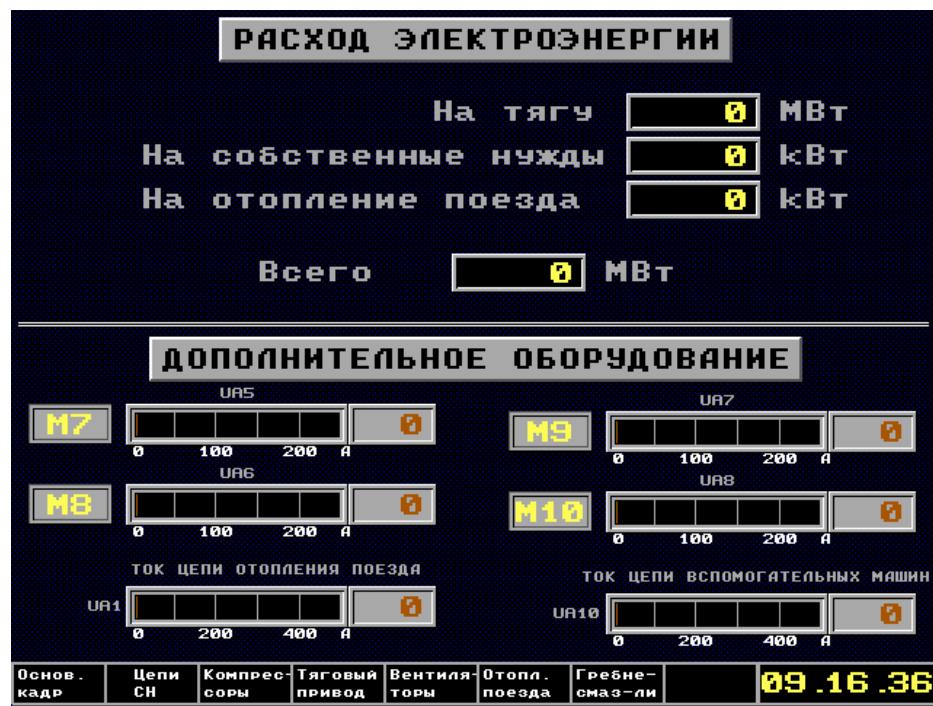


Рисунок 129 – Кадр «Электроэнергия/Дополнительное оборудование»

Д.3.3 Кадр «Цепи собственных нужд»

При нажатии в кадре «Электрооборуд.» клавиши «2» «Цепи СН» переходим в кадр диагностики цепей собственных нужд (в соответствии с рисунком 130), в котором отображается детальная информация о состоянии и цепей собственных нужд:

- состоянии контакторов включения ПСН – К7 и К8;
- состояние АИН1 ПСН1(А5) и ПСН2(А6);
- информация о состоянии шкафа питания и способе подключения его к ПСН (штатная/резервная схема);
- состояние цепей подключения нагрузки 380В к ПСН(штатная/резервная схема).

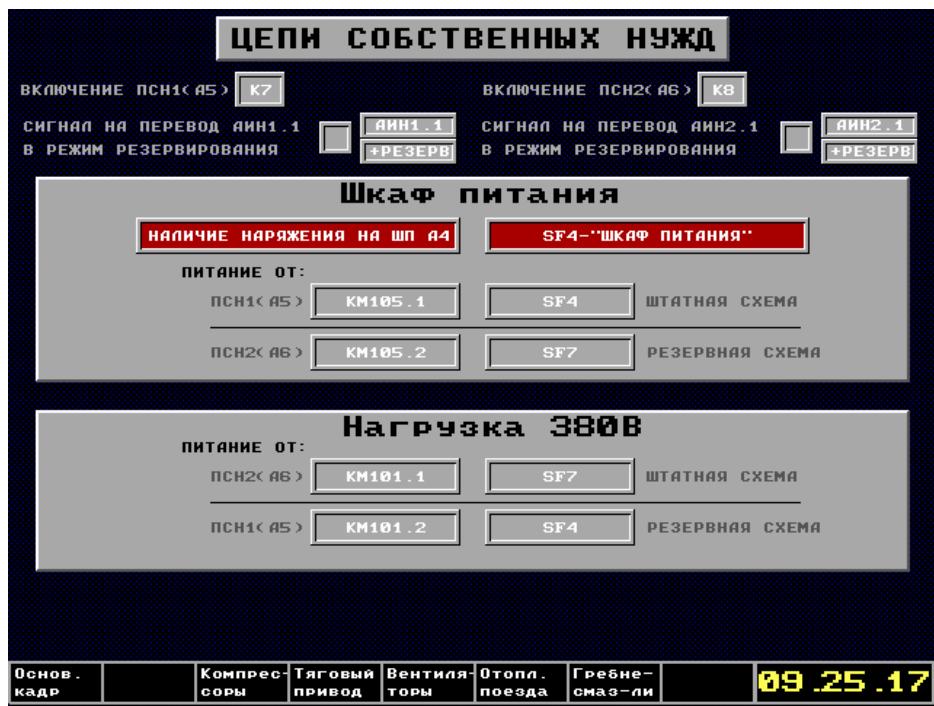


Рисунок 130 – Кадр «Цепи собственных нужд»

Д.3.4 Кадр «Компрессоры»

При нажатии в кадре «Электрооборуд.» клавиши «3» «Компрессоры» переходим в кадр контроля диагностики компрессоров (в соответствии с

рисунком 131), в котором отображается детальная информация об условиях включения и о состоянии компрессоров:

- состояние АИН2 ПСН1(А5) и ПСН2(А6);
- вентиля осушки воздуха Y9;
- тумблера «S17 – Компрессоры 1, 2»
- суммарного признака о состоянии компрессоров 1 и 2;
- тумблеров «S15- Компрессор 1» и «S16 - Компрессор 2»;
- контакторов КМ90, КМ91;
- реле перегрузки КК4 и КК5.

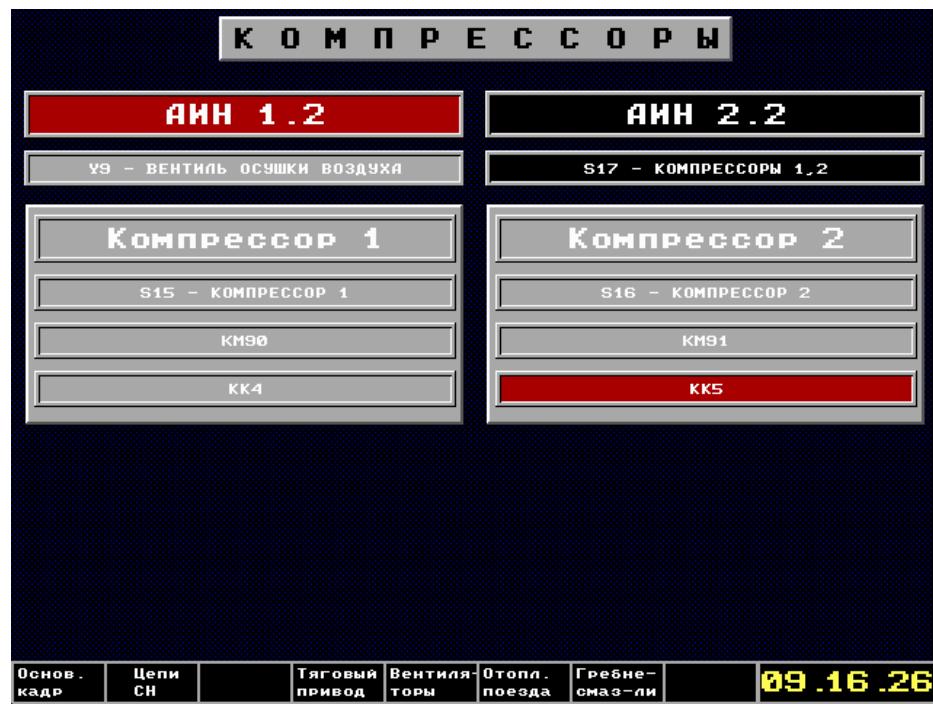


Рисунок 131– Кадр «Компрессоры»

Д.3.5 Кадр «Вентиляторы»

При нажатии в кадре «Электрооборуд.» клавиши «5» «Вентиляторы» переходим в кадр диагностики вентиляторов (в соответствии с рисунком 132), в

котором отображается детальная информация об условиях включения и о состоянии вентиляторов:

- вентиля для открытия жалюзи Y8;
- контактов блокировок жалюзи SQ5/SQ6 и SQ7/SQ8;
- суммарного признака о состоянии вентиляторов 1 и 2;
- тумблеров «S18 - Вентилятор 1» и «S19 - Вентилятор 2»;
- схемы питания вентиляторов 1 и 2 (штатное, резервное или внешнее);
- заданная и фактическая частота работы вентиляторов;



Рисунок 132 – Кадр «Вентиляторы»

- реле перегрузки KK1, KK2;
- состояние вентиляторов фильтров (мультициклоны) (контакторы KM108 и KM109, KM112 и KM113).

В описываемом кадре имеется возможность включения и отключения контроля за открытием жалюзи и срабатыванием блокировок SQ5/SQ6, SQ7/SQ8. При нажатии клавиши «5» происходит включение либо отключение контроля открытия жалюзи.

Кадр «Отопление поезда»

При нажатии в кадре «Электрооборуд.» клавиши «6» «Отопл.поезда» переходим в кадр «Отопление поезда» (в соответствии с рисунком 133), в котором отображается детальная информация об условиях включения и о состоянии схемы отопления поезда:

- состояние переключателей «Отопление поезда» SA7(1) и SA7(2);

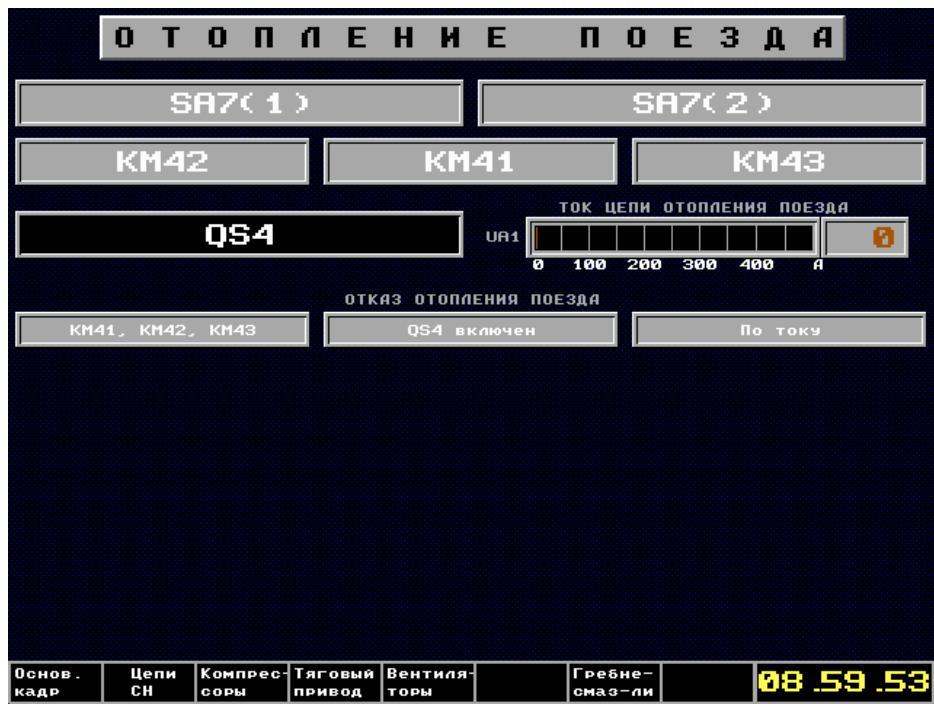


Рисунок 133 – Кадр «Отопление поезда»

- контакторов силовой схемы KM41, KM42 и KM43;
- переключателя QS4;
- информация о токе цепи отопления поезда;
- возможная причина отказа (отказ контакторов KM41, KM42 и KM43; включен переключатель QS4; отключение по току).

Кадр «Гребнесмазыватели»

При нажатии в кадре «Электрооборуд.» клавиши «7» «Гребнесмаз-ли» переходим в кадр контроля и диагностики гребнесмазывателей (в соответствии с рисунком 134), в котором отображается информация:

- 1) о состоянии электропневматических вентилей форсунок Y18, Y19;
- 2) об ограничении на использование гребнесмазывателей:

- по скорости (при $V < 20$ км/ч);
- при применении пневматического тормоза (контакты SP11, SP12 и SP13);
- при включении песочниц (электропневматические вентили Y14...Y17);

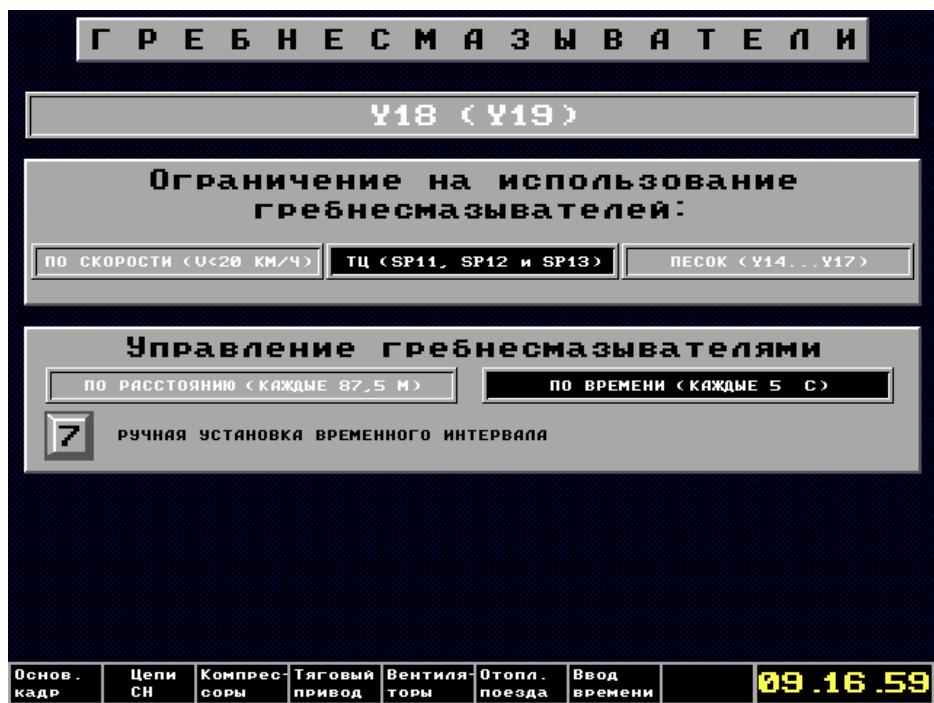


Рисунок 134 – Кадр «Гребнесмазыватели»

- 3) об управлении гребнесмазывателями:

- по расстоянию (через каждые 87,5 м);
- по времени (через каждые 5...30 с).

Предусмотрена возможность программирования периодичности подачи напряжения на электропневматические вентили Y18, Y19 в зависимости не от пройденного пути, а от прошедшего времени (в пределах 5-30 с) от момента

предыдущей подачи напряжения. Для этого необходимо нажать клавишу «7» и в появившемся окне ввести значение времени (в соответствии с рисунком 135).

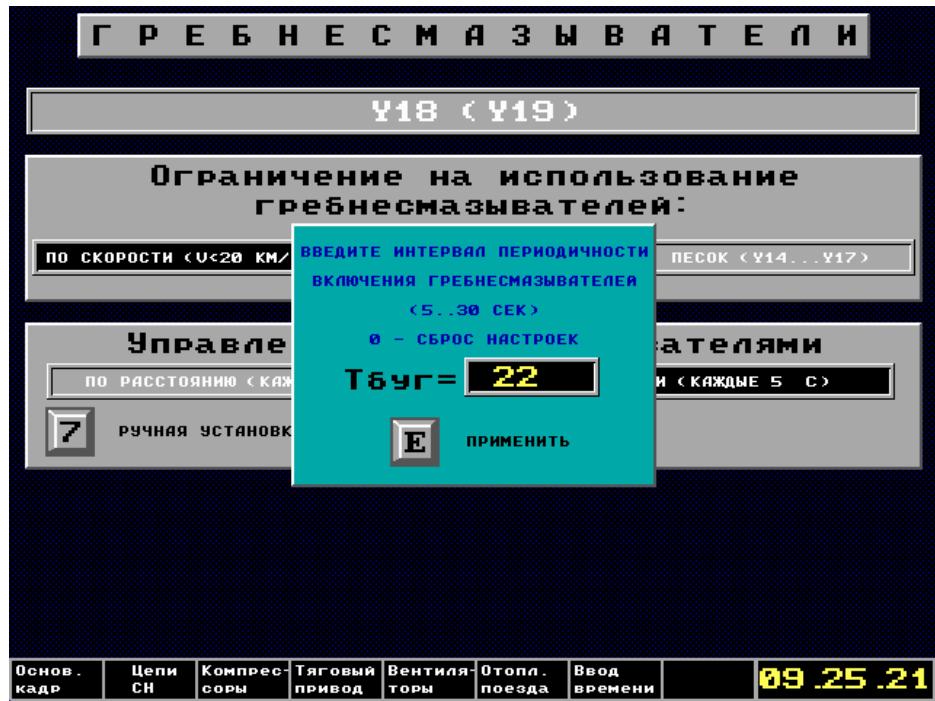


Рисунок 135 – Кадр «Гребнесмазыватели» ввод значения времени

Раздел «Управление оборудованием»

При нажатии в «Основном» кадре клавиши «5» «Управ. оборуд.» на экране отображается кадр «Управление оборудованием» содержащий информацию о выдаче аппаратурой МПСУ (блоками БУО и БУТП) сигналов управления оборудованием электровоза (в соответствии с рисунком 136). В кадре «Управление оборудованием» отображается следующая информация:

- «САУТ-тяга» - информация в САУТ о наличии режима тяги (собрана силовая схема и ток ТД более 100 А);
- «САУТ-торможение» - информация в САУТ о наличии режима электрического торможения (собрана силовая схема и ток ТД более 100 А);
- «Y12/Y13 - Тифоны» - подача напряжения на электропневматические вентили тифонов;

- «Песочницы» - подача напряжения на электропневматические вентили песочниц (Y14...Y17);
- «КМ104-Вкл. ПВИ(U1)» - включение импульсного преобразователя возбуждения U1;
- «U1-KM1-Нач.возб ТД» - задание начального возбуждения ТД;
- «U1 – Вост. защиты» - сигнал на восстановление защиты преобразователя возбуждения;
- «HA1/HA2 - Свисток» - подача напряжения на электропневматический свисток;
- «K33 – МПСУ готова» - подача напряжения на катушку контактора K33;
- «Уд. катушка QF1» - подача напряжения на удерживающую катушку быстродействующего выключателя;

БУТП	УПРАВЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЕМ	БУО
САУТ-тяга	Вперед (QP1, QP2)	
САУТ-торможение	Назад (QP1, QP2)	
Y12/Y13 – Тифоны	Тяга (QT1...QT3)	
Песочницы	Торм. (QT1...QT3)	
КМ104-Вкл. ПВИ(U1)		
U1-KM1-Нач.возб ТД	У1 – Блокировка ПТ	
U1 – Вост. защиты	У2 – Замещение ЭТ	
HA1/HA2 – Свисток	У3 – Ускор. торм.	
K33 – МПСУ готова	K5 – ЭПТ – "Торм."	
Уд. катушка QF1	K4 – ЭПТ – "Пер."	
Основ. кадр	Контр. оборуд.	15.49.48

Рисунок 136 – Кадр «Управление оборудованием»

- «Вперед (QP1, QP2)», «Назад (QP1, QP2)» - подача напряжения на катушки реверсивных переключателей;

- «Тяга (QT1...QT3)», «Торм. (QT1...QT3)» - подача напряжения на катушки тормозных переключателей;
- «Y1 – Блокировка ПТ» - подача напряжения на катушку электроботкировочного клапана пневматического тормоза;
- «Y2 – Замещение ЭТ» - подача напряжения на вентиль замещения электрического тормоза;
- «Y3 – Ускор. торм.» - подача напряжения на вентиль ускоренного торможения;
- «K5 – ЭПТ – «Торм.» - подача напряжения на реле K5 (торможение) электропневматического тормоза;
- «K4 – ЭПТ – «Пер.» - подача напряжения на реле K4 (перекрыша) электропневматического тормоза.

В случае отсутствия связи с одним из блоков индикатор с его названием подсвечивается красным цветом.

Если по какой либо причине при включении МПСУ не включился контактор K33, то в описываемом кадре имеется возможность, при нажатии клавиши «5», подачи сигнала на включение этого контактора.

Из описываемого кадра возможен переход в кадр «Контроль оборудования» - клавиша «6», либо возврат в «Основной» кадр - клавиша «1».

Раздел «Контроль оборудования»

При нажатии в «Основном» кадре или кадре «Управление оборудованием» клавиши «6» «Контр. оборуд.» отображается кадр «Контроль оборудования» содержащий информацию о состоянии оборудования. Информация о состоянии оборудования сгруппирована по блокам, на которые приходят дискретные сигналы от релейно-контактной схемы электровоза. При переходе к кадру «Контроль оборудования» изначально отображается информация о сигналах приходящих на БУТП (рисунок Д.15, Д.16). Переключение между блоками осуществляется клавишами «2» - БУТП и «3» - БУО. Для продолжения просмотра информации о состоянии оборудования БУТП или БУО необходимо нажать клавишу «7» «След. кадр» или «↑», «↓».

В случае отсутствия связи с одним из блоков индикатор с его названием подсвечивается красным цветом. При этом просмотр информации о состоянии оборудования этого блока невозможен. При попытке просмотра информации по этому блоку на экране отображается информационное окно с сообщением об отсутствии связи с требуемым блоком.

Из описываемого кадра возможен переход в кадр «Управление оборудованием» - клавиша «5», либо возврат в «Основной» кадр - клавиша «1».

Контроль оборудования – БУТП-219

В кадре «Контроль оборудования», блок БУТП-219, (в соответствии с рисунком 137) отображается следующая информация:

- «Выкл. 1-2ТД» - отключен 1-й и 2-й ТД;
- «Выкл. 3ТД» - отключен 3-й ТД;
- «Выкл. 4ТД» - отключен 4-й ТД;
- «Выкл. 5-6ТД» - отключен 5-й и 6-й ТД;
- «Выкл. R6 БПТР» - отключен блок пуско-тормозных резисторов R6;
- «Выкл. R7 БПТР» - отключен блок пуско-тормозных резисторов R7;
- «Выкл. R8 БПТР» - отключен блок пуско-тормозных резисторов R8;
- «Выкл. R9 БПТР» - отключен блок пуско-тормозных резисторов R9;
- «КМ в «Тяга» - контроллер машиниста в положении «Тяга»;
- «КМ в «ПТ»,«Тормож» - контроллер машиниста в положении «Торможение»;
- «Вперед (QP1, QP2)», «Назад (QP1, QP2)» - положение реверсивных переключателей;
- «Тяга (QT1...QT3)», «Торм. (QT1...QT3)» - положение тормозных переключателей;
- «КМ в «0» или «КМ в «ПТ»,«Тормоз» или «КМ в «ФП» или «КМ в «Н» или «КМ в «С» - положение ручки контроллера машиниста;
- «КМ ОВ в «0» или «КМ ОВ в «Н» или «КМ ОВ в «С» - положение переключателя ступеней ослабления поля;
- «АВТ. Н/С» - состояние тумблера «Автоматический Н/С»;
- «Реостат.торможение» - состояние тумблера «Реостатное торможение»;
- «Авар.торможение» - состояние выключателя «Аварийное торможение»;

- «САУТ – Снятие тяги» - сигнал от САУТ на снятие тяги.

БУТП	КОНТРОЛЬ ОБОРУДОВАНИЯ	Б90
Выкл. 1-2ТД	Вперед (QP1, QP2)	
Выкл. 3ТД	Назад (QP1, QP2)	
Выкл. 4ТД	Тяга (QT1...QT3)	
Выкл. 5-6ТД	Торм. (QT1...QT3)	
Выкл. Я6 БПТР	КМ в "С"	
Выкл. Я7 БПТР	КМ ОВ в "0"	
Выкл. Я8 БПТР	Авт. Н/С	
Выкл. Я9 БПТР	Реостат. торможение	
КМ в "Тяга"	Авар. торможение	
КМ в "ПТ", "Тормож"	САУТ – Снятие тяги	

Лист 1 из 2

Основ. кадр	БУТП	Б90		Управ. оборуд.		След. лист		15.50.00
----------------	------	-----	--	-------------------	--	---------------	--	-----------------

Рисунок 137 – Кадр «Контроль оборудования», блок БУТП-219

В кадре «Контроль оборудования», блок БУТП-219, (в соответствии с рисунком 138) отображается информация о состоянии силовых контакторов блоков пуско-тормозных резисторов, блоков резисторов ослабления возбуждения, схемы подключения ПВИ U1, схемы перегруппировки двигателей. Так же выводится информация о группировке ТД и установленной позиции.



Рисунок 138 – Кадр «Контроль оборудования», блок БУТП-219

В кадре «Контроль оборудования», блок БУО, (в соответствии с рисунком 139) отображается следующая информация:

- «A4 – «Шкаф питания» - состояние шкафа питания;
- «SF4 – «Шкаф питания» - состояние автомата SF4 «шкаф питания»;
- «ПОЖАР (ПКП А25)» - сигнал о наличии пожара от системы пожаротушения;
- «К31 – «БВ» - состояние выключателя «БВ»;
- «KM126 – Возвр.защиты» - состояние выключателя «Возврат защиты»;
- «K32 – Упр. QF1» - состояние реле K32;
- «Проверка ЦУ» - состояние тумблера «Проверка ЦУ»;
- «K33 – МПСУ готова» - состояние реле K33;
- «QF1 (БВ)» - состояние быстродействующего выключателя;
- «K3 - Контроль» - состояние реле K3;
- «Токоприемники» или «Токоприемник 1» или «Токоприемник 2» или «Токоприемник 1, 2» - состояние токоприемников;
- «Контактная сеть» - сигнал о наличии контактной сети;
- «КЛУБ – снятие тяги» - сигнал от КЛУБ на снятие тяги;

- «Q1 – питание ТД» - сигнал при питании от подкузовной розетки;
- «РКЗ» или «РКЗ – KV1» или «РКЗ – KV2» или «РКЗ – KV1 и KV2» - срабатывание реле контроля земли;
- «K5 – ЭПТ – «Торм.» - состояние реле K5;
- «K4 – ЭПТ – «Пер.» - состояние реле K4;
- «A32-A17» или «A32-A17-Ключ» или «A32-A17-Пневмат» или «A32-A17-Ключ/Пневм» - состояние клапана автостопа (ЭПК) A32-A17;
- «A32-A27» или «A32-A27-Ключ» или «A32-A27-Пневмат» или «A32-A27-Ключ/Пневм» - состояние клапана автостопа (ЭПК) A32-A27.

БУТП	КОНТРОЛЬ ОБОРУДОВАНИЯ	БУО
A4 – "Шкаф питания"	Токоприемник 1, 2	
SF4 – "Шкаф питания"	Контактная сеть	
ПОЖАР (ПКП А25)	КЛУБ – снятие тяги	
K31 – "БВ"	Q1 – питание ТД	
KM126-Возвр. защиты	РКЗ	
K32 – Упр. QF1	K5 – ЭПТ – "Торм."	
Проверка ЦУ	K4 – ЭПТ – "Пер."	
K33 – МПСУ готова	A32-A17	
QF1 (БВ)	A32-A27	
K3 – Контроль		
Лист 1 из 2		
Основ. кадр	БУТП	БУО
	Управ. оборуд.	
	След. лист	
		15.50.09

Рисунок 139 – Кадр «Контроль оборудования», блок БУ-266, лист 1

В кадре «Контроль оборудования», блок БУ-266, лист 2 (в соответствии с рисунком 140) отображается следующая информация:

- «Калориферы» или «K10 – Калорифер 1» или «K19 – Калорифер 2» или «Калориферы K10,K19» - состояние калориферов;
- «Кондиционеры» или «Кондиционер A11-1» или «Кондиционер A11-2» или «КондицA11-1/A11-2» - состояние кондиционеров;
- «KM104-Вкл.ПВИ(U1)» - состояние контактора KM104;
- «Защита ПВИ(U1)» - сигнал о срабатывании защиты ПВИ;

- «SF5-«Депо» - состояние автомата SF5;
- «KM103 – «Депо» - состояние контактора KM103;
- «SB14(1/2) - Песок» - состояние выключателя «Песок»;
- «Песок автомат.» - состояние выключателя «Песок автоматически»;
- «Кабина» или «Кабина 1» или «Кабина 2» или «Кабина 1, 2» - информация из какой кабины ведется управление;
- «Отопление поезда» или «Вкл. ОП - SA7(1)» или «Вкл. ОП - SA7(2)» или «Вкл. ОП - SA7(1/2)» - состояние цепи отопления поезда;
- «QS4 – Отоп.поезда» - состояние разъединителя QS4;
- «SP9» - состояние датчика-реле давления SP9
- «SP10 – Зар. ТМ» - состояние датчика-реле давления SP10;
- «SP11 и SP12 - ТЦ», «SP13 - ТЦ» - сигналы с сигнализаторов давления ТЦ;
- «K11 – Служ. Торм.» - состояние контактора K11;
- «K7» – состояние контактора K7;
- «K8» – состояние контактора K8.

БУТП	КОНТРОЛЬ ОБОРУДОВАНИЯ	БУО
Калориферы	QS4 – Отоп. поезда	
Кондиционеры	SP9	
KM104-Вкл. ПВИ(U1)	SP10 – Зар. ТМ	
Защита ПВИ (U1)	SP11 и SP12 – ТЦ	
SF5 – "Депо"	SP13 – ТЦ	
KM103 – "Депо"	K11 – Служ. торм.	
SB14(1/2) – Песок	K7	
Песок автомат.	K8	
Кабина 1 и 2		
Отопление поезда		

Лист 2 из 2

Основ. кадр	БУТП	БУО	Управ. оборуд.	След. лист	09.17.33
-------------	------	-----	----------------	------------	----------

Рисунок 140 – Кадр «Контроль оборудования», блок БУ-266, лист 2

Раздел «Диагностика»

Диагностика БУТП, БУО

При нажатии в основном кадре клавиши «7» «Диагн. МПСУ.» отображается информация о состоянии канала связи блоков (ошибки связи, наличие связи), входящих в состав МПСУ, версия их программного обеспечения, а также платы соответствующего блока управления (в соответствии с рисунками 141 и 142).

Выбор блока управления осуществляется нажатием клавиши «2» «Выбор БУ».

Выбор платы соответствующего блока осуществляется клавишами «↑» и «↓». При этом выбранная плата подсвечивается желтым цветом. Подробную информацию по каждой плате можно просмотреть, нажав клавишу или «Е» (в соответствии с рисунками 142, 143, 144).

В случае отсутствия связи с одним из блоков просмотр информации о состоянии оборудования этого блока (платы БМК, БВВ) невозможен. При попытке просмотра информации по этому блоку на экране отображается информационное окно с сообщением об отсутствии связи.



Рисунок 141– Кадр «Диагностика МПСУ» БУТП

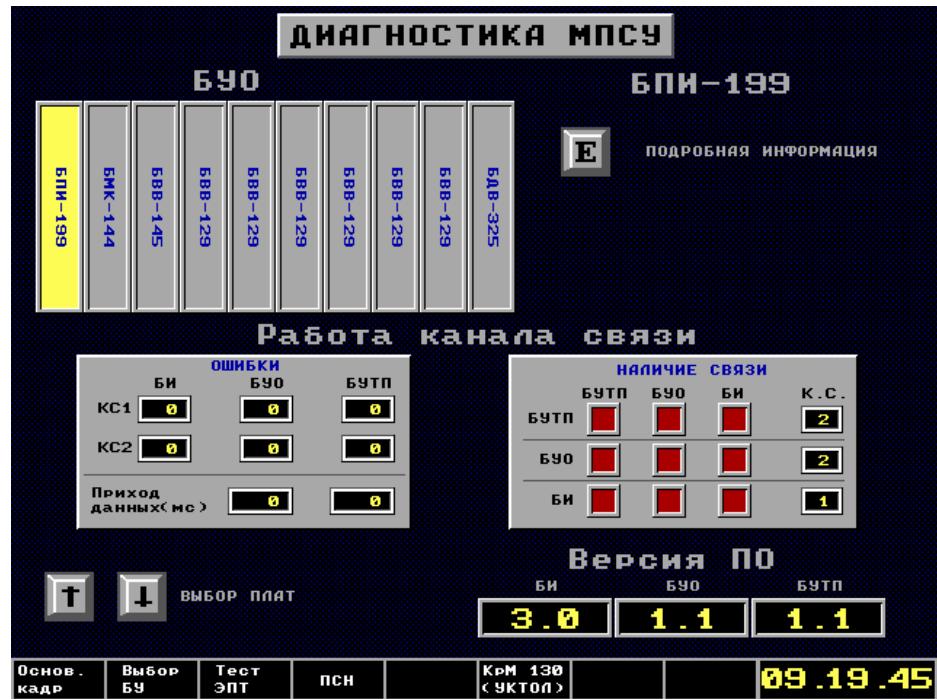


Рисунок 142 – Кадр «Диагностика МПСУ» БУО

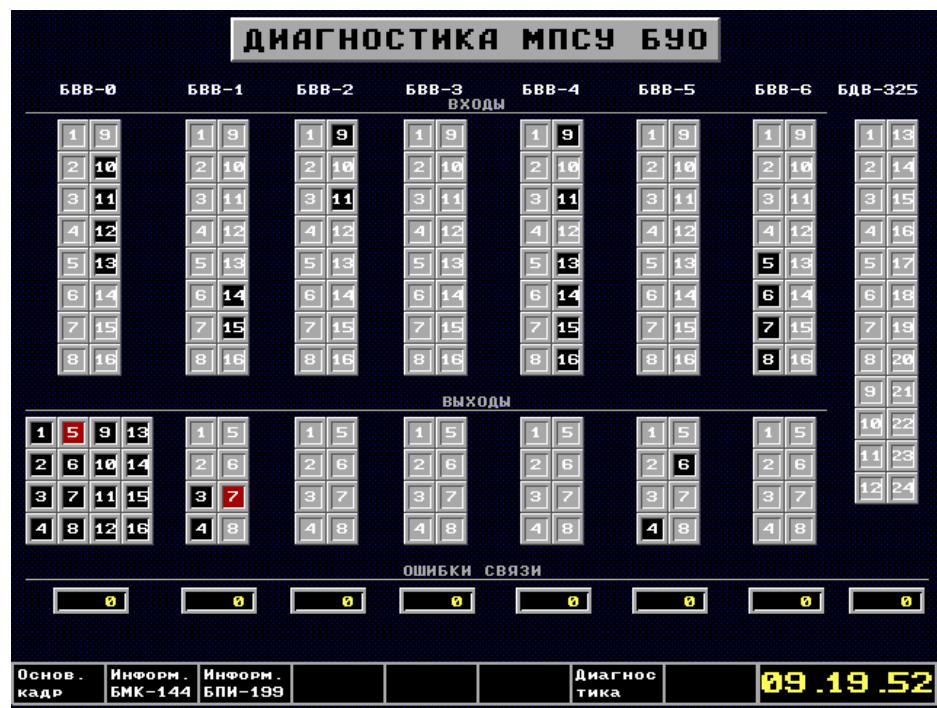


Рисунок 143 – Кадр «Диагностика МПСУ БУО» - информация по БВВ

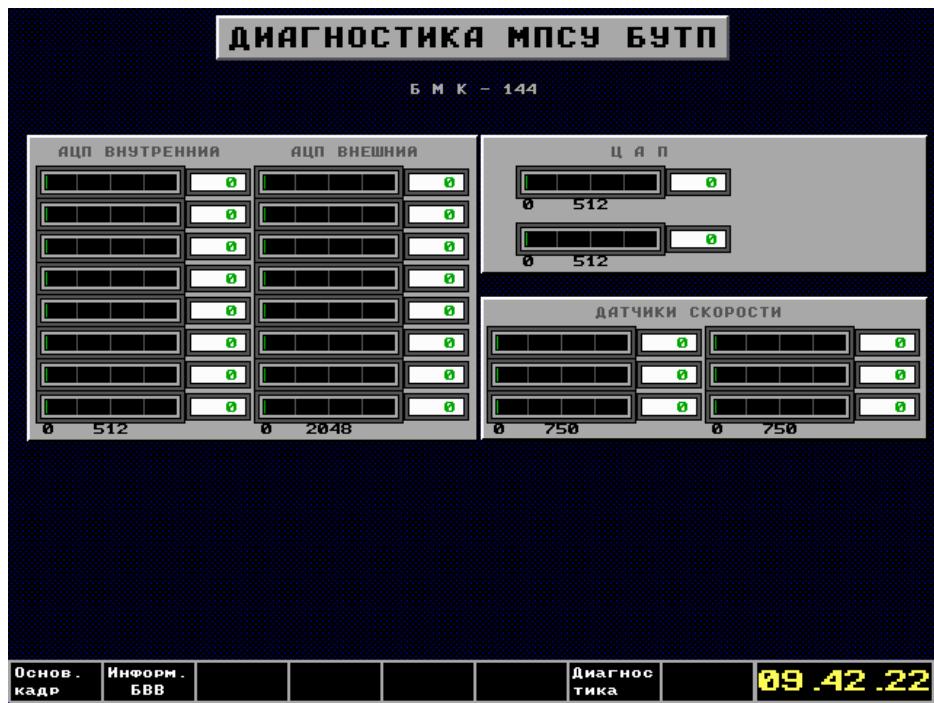


Рисунок 144 – «Диагностика МПСУ БУТП» - информация по БМК

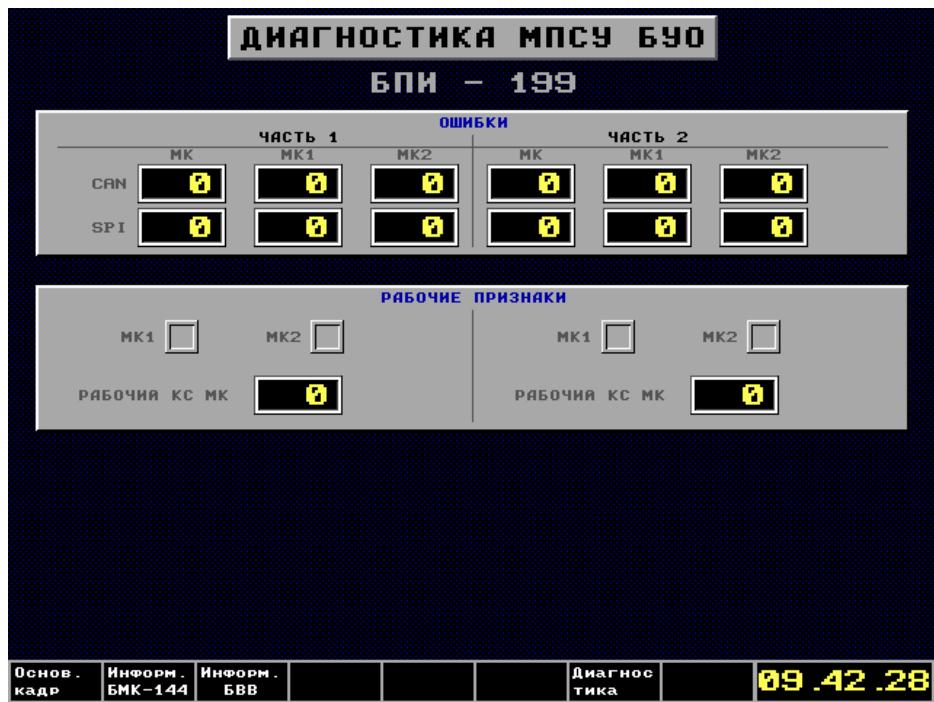


Рисунок 145 – «Диагностика МПСУ БУ-266» - информация по БПИ

Тест электропневматического тормоза ЭПТ

В кадре «Диагностика» возможна проверка работоспособности ЭПТ при выполнении следующих условий: $Vf < 1$ км/ч, $Id = 0$ и КМ в «0». Для этого в кадре

«Диагностика» необходимо нажать клавишу «3» «Тест ЭПТ». На экране дисплея отобразиться кадр теста (в соответствии с рисунком 146). После чего с помощью соответствующих клавиш возможен выбор режима, необходимого для проверки работоспособности ЭПТ (торможение, перекрыша, отпуск).

В случае не выполнения заданных условий ($Vf > 1$ км/ч и/или $Id \neq 0$ и/или КМ не в «0») на экране отображается информационное окно с перечислением не выполненных условий (в соответствии с рисунком 146).

Возврат в кадр общей диагностики МПСУ осуществляется нажатием клавиши «7» «Диагностика». Возврат в «Основной» кадр осуществляется с помощью клавиши «1» «Основной кадр».

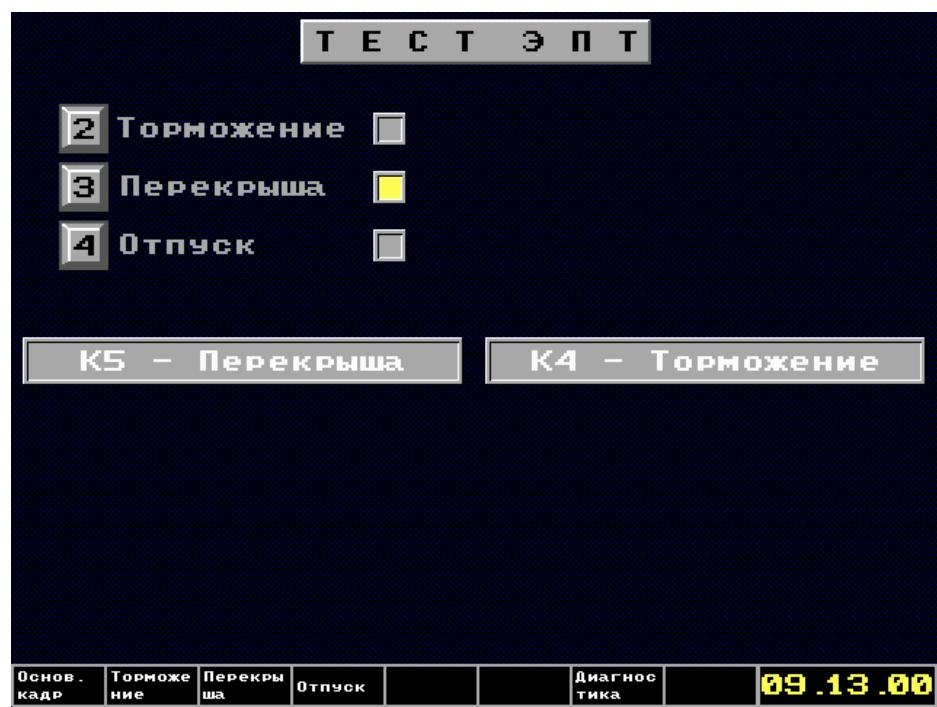


Рисунок 146 – Кадр «Тест ЭПТ»

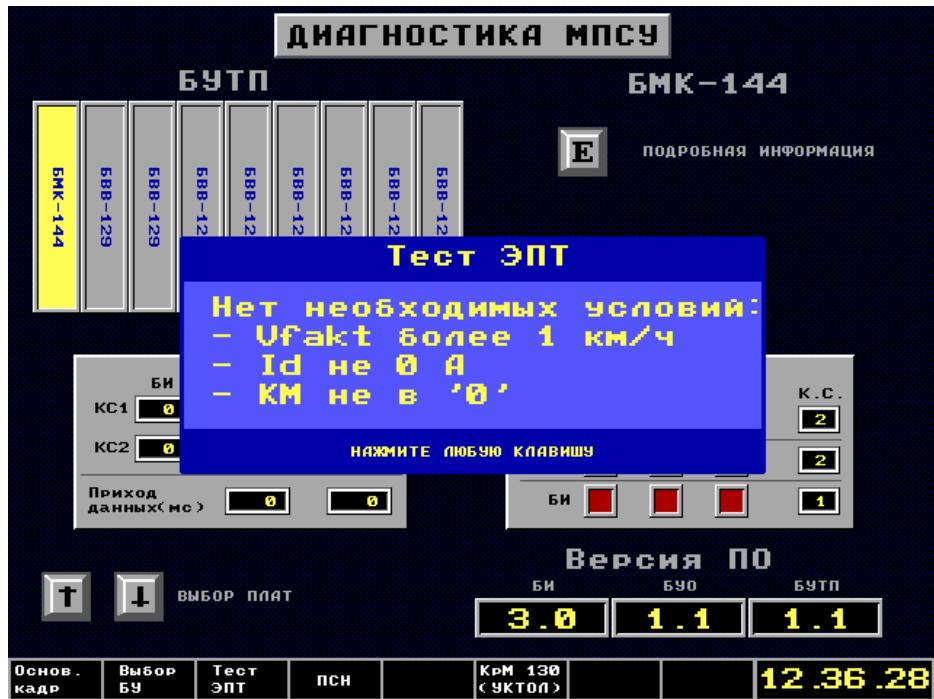


Рисунок 147 – Информационное окно при не выполнении условий для теста ЭПТ

Диагностика преобразователя собственных нужд ПСН

В разделе «Диагностика» возможна проверка работоспособности преобразователей собственных нужд. Для этого в кадре «Диагностика» необходимо нажать клавишу «4» «ПСН». На экране дисплея отобразиться кадр диагностики ПСН (в соответствии с рисунком 148), содержащий следующую информацию:

1. общая информация о ПСН (подогрев, дверной выключатель, кнопка старта и контакторы КМ1...КМ3);
2. информация о высоковольтном понижающем преобразователе ВПП;
 - статус (работа в норме, высокое напряжение подано, ВПП готов к работе);
 - авария/предупреждение (выходное напряжение вне диапазона, ошибка соединения разъемов, авария высоковольтного модуля);
 - электрические параметры (входные и выходные значения тока и напряжения).
3. информация об автономных инверторах напряжения АИН1, АИН2, АИН3;

- статус (работа в норме, разгон, торможение, приостановка торможения, выключен, авария, режим резервирования, перегрузка по току);
- авария/предупреждение (непрерывная защита по току, непрерывное перенапряжение промежуточной шины инвертора, несимметрия фазных токов);
- электрические параметры (значения тока, напряжения и частоты).

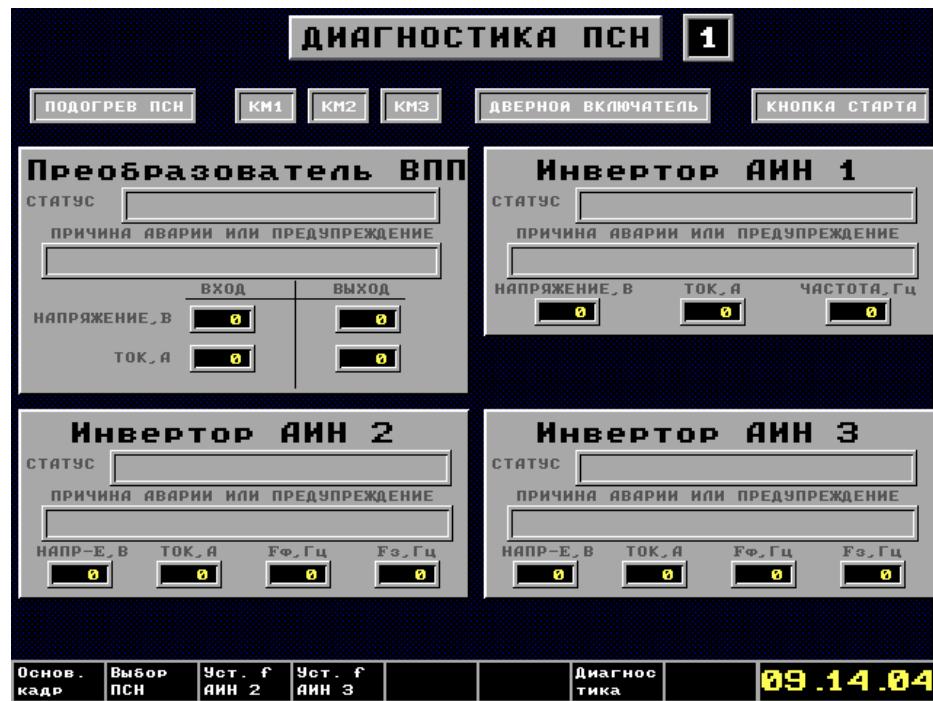


Рисунок 148 – Кадр «Диагностика ПСН»

Для возможности проверки работоспособности ПСН 2 необходимо нажать клавишу «2» «Выбор ПСН».

Существует возможность проверки работоспособности ПСН путем задания частоты с блока индикации с помощью клавиши «3» и «4» – «Уст. f АИН2» и «Уст. f АИН3». При этом необходимо выполнение следующих условий: $V_f = 0$, $I_d = 0$, КМ в «0». В появившемся окне необходимо ввести значение частоты (в соответствии с рисунком 149).

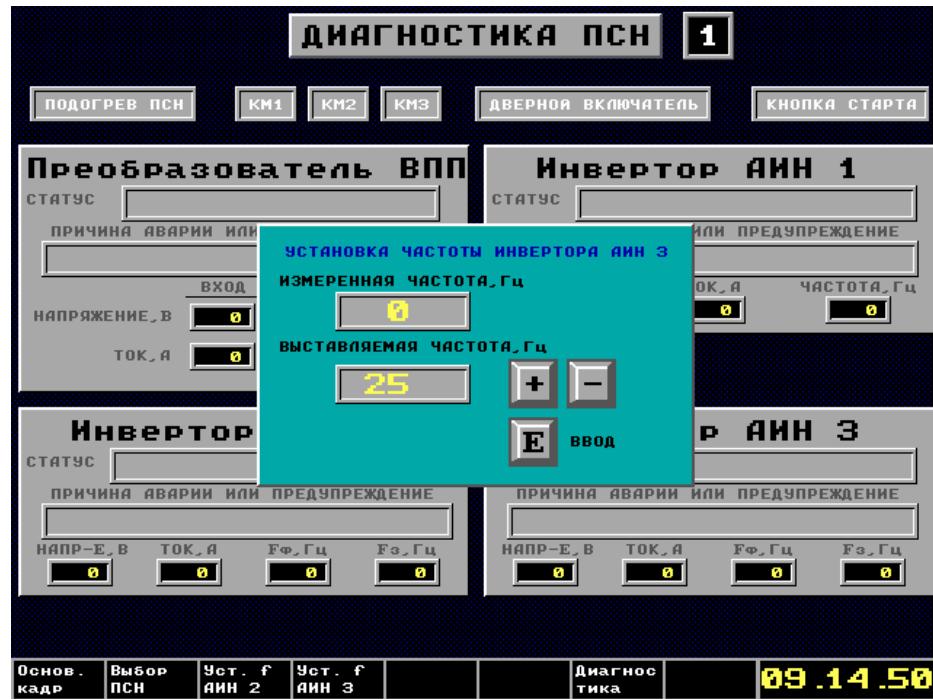


Рисунок 149 – Ввод значения частоты

В случае невыполнения заданных условий ($Vf \neq 0$ и/или $Id \neq 0$ и/или КМ не в «0») на экране отображается информационное окно с перечислением не выполненных условий (в соответствии с рисунком 150).

Возврат в кадр общей диагностики МПСУ осуществляется нажатием клавиши «7» «Диагностика». Возврат в «Основной» кадр осуществляется с помощью клавиши «1» «Основной кадр».

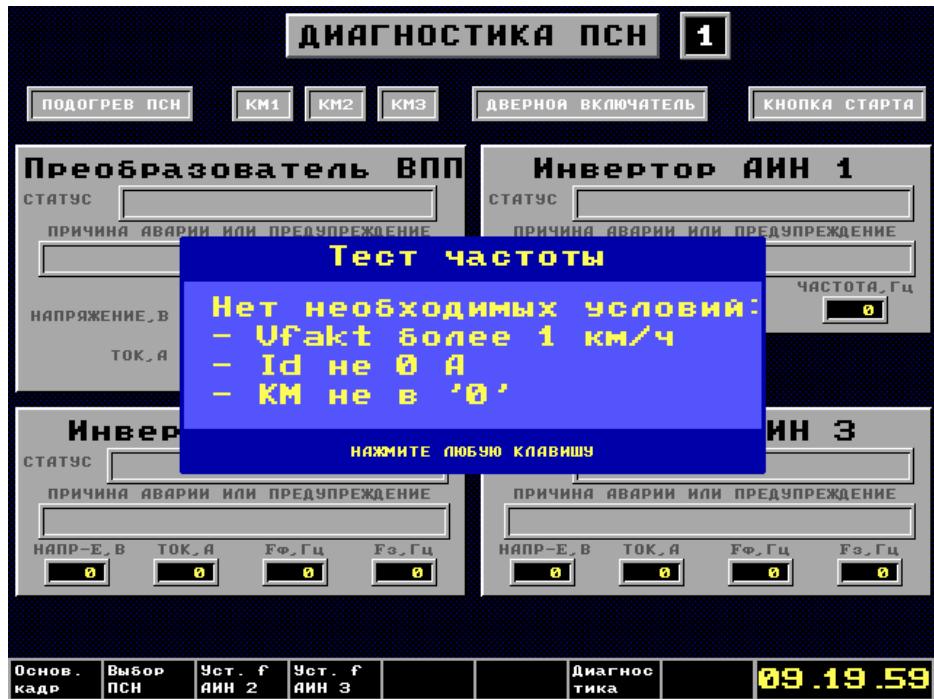


Рисунок 150 – Информационное окно при невыполнении условий для теста частоты

Информация от крана машиниста 130 (УКТОЛ)

В разделе «Диагностика» возможна проверка и контроль работоспособности унифицированного комплекса тормозного пневматического и электропневматического оборудования локомотива (УКТОЛ). Для этого в кадре «Диагностика МПСУ» необходимо нажать клавишу «6» «Крм 130 (УКТОЛ)». На экране дисплея отобразиться кадр состояния КрМ 130 (в соответствии с рисунком 58), содержащий информацию о состоянии КрМ (положение рукоятки КМ, установленная позиция, режим САУТ), информацию от датчиков давления и состояние вентилей.

В данном кадре имеется возможность проверки работоспособности КрМ 130. Клавишей «2» - «Выбор режима» выбирается требуемый режим (позиция) КрМ и задается клавишей «Е» - «Применить». Проверка возможна только при положении рукоятки КМ в положении «Поездное». При повторном нажатии на клавишу «6» отображается второй кадр диагностики КрМ 130 (рисунок 151) на котором отображается информация о готовности КрМ к работе: ошибки обмена и интегральные ошибки.

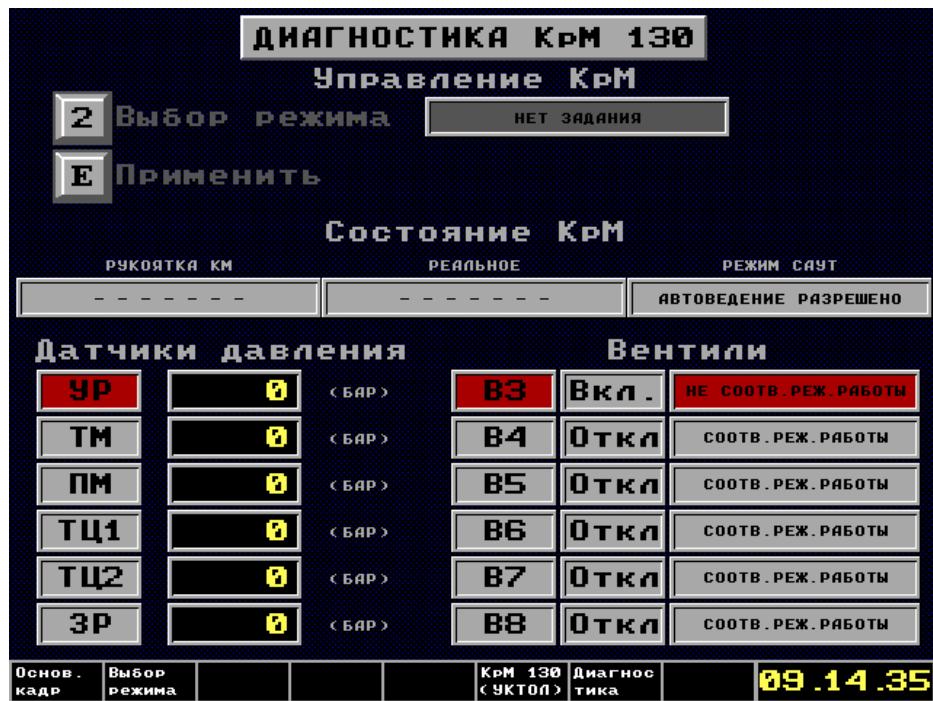


Рисунок 151 – Кадр «Диагностика КрМ 130 (УКТОЛ)», лист 1

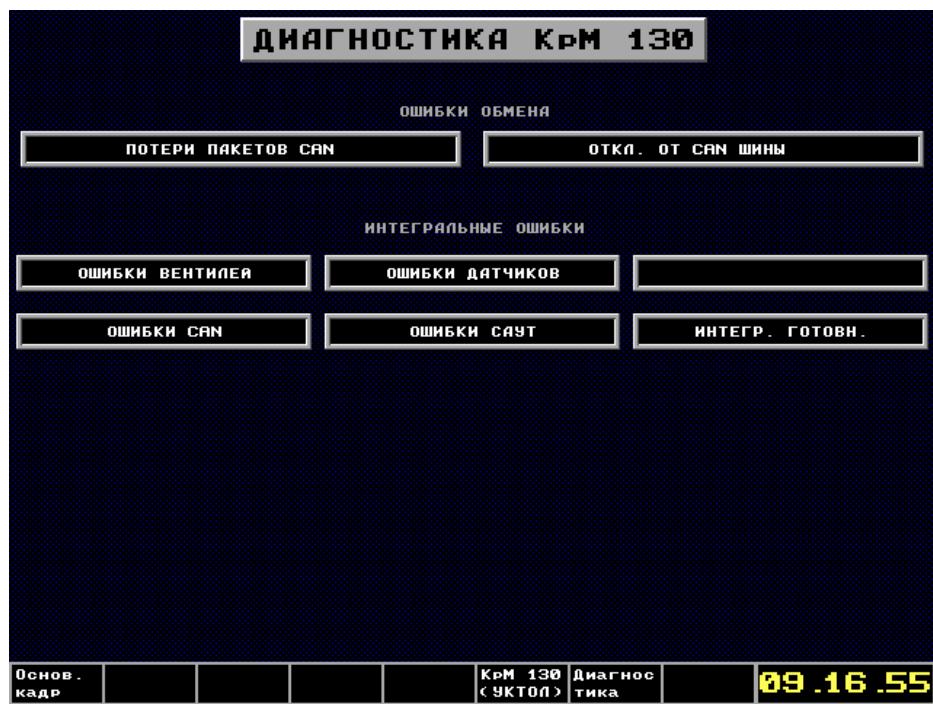


Рисунок 152 – Кадр «Диагностика КрМ 130 (УКТОЛ)», лист 2

Аварийные сообщения

При возникновении аварии на экране дисплея в любом кадре появляется информационное окно, в верхней части которого содержится название аварии, в

средней - причина возникновения аварии (в соответствии с рисунком 153). Для продолжения работы необходимо нажать любую клавишу.



Рисунок 153 – Информационное окно при возникновении аварии

Дополнительные функции

В основном кадре нажатием клавиши «F» вызывается окно с дополнительными функциями (в соответствии с рисунком 154):

- выбор кадра;
- ввод времени/даты;
- установка бандажа;
- установки дисплея;
- автоматическая яркость.

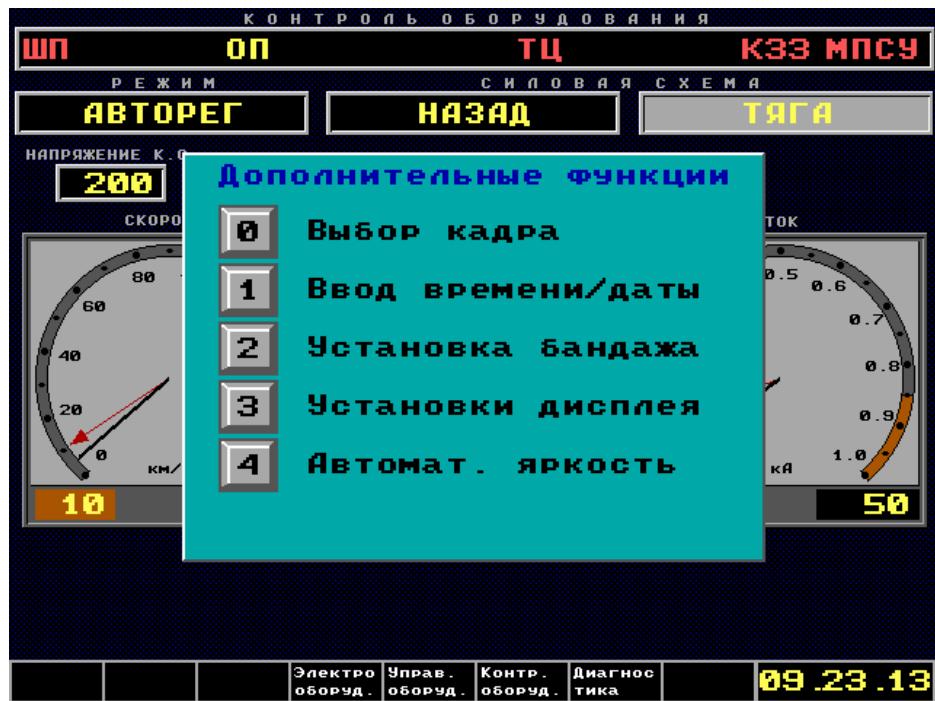


Рисунок 154 – Дополнительные функции

Выбор кадра

Для удобства восприятия машинистом информации (на его выбор) предусмотрены два вида отображения основного кадра, функционально идентичных, но отличающихся расположением и формой индикаторов. По умолчанию, при включении БИ загружается кадр, созданный в соответствии с рисунком 154. Для смены вида основного кадра необходимо в окне «Дополнительные функции» нажать клавишу «0»-«Выбор кадра». В соответствии с рисунком 155 выполнен второй вид основного кадра.



Рисунок 155 – «Основной» кадр. Вид 2

Ввод времени, даты

Предусмотрена возможность изменения системного времени и даты. Для этого в окне «Дополнительные функции» необходимо нажать клавишу «1»-«Ввод времени/даты», в появившемся окне (в соответствии с рисунком 156) ввести новое время. Если текущее время или дата совпадают с требуемой, то для пропуска ввода времени/даты можно нажать клавишу «E».



Рисунок 156 – Ввод времени

Установка бандажа

С помощью клавиши «2»-«Установка бандажа» в окне «Дополнительные функции» осуществляется ввод диаметра бандажа.

Установки дисплея

Предусмотрена возможность настройки экрана дисплея: цвет фона. Для этого в окне «Дополнительные функции» необходимо нажать клавишу «4»-«Установки дисплея» (в соответствии с рисунком 157).

Используя клавиши «↑» и «↓» осуществляется выбор цвета фона.



Рисунок 157 – Установки дисплея

Автоматическая яркость

В случае если яркость дисплея была изменена вручную имеется возможность вернуть интенсивность яркости в исходное положение в зависимости от освещенности кабины. Для этого в окне «Дополнительные функции» следует нажать клавишу «5»-«Автоматическая яркость».

Управление яркостью экрана БИ ВС3641

Для возможности ручной установки яркости экрана БИ при нажатии на клавиши *↑ (увеличить) или *↓ (уменьшить) вызывается окно для изменения яркость экрана БИ (в соответствии с рисунком 158).

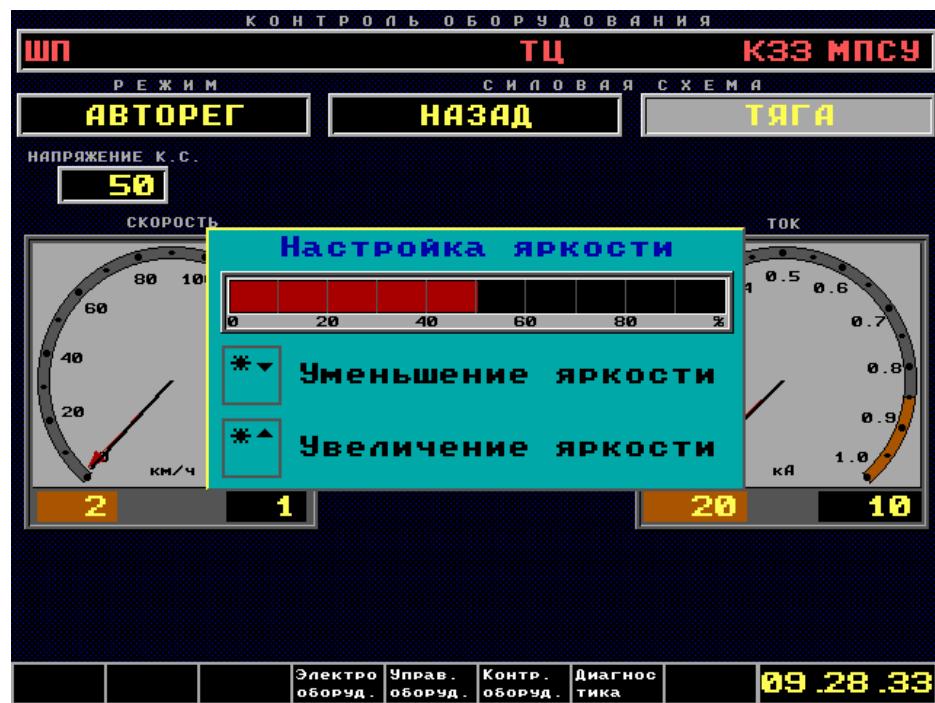


Рисунок 158 – Настройка яркости

7. Описание электрической схемы

7.1. Общие положения

В основу построения электрической, принципиальной схемы управления электровоза положен принцип бесконтактного управления исполнительными аппаратами электровоза (контакторами, вентилями, реле). Основой электрической схемы управления является микропроцессорная система управления МПСУ, которая, по заложенным в ней программным алгоритмам, обеспечивает управление электровозом в различных режимах. При этом, все основные режимы работы электровоза осуществляющие машинистом (подъем и опускание токоприемников, включение и отключение быстродействующего выключателя, вентиляторов, компрессора выбор режима управления электровозом, задание скорости, тока, управление движением при ручном управлении). Из цепей управления исполнительными аппаратами электровоза исключены промежуточные контакты (автоматических выключателей, тумблеров, реле, вспомогательные контакты контакторов). Управление исполнительными аппаратами осуществляют блоки управления (A2 и A3) микропроцессорной системы управления согласно электрической схемы. В блоки управления поступает информация с установленных на электровозе датчиков, органов управления, вспомогательных контактов коммутационной аппаратуры.

Полученная информация обрабатывается микропроцессорными средствами в соответствии с заложенной программой, реализующей алгоритм управления электровозом.

Электрооборудование, установленное на электровозе, выполняет следующие функции:

- подъем и опускание токоприемника;
- управление быстродействующим выключателем от МПСУ, а при его отказе в ручном режиме;
- управление силовыми kontaktорами (реостатными, линейными и ослабление поля), реверсорами и тормозными переключателями, обеспечивающими работу электровоза в режиме тяги и электрического торможения, осуществляющее МПСУ по заданному алгоритму;
- сохранение работоспособности электровоза при отключении пары электродвигателей в случае неисправности одного из них;

- управление двумя статическими преобразователями 3000/380 В;
- автоматическое переключение нагрузок с одного преобразователя ПСН на другой в случае неисправности одного из них;
- управление электродвигателем компрессора по заданному алгоритму;
- обнаружение и устранение боксования или юза тяговых электродвигателей;
- все режимы электрического торможения: остановочное, экстренное и аварийное;
- отображение служебной и диагностической информации на дисплейном модуле пульта управления в реальном масштабе времени;
- выдачу предупредительных и аварийных сообщений на дисплейном модуле, с указанием неисправных или отказавших элементов электрической схемы;

7.2. Цепи ввода питания 3 кВ

Подключение электровоза к контактной сети осуществляется токоприемником ХА1-А1 или ХА2-А1 через дроссель помехоподавления L1 или L2 соответственно и быстродействующий выключатель QF1.

Фильтр, состоящий из дросселя L1 и конденсатора C1 или L2 и C2 предназначены для защиты от радиопомех, конденсатор C3 исключает проникновение радиопомех от внутреннего электрооборудования в контактную сеть.

Разъединители QS1 и QS2 предназначены для отключения соответствующего неисправного токоприемника. Рукоятка разъединителя выведена внутрь высоковольтной камеры.

Быстродействующий выключатель QF1 предназначен для разрыва силовой цепи и ее защиты от токов короткого замыкания.

Для защиты от атмосферных и коммутационных перенапряжений в контактной сети установлен ограничитель перенапряжений F1.

Датчик напряжения UV1 подключен к контактной сети через резистор R2. Сигнал с датчика о наличии напряжения на вводе поступает на вход микропроцессорной системы управления (МПСУ).

Панель реле напряжения A1 предназначена для выдачи сигнала в МПСУ о наличии напряжения 3 кВ на вводе, а вентиль защиты Y21 для блокирования входа в высоковольтную камеру при наличии этого напряжения.

Заземлитель – разъединитель QS3 предназначен для заземления высоковольтной цепи после токоприемников и розеток отопления состава X102 и X103, а также для блокирования входа в высоковольтную камеру при незаземленном вводе.

Отвод тока на рельсы осуществляется через токосъемные устройства ХА3-ХА8. Через устройства ХА9 и ХА10 с рельсами соединяется кузов электровоза.

Схемой предусмотрено раздельный учет потребляемой электроэнергии счетчиками:

- Р11 на отопление состава;
- Р12 на тягу;
- Р13 на собственные нужды электровоза.

7.3. Цепи тяговых электродвигателей в режиме тяги.

На тяговые электродвигатели М1-М6 напряжение 3000 В подается после быстродействующего выключателя через реле дифференциальной защиты от замыкания на корпус.

Контакты переключателей QP1 и QP2, включенные в цепь обмоток возбуждения тяговых электродвигателей, обеспечивают изменение направление тока в обмотках возбуждения, а следовательно изменение их направления вращения и изменение направления движения поезда.

Контакты переключателей QT1, QT2 и QT3 предназначены для перевода силовой схемы из режима “Тяга” в режим электрического (реостатного) торможения и обратно. На схеме размыкающими изображены контакты, замкнутые в режиме “Тяга”.

Пуско - тормозные резисторы R6, R7, R8, R9 предназначены для ограничения и регулирования тока тяговых электродвигателей в режимах тяги и торможения. Электродвигатели М7, М8, М9, М10 предназначены для привода вентиляторов, обдувающие соответствующие резисторы.

Сигналы с датчиков:

- тока UA2, UA3, UA4 включенных в цепи якорей тяговых электродвигателей;
- напряжения UV2 – UV7, включенных параллельно якорям тяговых электродвигателей;
- тока UA5 – UA8 включенных в цепи якорей электродвигателей вентиляторов обдува пуско – тормозных резисторов поступают в блоки А2 и А3 МПСУ для обеспечения регулирования и контроля.

Электрическая схема предусматривает три соединения шести тяговых электродвигателей: последовательное (С), последовательно – параллельное (СП), параллельное (П). На каждом из этих соединений имеется –возможность работать как с включенными пуско – тормозными резисторами (реостатная схема), так по безреостатной схеме.

При работе по безреостатной схеме для дальнейшего увеличения скорости движения обмотки возбуждения тяговых электродвигателей шунтируются резисторами R14, R15, R16, R17 и последовательно соединенными с ними индуктивными шунтами A10-L1, A10-L2, A10-L3 блока индуктивных шунтов A10.

Индуктивные шунты предназначены для снижения бросков тока и облегчения условий коммутации тяговых электродвигателей при колебаниях напряжения в контактной сети или его восстановления после кратковременного снятия.

Электрической схемой обеспечивается пять ступеней ослабления возбуждения: 80%, 66%, 54%, 46%, 40%.

В случае необходимости неисправный тяговый электродвигатель может быть отключен соответствующими линейными или реостатными контакторами.

Панели диодов U4, U5 и U6 предназначены для исключения прерывания тока в тяговых цепях при переключении силовой схемы с одного соединения на другое.

7.4. Регулирование напряжения на тяговых двигателях в режиме тяги.

Пуск и работа электровоза начинается на последовательном соединении тяговых электродвигателей М1 – М6, что обеспечивается с помощью контакторов КМ1, КМ4, КМ5, КМ9, КМ10, КМ12, КМ16, КМ21, КМ36 (схема 1)

При этом силовая цепь тяговых электродвигателей М1-М6 образуется следующая:

-контакт быстродействующего выключателя QF1 провода 36 x 3, катушка дифференциального реле защиты KA2, провода 84 x 3, шины 78Ш, 309Ш, 311Ш, контакт 10-11 тормозного переключателя QT1, контакт контактора КМ20, шина 319Ш, последовательно соединенные пуско -тормозные резисторы блоков R6 и R9, провода 345, 346, шина 347Ш, провод 313, контакт КМ16, шина 191Ш, провода 206, 207, последовательно соединенные резисторы R6 и R8, провода 203, 204, 205, шина 219Ш, провод 220, шина 221Ш, провод 222, контакт КМ12, шина 89Ш, провода 93, 94, последовательно соединенные резисторы R6 и R7, провода 120, 121, контакт КМ37, провод 123, якоря тяговых электродвигателей М1 и М2, датчик

тока UA2, контакты 5 – 6 QT2 и 6 – 5 реверсора QP1, последовательно соединенные обмотки возбуждения электродвигателей М1 и М2, контакты 2 – 1 QP1 и 11 – 12 QT2, провод 170, шина 272Ш, контакт KM4, шина 269Ш, контакт KM5, провода 253, 268, 267, якорь электродвигателя М3, датчик UA3, контакты 8 – 9 QT2, 9 – 8 QP1, обмотка возбуждения М3, контакты 11 – 10 QP1 и 2 – 1 QT2, провод 292, контакт KM10, шина 226Ш, контакт KM9, шина 224Ш, провод 227, якорь электродвигателя М4, контакты 8-9 OT3 и 9-8 QP2, обмотка возбуждения М4 контакты 11 – 10 QP2 и 2 – 1 QT3 провода 252, 298, контакт KM62, шина 299Ш, контакт KM64, провода 302, 352, якоря тяговых электродвигателей М5, М6, датчик тока UA4, контакты 5 – 6 QT3 и 6 – 5 QP2, обмотки возбуждения М5, М6, контакты 2-1 QP2 и 11 – 10 QT3, провод 400, контакт KM1, шина 85Ш, вторая обмотка дифференциального реле KA2, шина 83Ш, шунт R52, шина 180Ш, скользящие контакты буксовых токосъемников ХА3 – ХА8, рельсы.

7.5. Разгон электровоза на реостатных позициях. Увеличение силы тяги электровоза осуществляется путем увеличения напряжения на тяговых двигателях включением контакторов KM15, KM38, KM39, KM41, KM19, KM30, KM31, KM33, KM21, KM22-KM24, KM26, KM27 и закорачиванием тем самым соответствующих секций пуско-тормозных резисторов R6 – R9 в соответствии с диаграммой замыкания контакторов

Пуско -тормозные сопротивления допускают длительную езду электровоза на любой реостатной позиции, однако длительная езда на реостатных позициях не рекомендуется, так как включенные в цепь тяговых двигателей пусковые сопротивления вызывают дополнительный расход электроэнергии на движение поезда.

19 – ая позиция является ходовой (без реостатной) позицией, так как пусковые сопротивления полностью выведены и вся потребляемая из контактной сети электроэнергия идет на питание тяговых двигателей.

На 19 – ой позиции для дальнейшего увеличения скорости электровоза возможно применение ослабления поля тяговых двигателей.

Первая ступень ослабления поля тяговых двигателей достигается включением контакторов ослабления поля KM57-KM60. При этом параллельно обмотке возбуждения тяговых двигателей включаются сопротивления R14, R15, R16, R17 и включенные последовательно с ними индуктивные шунты A10-L1, A10-L2, A10-L3. Индуктивные шунты необходимы для улучшения работы тяговых

двигателей при переходных процессах в режиме ослабления поля. Для получения ослабленных ступеней ослабления поля включаются контакторы КМ45-КМ47, КМ51-КМ53, КМ54-КМ56, КМ48-КМ50.

7.6. Переход с последовательного соединения на последовательно – параллельное.

Начинается при переводе главной рукоятки контроллера SM1 на 20-ю позицию.

Позиция перехода П1. Пуско – тормозные резисторы полностью выведены, а двигатели М1 – М6 соединены последовательно. Контактор КМ10 разомкнут, но цепь сохраняется благодаря блоку диодов U5.

Позиция перехода П2. Вводятся пусковые резисторы R7, R8 и частично R6, при этом контактами 18-17 QT1, КМ13 и 13-14 QT1, КМ18 с одной стороны и контакту КМ36 с другой стороны цепи резисторов R6, R7 и R6, R8 соединяются параллельно. Резисторы R6, R9 подключенные между проводами 305 – 345 при seriesno – параллельном соединении к цепям электродвигателей М1-М6 не подключаются..

Позиция перехода П3. Посредством включения контакторов КМ34 и КМ2 формируются две параллельные ветви тяговых двигателей М1 – М3 и М4 – М6. Двигатели М1 – М3 и М4 – М6 в каждой цепи соединены последовательно. На 20 – й позиции отключение контактора КМ9 приводит к окончательному переходу на две параллельные ветви по три последовательно соединенных двигателя (М1 – М3 и М4 – М6) то есть на последовательно – параллельное соединение.

При этом образуются две параллельные цепи тяговых электродвигателей:

-параллельно соединенные пуско - тормозные резисторы R6, R7 и R6, R8, контакт КМ37, якоря электродвигателей М1, М2, датчик тока UA2, обмотки возбуждения М1, М2, далее аналогично схеме при seriesном соединении якорь электродвигателя М3, датчик тока UA3, обмотка возбуждения М3, контакты 11 – 10 QP1 и 2 – 1 QT2, провода 292, 293, контакт КМ2, шины 402Ш, 85Ш и далее к боксовым токосъемникам ХА3-ХА8;

-параллельно соединенные пуско – тормозные резисторы R6, R7 и R6, R8, контакт КМ34, провод 225, шина 224Ш, провод 227, далее, аналогично при seriesном соединении, якорь, обмотка возбуждения электродвигателя М4, якоря электродвигателей М5, М6, датчик тока UA4, обмотки возбуждения М5, М6, контакт КМ1 и далее к боксовым токосъемникам ХА3-ХА8.

На 20-ой позиции начинается работа тяговых электродвигателей на seriesно – параллельном соединении (СП). Дальнейший разгон поезда осуществляется как и на последовательном соединении ступенчатым уменьшением величины пускотормозных резисторов R6-R9 путем закорачивания секций сопротивлений реостатными контакторами KM15, KM38, KM39, KM41, KM19, KM30, KM31, KM33.

36 позиция СП-соединения тяговых электродвигателей является ходовой (без реостатной) позицией. На этой позиции, также как и на 19 позиции последовательного соединения, можно применить пять ступеней ослабления поля тяговых двигателей.

7.7. Переход с последовательно – параллельное на параллельное соединение.

Переход начинается при переводе главной рукоятки контроллера на 37 – ю позицию.

Переходная позиция П1. Пусковые резисторы выведены полностью, двигатели соединены в 2 цепи параллельно и в каждой по три двигателя последовательно.

Выключаются контакторы KM4 и KM64, но цепь сохраняется благодаря блокам диодов U2 и U4.

Переходная позиция П2. Вводятся пусковые резисторы R7, R8 и частично R9, при этом контактами 18-17 QT1, KM13; 13 – 14 QT1, KM18; 10 – 11 QT1, KM 21, KM20 с одной стороны и контактами KM36, KM29 с другой стороны резисторы R6, R7; R6, R8 и частично R9 (контакты 2 – 7) соединяются параллельно.

Переходная позиция П3.

- а) Включается контактор KM3 и подсоединяет двигатели M1 и M2 к «земле».
- б) Включается контактор KM6 и соединяет двигатели M3 и M4 последовательно между собой.
- в) Включается контактор KM28 и подсоединяет двигатели M5 и M6 к напряжению контактной сети

Позиция 39.

- а) Размыкается контактор KM5, отделяя двигатели M1 и M2 от двигателя M3
- б) Размыкается контактор KM62, отделяя двигатель M4 от двигателей M5 и M6

Образуются три параллельные ветви: -параллельно соединенные пускотормозные резисторы, контакт KM37, якоря электродвигателей M1, M2, датчик тока

UA2, обмотки возбуждения M1, M2, контакт KM3, шины 402Ш, 85Ш, далее к XA3 – XA8;

-параллельно соединенные пуско – тормозные резисторы, контакт KM34, якорь, обмотка возбуждения электродвигателя M4, провода 268, 267, якорь, обмотка возбуждения электродвигателя M3, контакт KM2, шина 402Ш, 85Ш, далее к XA3 – XA8;

-параллельно соединенные пуско – тормозные резисторы, контакт KM28, якоря электродвигателей M5, M6, датчик тока UA4, обмотки возбуждения M5, M6, контакт KM1, шина 85Ш, далее к XA3 – XA8. Дальнейший разгон поезда осуществляется как и на двух предыдущих соединениях ступенчатым уменьшением величины пуско-тормозных резисторов R6-R9 путем закорачивания секций сопротивлений реостатными контакторами KM15, KM38, KM39, KM41, KM19, KM30, KM31, KM33, KM23, KM24, KM27.

7.8. Постановка ослабления возбуждения

На ходовых позициях возможна постановка пяти ступеней ослабления поля.

На первой ступени ослабления поля включаются контакторы KM57, KM58, KM59, KM 60, включая в работу . На второй ступени ослабления поля включая в работу соответственно резисторы R14, R15, R16, R17.

На второй ступени ослабления поля дополнительно включаются контакторы KM47, KM53, KM56, KM50, шунтируя часть сопротивлений ослабления поля.

На третьей ступени ослабления поля включаются контакторы KM46, KM52, KM55, KM49, выводя еще большую часть сопротивления ослабления поля

На четвертой ступени ослабления поля выключаются контакторы KM47, KM53, KM56, KM50. В каждой группе сопротивлений ослабления поля образуются три параллельные ветви. С группы сопротивления ослабления поля R14(рис. 1):

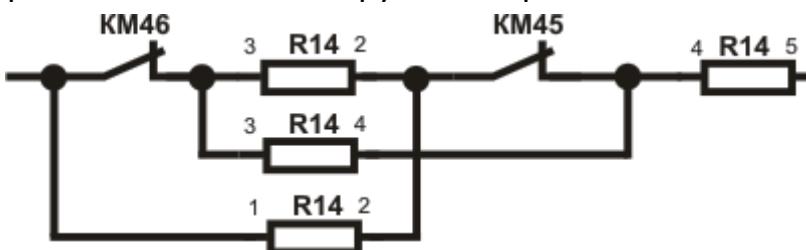


Рис. 158 Схема соединения группы сопротивления R14 на четвертой ступени ослабления поля

На пятой ступени ослабления поля вновь включаются контакторы КМ47, КМ53, КМ56, КМ50, оставляя в работе лишь части 4-5 каждого резистора ослабления поля.

7.9. Работа силовой схемы электровоза в режиме реостатного торможения.

Переход из режима тяги в режим электрического (реостатного) торможения происходит при обесточенной силовой цепи. Посредством тормозных переключателей QT1, QT2 и QT3 происходит отключение цепей тяговых электродвигателей от контактной сети. Далее тормозными переключателями происходит разделение якорных цепей и цепей обмоток возбуждения тяговых электродвигателей.

Путь тока по обмоткам якорей тяговых двигателей в режиме реостатного торможения:

Собирается схема из трех групп тяговых электродвигателей (по два последовательно M1 и M2, M3 и M4, M5 и M6) работающих в генераторном режиме, каждая из которых подключена к своим пуско -тормозным резисторам соответствующими kontaktами KM13 и KM36, KM18 и KM33, KM21 и KM27:

-M1 и M2 к пуско - тормозным резисторам R6 и R7 по цепи: контакт 16 – 17 QT1 kontakt KM13, шина 89Ш, провода 93, 94, резисторы R6 и R7, провода 120, 121, kontakt KM37, провод 123, якоря тяговых электродвигателей M1 и M2, провод 126, датчик UA2, провод 142, kontakt 5 – 4 QT2, провод 87;

-M3 и M4 к пуско - тормозным резисторам R6 и R8 по цепи: контакт 14 – 15 QT1, провод 190, kontakt KM18, шина 191Ш, провода 206, 207, резисторы R6 и R8, провода 203, 204, kontakt KM34, провод 225, шина 224Ш, провод 227, якорь M4, провод 228, kontakt 8 – 7 QT3, провод 267, якорь M3, провод 266, датчик UA3, провод 274, kontakt 8 – 7 QT2, провод 275;

-M5 и M6 к пуско - тормозным резисторам R6 и R9 по цепи : kontakt 11-12 QT1, провод 318, kontakt KM21, шина 319Ш, провод 320, 321, резисторы R6 и R9, провода 345, 346, kontakt KM28, провод 348, якоря электродвигателей M5 и M6, провод 351, датчик UA4, провод 379, kontakt 5 – 4 QT3, провод 317.

Первая тормозная позиция обеспечивается при полностью введенных пуско-тормозных резисторах R6-R9.

Резисторы ослабление поля R15-R18 в режиме реостатного торможения не используется.

Путь тока по обмоткам возбуждения тяговых двигателей в режиме реостатного торможения:

Посредством тормозных переключателей QT2, QT3 и контактора КМ61 все обмотки возбуждения соединены между собой последовательно и получают питание от статического преобразователя U1 по цепи: контакт 8 блока U1, провод 144, датчик UA9, контакт КМ61, шины 149Ш, 80Ш, провод 150, контакт 6 – 5 QP1, провод 152, обмотки возбуждения электродвигателей М1 и М2, провод 155, контакт 2 – 1 QP1, провод 168, контакт 11 – 12 QT2, шины 169Ш, 286Ш, обмотки возбуждения электродвигателя М3, контакты 11 – 10 QP1, 2 – 3 QT2, провод 263, шина 229Ш, контакт 9 – 8 QP2, обмотка возбуждения электродвигателя М4, контакты 11 – 10 QP2, 2 – 3 QT3, шины 380Ш, 381Ш, контакт 6 – 5 QP2 обмотки возбуждения электродвигателей М5 и М6, провод 385, контакты 2 – 1 QP2 и 11 – 12 QT3, провод 316, шина 314Ш, провод 401, контакт 7 блока U1.

Статический преобразователь регулирует ток в цепи обмоток возбуждения, тем самым поддерживается тормозной ток в якорных цепях тяговых электродвигателей и, соответственно, тормозную силу электровоза.

Дальнейшее изменение тормозного тока тяговых двигателей, а следовательно и тормозного усилия электровоза происходит за счет изменения в три ступени величины тормозных сопротивлений R6,R7,R8,R9 при переключении реостатных контакторов КМ15, КМ38, КМ39, КМ41, КМ19, КМ30, КМ31, КМ33, КМ23, КМ24, КМ26 , КМ27 (согласно диаграммы таблицы).

7.10 Работа силовых цепей электровоза при отключении тяговых двигателей

Отключение неисправного двигателя, пары двигателей или трех двигателей одной тележки производится на блоке БАУ соответствующими тумблерами. При этом соблюдаются следующие зависимости. При неисправности одного из двигателей М1, М2, М5, М6 можно отключить только одновременно М1 и М2 или М5 и М6. При неисправности так называемых непарных двигателей М3 или М4 их можно отключить по одиночке. При этом при отключении пары двигателей М1 и М2 схема работает на двух соединениях: С и П. На С – соединении все двигатели соединены последовательно, а на П – соединении оставшиеся двигатели соединяются в две параллельные ветви. При отключении «непарных» двигателей М3 или М4 схема работает на С, СП и П – соединениях. При этом на С – соединении все двигатели соединены последовательно; на СП соединении работают три

двигателя одной тележки, соединенные последовательно и на П – соединении четыре двигателя соединяются в две параллельные ветви (оставшийся «непарный» двигатель не работает.) Пусковые сопротивления на С и СП соединении соединяются последовательно, а на П – соединении группы пускотормозных сопротивлений $R6^{8-9,6-7}R9$ и $R6^{4-5}R8$ соединяются последовательно, а группа $R6^{1-3}R7$ – параллельно им.

При отключении двигателей одной тележки (М1, М2, М3 или М4, М5, М6) схема работает только на С – соединении, а все группы пусковых сопротивлений соединены последовательно.

Работа схемы при отключении двигателей М1, М2

Серийное соединение: рамка дифференциального реле КА2, контакторный элемент тормозного переключателя QT1, контактор КМ20, группы пускотормозных сопротивлений $R6^{8-9,6-7}R9$, провод 313, контактор КМ16, шина 191Ш, группы пускотормозных сопротивлений $R6^{4-5}R8$, провод 204, 205, шина 219Ш, шина 221Ш, кабель 222, контактор КМ12, шина 89Ш, группа пускотормозных сопротивлений $R6^{1-3}$, кабель 90, группа пускотормозных сопротивлений R7, кабель 120, шина 122Ш, контактор КМ7, шина 227, обмотка якоря двигателя М4, контакторный элемент тормозного переключателя QT3, контакторный элемент реверсора QP2, обмотка возбуждения четвертого двигателя М4, контакторный элемент реверсора QP2, контакторный элемент тормозного переключателя QT3, контактор КМ6, обмотка якоря двигателя М3, датчик тока UA3, контакторный элемент тормозного переключателя QT2, контакторный элемент реверсора QP1, обмотка возбуждения двигателя М3, контакторный элемент реверсора QP1, шина 29Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT2, кабель 292, шина 296Ш, контактор КМ11, кабель 297, шина 299Ш, контактор КМ64, шина 368Ш, кабель 302, обмотки якорей двигателей М5 и М6, датчик тока UA4, кабель 379, контакторный элемент тормозного переключателя QT3, шина 381Ш, контакторный элемент реверсора QP2, обмотки возбуждения двигателей М5 и М6, контакторный элемент реверсора QP2, контакторный элемент тормозного переключателя QT3, кабель 400, контактор КМ1, шина 85Ш, рамка дифференциального реле КА2, шунт счетчика электроэнергии RS2, токосъемные устройства ХА3-ХА10, «земля».

Параллельное соединение: Группы пускотормозных соединений соединяются по схеме:

а) Первая цепь: рамка дифференциального реле КА2, контакторный элемент тормозного переключателя QT1, контактор KM20, группы пускотормозных сопротивлений R6^{8-9,6-7}R9, провод 313, контактор KM16, шина 191Ш, группы пускотормозных сопротивлений R6⁴⁻⁵R8, провод 204, 205, шина 219Ш, шина 221Ш, кабель 222, контактор KM12, шина 89Ш, группа пускотормозных сопротивлений R6¹⁻³, провод 204, 205, шина 219Ш, кабель 220

б) Вторая цепь: рамка дифференциального реле КА2, контактор KM13, шина 89Ш, группа пускотормозных сопротивлений R6¹⁻³, кабель 90, группа пускотормозных сопротивлений R7, шина 122Ш, контактор KM36, шина 221Ш

Далее образуются две параллельные цепи тяговых двигателей:

а) Первая цепь: контактор KM34, кабель 225, кабель 227, обмотка якоря двигателя M4, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁸⁻⁹, контакторный элемент реверсора QP2⁹⁻⁸, шина 229Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁹⁻⁸, обмотка возбуждения двигателя M4, контакторный элемент реверсора QP2¹¹⁻¹⁰, контакторный элемент тормозного переключателя QT3²⁻¹, кабель 252, контактор KM6, кабель 268, обмотка якоря двигателя M3, датчик тока UA3, шина 404Ш, кабель 274, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁸⁻⁹, шина 286Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁹⁻⁸, обмотка возбуждения двигателя M3, кабель 288, контакторный элемент реверсора QP1¹¹⁻¹⁰, шина 291Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT2²⁻¹, кабель 292, кабель 293, контактор KM2, шина 402Ш, шина 85Ш, рамка дифференциального реле KA2^{2K-2H}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2шина 180Ш, токосъемные устройства XA3 – XA10, «земля».

б) Вторая цепь: кабель 352, обмотки якорей двигателей M5 и M6, кабель 351, датчик тока UA4, шина 343Ш, кабель 379, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁵⁻⁶, шина 381Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁶⁻⁵, кабель 382, обмотки возбуждения двигателей M5 и M6, кабель 385, контакторный элемент реверсора QP2²⁻¹, шина 399Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT3¹¹⁻¹⁰, кабель 400, контактор KM1, шина 85Ш, рамка дифференциального реле KA2^{2K-2H}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2шина 180Ш, токосъемные устройства XA3 – XA10, «земля».

Работа схемы при отключении двигателя М3

Серийное соединение: рамка дифференциального реле КА2, контакторный элемент тормозного переключателя QT1¹⁰⁻¹¹, контактор КМ20, группы пускотормозных сопротивлений R6^{8-9,6-7}R9, провод 313, контактор КМ16, шина 191Ш, группы пускотормозных сопротивлений R6⁴⁻⁵R8, провод 204, 205, шина 219Ш, шина 221Ш, кабель 222, контактор КМ12, шина 89Ш, группа пускотормозных сопротивлений R6¹⁻³, кабель 90, группа пускотормозных сопротивлений R7, контактор КМ37, обмотки якорей двигателей М1 и М2, датчик тока UA2, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁵⁻⁶, шина 15Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁶⁻⁵, кабель 152, обмотки возбуждения двигателей М1 и М2, кабель 155, контакторный элемент реверсора QP1²⁻¹, кабель 168, контакторный элемент тормозного переключателя QT2¹¹⁻¹⁰, кабель 170, шина 272Ш, контактор КМ4, кабель 235, контактор КМ8, шина 224Ш, кабель 227, обмотка якоря двигателя М4, кабель 228, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁸⁻⁹, шина 229Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁹⁻⁸, кабель 230, обмотка возбуждения двигателя М4, кабель 231, контакторный элемент реверсора QP2¹¹⁻¹⁰, кабель 233, контакторный элемент тормозного переключателя QT2²⁻¹, кабель 252, кабель 298, шина 265Ш, контактор КМ62, шина 299Ш, контактор КМ64, шина 368Ш, кабель 302, кабель 352, кабель 348, обмотки якорей двигателей М5 и М6, кабель 351, датчик тока UA4, шина 343Ш, кабель 379, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁵⁻⁶, шина 381Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁶⁻⁵, кабель 382, обмотки возбуждения двигателей М5 и М6, кабель 385, контакторный элемент реверсора QP2²⁻¹, шина 399Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT3¹¹⁻¹⁰, кабель 400, контактор КМ1, шина 85Ш, рамка дифференциального реле КА2^{2К-2Н}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2 шина 180Ш, токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

Работают 5 двигателей

Серийное – параллельное соединение: все группы пусковых сопротивлений, последовательно включенные (цепь указана выше), контактор КМ7, кабель 227, обмотка якоря двигателя М4, кабель 228, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁸⁻⁹, шина 229Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁹⁻⁸, кабель 230, обмотка возбуждения двигателя М4, кабель 231, контакторный элемент реверсора QP2¹¹⁻¹⁰, кабель 233, контакторный элемент тормозного переключателя QT3²⁻¹, кабель 252, кабель 298, шина 265Ш, контактор КМ62, шина 299Ш, контактор КМ64, шина 368Ш, кабель 302, кабель 352, кабель 348, обмотки якорей двигателей М5 и М6, кабель 351, датчик тока UA4, шина 343Ш, кабель 379, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁵⁻⁶, шина 381Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁶⁻⁵, кабель 382, обмотки возбуждения двигателей М5 и М6, кабель 385, контакторный элемент реверсора QP2²⁻¹, шина 399Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT3¹¹⁻¹⁰, кабель 400, контактор КМ1, шина 85Ш, рамка дифференциального реле КА2^{2К-2Н}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2 шина 180Ш, токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

КМ64, шина 368Ш, кабель 302, кабель 352, кабель 348, обмотки якорей двигателей М5 и М6, кабель 351, датчик тока UA4, шина 343Ш, кабель 379, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁵⁻⁶, шина 381Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁶⁻⁵, кабель 382, обмотки возбуждения двигателей М5 и М6, кабель 385, контакторный элемент реверсора QP2²⁻¹, шина 399Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT3¹¹⁻¹⁰, кабель 400, контактор КМ1, шина 85Ш, рамка дифференциального реле KA2^{2K-2H}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2шина 180Ш, токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

Работают 3 тяговых двигателя.

Параллельное соединение: группы пусковых сопротивлений R6^{8-9,6-7}, R9, R⁴⁻⁵, R8 соединены последовательно, а группы R6¹⁻³, R7 – параллельно им (схема такая же, как при отключении двигателей М1 и М2 на параллельном соединении). Далее образуются две параллельные цепи:

а) Первая цепь: контактор КМ37, обмотки якорей двигателей М1 и М2, датчик тока UA2, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁵⁻⁶, шина 15Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁶⁻⁵, кабель 152, обмотки возбуждения двигателей М1 и М2, кабель 155, контакторный элемент реверсора QP1²⁻¹, кабель 168, контакторный элемент тормозного переключателя QT2¹¹⁻¹⁰, кабель 170, контактор КМ3, шина 402Ш, шина 85Ш, рамка дифференциального реле KA2^{2K-2H}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2шина 180Ш, токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

а) Вторая цепь: контактор КМ36, шина 221Ш, контактор КМ35, кабель 352, кабель 348, обмотки якорей двигателей М5 и М6, кабель 351, датчик тока UA4, шина 343Ш, кабель 379, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁵⁻⁶, шина 381Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁶⁻⁵, кабель 382, обмотки возбуждения двигателей М5 и М6, кабель 385, контакторный элемент реверсора QP2²⁻¹, шина 399Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT3¹¹⁻¹⁰, кабель 400, контактор КМ1, шина 85Ш, рамка дифференциального реле KA2^{2K-2H}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2шина 180Ш, токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

Работа схемы при отключении двигателя М4

Серийное соединение: все группы пусковых сопротивлений, соединенные последовательно (смотрите выше путь тока через пусковые сопротивления на

серийном соединении при отключении двигателей М1, М2 или М3), контактор КМ37, обмотки якорей двигателей М1 и М2, датчик тока UA2, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁵⁻⁶, шина 15Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁶⁻⁵, кабель 152, обмотки возбуждения двигателей М1 и М2, кабель 155, контакторный элемент реверсора QP1²⁻¹, кабель 168, контакторный элемент тормозного переключателя QT2¹¹⁻¹⁰, кабель 170, шина 272Ш, контактор КМ4, шина 269Ш, контактор КМ5, кабель 253, кабель 268, кабель 267, обмотка якоря двигателя М3, кабель 266, датчик тока UA3, шина 404Ш, кабель 274, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁸⁻⁹, шина 286Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁹⁻⁸, кабель 287, обмотка возбуждения двигателя М3, кабель 288, контакторный элемент реверсора QP1¹¹⁻¹⁰, шина 291Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT2²⁻¹, кабель 292, шина 296Ш, контактор КМ11, кабель 297, шина 299Ш, контактор КМ64, шина 368Ш, кабель 302, кабель 352, кабель 348, обмотки якорей двигателей М5 и М6, кабель 351, датчик тока UA4, шина 343Ш, кабель 379, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁵⁻⁶, шина 381Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁶⁻⁵, кабель 382, обмотки возбуждения двигателей М5 и М6, кабель 385, контакторный элемент реверсора QP2²⁻¹, шина 399Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT3¹¹⁻¹⁰, кабель 400, контактор КМ1, шина 85Ш, рамка дифференциального реле КА2^{2К-2Н}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2шина 180Ш, токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

Работают 5 тяговых двигателей

Сериес – параллельное соединение: все группы пусковых сопротивлений, соединенные последовательно (смотрите выше путь тока через пусковые сопротивления на серийном соединении при отключении двигателей М1, М2 или М3, контактор КМ37, обмотки якорей двигателей М1 и М2, датчик тока UA2, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁵⁻⁶, шина 15Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁶⁻⁵, кабель 152, обмотки возбуждения двигателей М1 и М2, кабель 155, контакторный элемент реверсора QP1²⁻¹, кабель 168, контакторный элемент тормозного переключателя QT2¹¹⁻¹⁰, кабель 170, шина 272Ш, контактор КМ4, шина 269Ш, контактор КМ5, кабель 253, кабель 268, кабель 267, обмотка якоря двигателя М3, датчик тока UA3, шина 404Ш, кабель 274, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁸⁻⁹, шина 286Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁹⁻⁸, обмотка возбуждения двигателя М3, кабель 288, контакторный элемент реверсора QP1¹¹⁻¹⁰, шина 291Ш, контакторный элемент тормозного

переключателя QT2²⁻¹, кабель 292, кабель 293, контактор КМ2, шина 402Ш, шина 85Ш, рамка дифференциального реле КА2^{2К-2Н}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2шина 180Ш,токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

Работают 3 тяговых двигателя.

Параллельное соединение: группы пусковых сопротивлений R6^{8-9,6-7}, R9, R⁴⁻⁵, R8 соединены последовательно, а группы R6¹⁻³, R7 – параллельно им (схема такая же, как при отключении двигателей М1 и М2 на параллельном соединении). Далее образуются две параллельные цепи:

а) Первая цепь: контактор КМ37, обмотки якорей двигателей М1 и М2, датчик тока UA2, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁵⁻⁶, шина 15Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁶⁻⁵, кабель 152, обмотки возбуждения двигателей М1 и М2, кабель 155, контакторный элемент реверсора QP1²⁻¹, кабель 168, контакторный элемент тормозного переключателя QT2¹¹⁻¹⁰, кабель 170, контактор КМ3, шина 402Ш, шина 85Ш, рамка дифференциального реле КА2^{2К-2Н}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2, шина 180Ш,токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

Работа схемы при отключении двигателей М5, М6

Сериесное соединение: все группы пусковых сопротивлений, соединенные последовательно (смотрите выше путь тока через пусковые сопротивления на серийном соединении при отключении двигателей М1, М2 или М3), контактор КМ37, обмотки якорей двигателей М1 и М2, датчик тока UA2, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁵⁻⁶, шина 15Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁶⁻⁵, кабель 152, обмотки возбуждения двигателей М1 и М2, кабель 155, контакторный элемент реверсора QP1²⁻¹, кабель 168, контакторный элемент тормозного переключателя QT2¹¹⁻¹⁰, кабель 170, шина 272Ш, контактор КМ4, кабель 235, контактор КМ8, шина 224Ш, кабель 227, обмотка якоря двигателя М4, кабель 228, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁸⁻⁹, шина 229Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁹⁻⁸, кабель 230, обмотка возбуждения двигателя М4, кабель 231, контакторный элемент тормозного переключателя QT3²⁻¹, кабель 252, контактор КМ6, кабель 268, кабель 267, обмотка якоря двигателя М3, кабель 266, датчик тока UA3, шина 404Ш, кабель 274, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁸⁻⁹, шина 286Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁹⁻⁸, кабель 287, обмотка возбуждения двигателя М3, кабель 288, контакторный элемент реверсора QP1¹¹⁻¹⁰, шина 291Ш, контакторный элемент тормозного

переключателя QT2²⁻¹, кабель 292, кабель 293, контактор КМ2, шина 402Ш, шина 85Ш, рамка дифференциального реле KA2^{2К-2Н}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2шина 180Ш, токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

Работают 4 тяговых двигателя

Параллельное соединение: Параллельное соединение: группы пусковых сопротивлений R6^{8-9,6-7}, R9, R⁴⁻⁵, R8 соединены последовательно, а группы R6¹⁻³, R7 – параллельно им (схема такая же, как при отключении двигателей М1 и М2 на параллельном соединении). Далее образуются две параллельные цепи:

а) Первая цепь: контактор КМ37, обмотки якорей двигателей М1 и М2, датчик тока UA2, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁵⁻⁶, шина 15Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁶⁻⁵, кабель 152, обмотки возбуждения двигателей М1 и М2, кабель 155, контакторный элемент реверсора QP1²⁻¹, кабель 168, контакторный элемент тормозного переключателя QT2¹¹⁻¹⁰, кабель 170, контактор КМ3, шина 402Ш, шина 85Ш, рамка дифференциального реле KA2^{2К-2Н}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2, шина 180Ш, токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

б) Вторая цепь: контактор КМ7, кабель 227, обмотка якоря двигателя М4, кабель 228, контакторный элемент тормозного переключателя QT3⁸⁻⁹, шина 229Ш, контакторный элемент реверсора QP2⁹⁻⁸, кабель 230, обмотка возбуждения двигателя М4, кабель 231, контакторный элемент тормозного переключателя QT3²⁻¹, кабель 252, контактор КМ6, кабель 268, кабель 267, обмотка якоря двигателя М3, кабель 266, датчик тока UA3, шина 404Ш, кабель 274, контакторный элемент тормозного переключателя QT2⁸⁻⁹, шина 286Ш, контакторный элемент реверсора QP1⁹⁻⁸, кабель 287, обмотка возбуждения двигателя М3, кабель 288, контакторный элемент реверсора QP1¹¹⁻¹⁰, шина 291Ш, контакторный элемент тормозного переключателя QT2²⁻¹, кабель 292, кабель 293, контактор КМ2, шина 402Ш, шина 85Ш, рамка дифференциального реле KA2^{2К-2Н}, шина 83Ш, шунт амперметра RS2шина 180Ш, токосъемные устройства ХА3 – ХА10, «земля».

Работают 4 тяговых двигателя.

7.11. Цепи преобразователей собственных нужд (см. схема 6)

Преобразователи А5 и А6 получают питание 3000 В после быстродействующего выключателя QF1 (см. лист 4, 5) через дифференциальное реле КАЗ.

На преобразователь А5 напряжение поступает от КАЗ по цепи:

-провод 437, предохранитель FU1, провод 438, шина 441Ш, провода 444, 440, предохранитель FU2 провода 445, 448, зажим XN4;

-шунт R53, реле КАЗ, провод 432, датчик UA10, провод 450, зажим XN2 (“земля”).

Сигнал о наличии напряжения выдает датчик наличия и уровня ВН UV1, расположенный в преобразователе.

Питание 110 В на преобразователи подается при включении автоматических выключателей SF1 “ПСН1” и SF2 “ПСН2”, расположенных на блоке БАУ. Включение преобразователей осуществляется включением выключателя “Преобразователи” на блоке выключателей S1, при этом при температуре окружающей среды выше минус 40 °С подаются сигналы на включение контакторов KM81 и KM84.

После включения контакторов через их замыкающие контакты напряжение 3000 В через резисторы заряда R18 и R19 поступает на зажимы XN1 преобразователей.

Начинается заряд конденсаторов, расположенных в модулях входных преобразователей. По мере заряда конденсаторов появляется напряжение на промежуточной шине преобразователя. По окончании процесса заряда включаются контакторы KM82 и KM83, отключаются KM81 и KM84. Через вспомогательные контакты контактора KM82 подается питание на катушку контактора KM103. При подачи питания 110 В на А5 и А6 включаются промежуточные реле K7 и K8, которые дают сигнал в МСУ. Каждый преобразователь состоит из трех основных частей (см. Техническое описание и Руководство по эксплуатации МАУВ.434753.001РЭ. Приложение 2):

-высоковольтного понижающего преобразователя (ВПП), состоящего из шести последовательно соединенных модулей входного преобразователя (МВП)

A1 – A6, обеспечивающих преобразование напряжения 3000 В в промежуточное напряжение с уровнем 620 В с гальванической развязкой от входной сети;

-инверторов АИН1, АИН2, АИН3, обеспечивающих преобразование напряжения 620 В в три трехфазных напряжения (380 В, 50 Гц; 0 – 380 В, 0 – 50 Гц);

-системы управления.

После включения контакторов КМ81 и КМ84 входное напряжение поступает на вход ВПП через фильтр, состоящий из дросселя L1 и конденсаторов С1 - С3. Резистор R11 служит для ограничения импульсных перенапряжений.

Модули МВП совместно с индуктивностью L2 включаются в работу. Выходы модулей подключены к промежуточным шинам, от которых питаются автономные инверторы напряжения АИН1 – АИН3.

При появлении напряжения на промежуточных шинах АИН1 начинает работать на постоянной частоте 50 Гц. АИН2 и АИН3 начинает работать с минимальной частотой 5 Гц с постоянным нарастанием ее до 50 Гц. С блока А3 на А5 и А6 поступают кодовые сигналы для управления выходными напряжениями. Через синусоидальные фильтры SF1 - SF3 напряжения с инверторов поступают на выход преобразователей.

При температуре окружающей среды ниже минус 40 °С работу преобразователя определяет система температурного контроля – термоблок А15. Работа начинается с включения контакторов КМ80 (от А5) и КМ85 (от А6), через контакты которых подается напряжение 3000 В на резисторы R2 – R5 преобразователя.

При достижении температуры на радиаторах ТGBT транзисторов значения от минус 35 °С до минус 40 °С система температурного контроля дает разрешение на включение ПСН по обычному алгоритму.

7.12. Питание цепей управления (см. схема 3)

Система питания цепей управления – двухпроводная. Источниками питания являются шкаф питания А4 и щелочная никель-кадмиевая аккумуляторная батарея GB1. Шкаф питания представляет собой статический преобразователь напряжения переменного тока в напряжение пульсирующего тока и служит для питания цепей

управления стабилизированным напряжением 110 В, а также для подзаряда аккумуляторных батарей (см. лист 8).

Питание шкафа А4 осуществляется от преобразователя собственных нужд А5 (или от А6) или от сети депо при включении контактора КМ105. Контактор включается тумблером SA6 “ВКЛЮЧЕНИЕ ШП” шкафа питания А4.

Питание цепей управления осуществляется по следующей цепи: полууправляемый мостовой выпрямитель с тиристорами VS1-VS3 и диодами VD1-VD3, дроссель L1, контакты 1Л2 переключателя SA1, предохранитель FU2, контакты X2/2 шкафа, XT2/1...9 блока БАУ и контактор КМ, контакты 1Л1 переключателя SA1, предохранитель FU1, контакты X2/1 шкафа, XT12/1-5 блока БАУ,. Для снижения величины пульсаций выпрямленного напряжения предусмотрен дроссель L1 и конденсатор С5..

Напряжение цепей управления измеряется вольтметром РV при установке тумблера SA4 в положение “ЦЕПИ УПРАВЛЕНИЯ”. Для измерения напряжения аккумуляторных батарей необходимо тумблер SA3 переключить в положение “НАПРЯЖЕНИЕ БАТАРЕИ”.

Питание цепей управления от деповского источника постоянного тока напряжением 110 В может осуществляться через розетку X110. При этом рубильник SA2 должен находиться в положении “ИСТОЧНИК ДЕПО”, а рубильник SA3 “БАТАРЕЯ” – в положении “НОРМАЛЬНО”.

Подзаряд аккумуляторных батарей осуществляется по цепи: плюс выпрямителя, тиристор VS4, слаживающий реактор L2, переключатель SA2, предохранитель FU3, провод 779, аккумуляторная батарея GB1, провод 4000, предохранитель FU5, шунт амперметра RS1, переключатель SA2, датчик – трансформатор тока ТА1, минус выпрямителя. Подзаряд разряженных (полностью или частично) аккумуляторных батарей осуществляется током, не превышающим 40 А. По мере подзаряда напряжение на батареях растет и при достижении определенной величины, зависящей от температуры окружающего воздуха, стабилизируется.

Ток батарей измеряется с помощью амперметра РА.

Заряд от деповского источника напряжения постоянного тока может осуществляться через розетку X110. При подготовке к заряду необходимо в шкафу питания установить переключатель SA2 в положение “ИСТОЧНИК ДЕПО”, а переключатель SA1 – в положение “НОРМАЛЬНО”.

При исчезновении напряжения на обмотках трансформатора T1 шкафа питания (выключение быстродействующего выключателя, отключение преобразователя ПСН и т. д.) в шкафе питания отключается контактор КМ и цепи управления автоматически переключаются на питание от

аккумуляторной батареи GB1 по цепи: плюс батареи GB1, провод 779, контакт 2/3 шкафа питания, предохранитель FU3, переключатель SA2, размыкающий контакт КМ, переключатель SA1, предохранитель FU2, провод 718, контакты XT2/1-9 блока БАУ, контакты XT21/1-14, провод 4002, датчик тока TA1, переключатель SA2, шунт амперметра RS1, предохранитель FU5, провод 4000, минус батареи GB1.

Подробное описание шкафа питания А4 дано в техническом описании электронного оборудования ИДМБ.566661.008РЭ4 (ЗТС.009.004РЭ4).

Цепи управления от токов короткого замыкания защищены автоматическими выключателями, установленными в кабинах и блоках электровоза.

Выключатели с комбинированными расцепителями допускают повторное включение через 2 минуты после срабатывания их от перегрузки, а с электромагнитными расцепителями практически мгновенное повторное включение после их срабатывания.

7.13. Подъем токоприемников

Для подъема токоприемника необходимо подать сжатый воздух в цилиндры привода токоприемника включением электромагнитного вентиля. Подъем токоприемника (схема 2) ХА1 осуществляется включением вентиля Y6, подъем токоприемника ХА2-включением вентиля Y7.

Подъем токоприемника возможен только при закрытых дверях и шторах высоковольтной камеры, закрытых дверях преобразователя возбуждения импульсного U1 и при положении “НЕ ЗАЗЕМЛЕНО” высоковольтного заземлителя QS3.

Для обеспечения питания цепей управления токоприемниками необходимо включить выключатель SF12 “ТОКОПРИЕМНИКИ”, SF22 “ЗАЗЕМЛИТЕЛЬ”

При включении выключателя SF22 “ЗАЗЕМЛИТЕЛЬ” образуется цепь:

выключатель SF22 «Заземлитель» , провод 801, клемма XT53/9, провод 809, блокировка SQ9 панели со счетчиками, провод 810, клемма XT53/10, провод 811, клемма XT58/2, провод 817, клемма XT14/25, провод 812, блокировка SQ1 импульсного преобразователя U1, провод 813, разъем XT15/11, провод 818, разъем XT18/6, катушка реле K2, «минус».

Включившись, реле K2 замыкает свои контакты в цепи катушки реле K3.

Включение токоприемников осуществляется с помощью выключателей “ТОКОПРИЕМНИК ПЕРЕДНИЙ” (при подъеме первого по отношению к рабочей кабине токоприемника), “ТОКОПРИЕМНИК ЗАДНИЙ” (при подъеме второго по отношению к рабочей кабине токоприемника) блока выключателей S1. Образуются следующие цепи:

а) подается напряжение на катушку промежуточного реле K3 по цепи:

выключатель SF12, тумблер S41 «Проверка цепей управления», провод 819, клемма XT5/16, провод 821, разъем X4/2, провод 841, разъем X68(1)/2, провод 1002, кнопка «Токоприемник передний» на пульте машиниста, провод 1004, разъем X61(1)/1, провод 842, разъем X13/1, провод 843, клемма XT14/8...9, провод 844, блок разделительных диодов U17, провод 859, разъем X18/7, контакты реле K2, разъем X18/8, провод 860, клемма XT14/15, провод 861, клемма XT30/7, провод 862, автоматического выключателя SF5 питания вспомогательных машин от деповского источника 380В, провод 863, клемма XT30/8, провод 864, клемма XT55/15, провод 865, блокировка QS5 разъединителя ввода электровоза в депо под низким напряжением, провод 866, блокировка QS6 разъединителя ввода электровоза в депо под низким напряжением, провод 867, клемма XT55/16, провод 868, блокировка QS3 заземлителя, провод 805, контакты SP6 датчика – реле давления (замыкает свои контакты при повышении давления воздуха в магистрали токоприемника до 4,5 – 4,8 кгс/см²), провод 806, блокировка блока управления системой пожаротушения A25-A2, провод 807, клемма XT14/16, провод 808, разъем X18/10, катушка реле K3, «минус».

При включении кнопки «Токоприемник задний» на катушку реле K3 собирается аналогичная цепь.

Контакты переключателя SF5, QS5 и QS6 замкнуты, когда соответствующий аппарат находится в положении “Выключено”.

Контакты QS3 замкнуты, когда заземлитель находится в положении “НЕ ЗАЗЕМЛЕНО”.

Диоды D1 и D2 предназначены для исключения подачи напряжения на аппараты управления не рабочего пульта.

Реле K3 включившись, производит следующее:

-замыкающими контактами между проводами M17 и M18 или M21, M22 включает вентиль токоприемника, обеспечивая подъем токоприемников;

-замыкающими контактами между проводами M25 и M26 подготавливает цепь питания катушки электромагнита быстродействующего выключателя QF1, а контактами между проводами M23 и M24 – цепь катушки контактора KM131;

-размыкающими контактами между проводами M19 и M20 подается информация о включении реле K3 в блок A3;

-замыкающими контактами между проводами M27 и M34 подает питание на катушку вентиля защиты Y21.

б) образуется цепь питания катушки реле времени KT1 от клеммы XT14/8...9. Реле KT1, включившись, замыкает свои контакты в цепи вентиля токоприемника Y6. Образуется цепь:

в) клемма XT14/8...9, провод 847, разъем X18/11, контакты реле K3, разъем X21/6, провод 874, контакты реле времени KT1, провод 887, клемма XT14/10, провод 849, катушка вентиля токоприемника Y6, «минус».

Также от клеммы XT14/8...9 образуется цепь:

г) клемма XT14/8...9, провод 853, контакты датчика реле давления XA1-A2, провод 858, клемма XT14/24, провод 873, разъем X21/4, катушка реле K12, «минус»

Через 10-12 секунд после подачи питания на катушку реле времени KT1 разомкнет свои контакты в цепи вентиля токоприемника Y6, но вентиль будет получать питание через контакты промежуточного реле K12.

Реле K12 осуществляет защиту токоприемника от наезда на препятствие. Если по какой – либо причине произойдет разрыв воздухопровода, расположенного в накладке токоприемника, то произойдет резкое падение давления в воздушной магистрали токоприемника, контакты датчика реле давления XA1-A2 разомкнутся, реле K12 потеряет питание и разомкнет свои контакты в цепи вентиля токоприемника Y6.

Аналогично подъем другого токоприемника осуществляется от вентиля Y7 посредством реле времени KT2 и промежуточного реле K21.

Воздух к токоприемникам проходит через пневматические блокировки, которые обеспечивают прохождение только при закрытых дверях высоковольтной камеры.

7.14. Электрические цепи заземлителя.

Чтобы разблокировать высоковольтную камеру необходимо заземлитель перевести в положение «Заземлено». Для этого необходимо нажать на кнопку SB1, расположенную на корпусе заземлителя. При этом подается питание на катушку электромагнитного замка «Заземлено» по цепи:

выключатель SF22 «Заземлитель», провод 822, клемма XT52/1, провод 823, контакты A1 панели реле напряжения (замкнуты, когда на высоковольтном оборудовании электровоза нет напряжения), провод 824, клемма XT52/2, провод 825, клемма XT58/4, провод 826, контакты кнопки SB1 «Заземлитель», провод 827, клемма XT58/5, провод 828, катушка вентиля замка «Заземлено», «минус».

Шток замка втягивается, давая возможность перевести рычаг заземлителя в положение «Заземлено».

В положении «Заземлено» заземлителя замыкается блокировка заземлителя QS3 в цепи проводов 831-832 и получает питание катушка промежуточного реле K9 по цепи:

выключатель SF22 «Заземлитель», провод 822, клемма XT52/1, провод 831, блокировка QS3 заземлителя, провод 832, клемма XT58/6, провод 833, клемма XT15/2, провод 834, разъем X21/8, катушка реле K9, «минус»

Реле K9 размыкает свои контакты в цепи вентиля защиты Y21, исключая возможность подъема токоприемника при включенном заземлителе.

7.15. Цепи микропроцессорной системы управления (МПСУ) электровоза

Для включения и управления электрооборудованием электровоза необходимо включить блоки управления A2, A3 и блоки индикации A9, A10.

Для включения аппаратуры МПСУ необходимо:

-включить выключатели SF14, SF15 “МПСУ”, SF16 МПСУ, 75 В, SF23 “КОНТАКТОРЫ ТД”, SF17 “КОНТРОЛЛЕР (МПК1)”, SF18 “КОНТРОЛЛЕР (МПК2)”, SF20 “Дисплейный модуль”, SF21 “ЦЕПИ ДИАГНОСТИКИ” (смотри схемы 8, 17);

-тумблер S11 на блоке БАУ установить в положение “МПК1” или “МПК2”

-включить выключатель “МПСУ” блока выключателей S1 (смотри лист 10). Напряжение на выключатель подается от выключателя SF14 “МПСУ”.

При этом напряжение через контакты промежуточного реле K15 (включено только при “0” главной рукоятки контроллера машиниста SM поступает на катушку контактора KM125. Включившись, контактор шунтирует контакты реле K15, обеспечивая питание своей катушки при рабочих положениях главной рукоятки контроллера машиниста SM. Силовые контакты контактора KM125 обеспечивают подачу напряжения к источнику питания A7 от шкафа питания A4 и аккумуляторных батарей GB1.

Для обеспечения питания аппаратуры МПСУ стабилизованным напряжением установлен источник питания A7, напряжение к которому поступает от шкафа A4 по проводам 3115, 3109 и 3116 через выключатель SF15 и контакты контактора KM125, а от аккумуляторной батареи – по проводам 3111, 3110 и 3112 через выключатель SF16 и контакты контактора KM125.

Для снижения постоянно подключенной к аккумуляторной батарее нагрузки (для повышения эффективности подзаряда аккумуляторной батареи) провод 784 подключается к положительному выводу десятой банки батареи GB1.2, считая от минуса батареи. Указанное подключение обеспечивает в стационарных режимах подачу напряжения к источнику питания A7 от шкафа A4, а в переходных режимах (включение и выключение БВ) – от аккумуляторной батареи, исключая сбои в работе аппаратуры МПСУ.

Для обеспечения непрерывности питания коммутационной аппаратуры на время переключения контактора КМ в шкафе питания напряжение после автоматического выключателя SF16 поступает на контакт 2/11 блока А4, далее через предохранитель FU4, переключатель SA2, диод VD4, на контакт 1Л2 переключателя SA1.

От источника питания A7 через панель диодов U16 питание напряжением 50 В постоянного тока к аппаратуре МПСУ подается:

-через выключатель SF17 “КОНТРОЛЛЕР (МПК1)”, контакты промежуточного реле K36 для питания микроконтроллера МПК1;

-через выключатель SF18 “КОНТРОЛЛЕР (МПК2)”, контакты промежуточного реле K38 для питания микроконтроллера МПК2;

-через выключатель SF80 “Дисплейный модуль”, контакты переключателя SA1 для питания блоков индикации A9(A10);

-через выключатель SF21 “ЦЕПИ ДИАГНОСТИКИ” для питания цепей диагностики электрооборудования электровоза.

При температуре ниже минус 25°C должен быть включен выключатель SF51 “ОБОГРЕВ МПСУ” для подогрева блоков управления А2, А3. При температуре выше 0 °C выключатель должен быть выключен.

Панель диодов U16 служит для подачи напряжения от двух независимых выходов источника питания А7 цепям автоматики.

Промежуточные реле K13, K35, K36 и K14, K37, K38 не допускают одновременной работы МПК1 и МПК2 и предназначены для подачи напряжения 110 В постоянного тока на катушки и вентили аппаратов, управление которыми осуществляют блоки А2 и А3. Промежуточные реле K13, K35, K36 включаются выключателем “МПСУ” блока выключателей S1 через вспомогательные контакты контактора КМ128 при работе МПК1 блоков управления А2, А3, а промежуточные реле K14, K37, K38 включаются выключателем “МПСУ” блока выключателей S3 через вспомогательные контакты контактора КМ129 при работе МПК2 блоков управления А2, А3.

Контакторы КМ128, КМ129 включаются тумблером S11 “МПК1/МПК2”. Контакты тумблера размыкающими показаны в положении “МПК1”. Контакты реле K15 обеспечивают возможность включения контакторов только в положениях “0” главной рукоятки контроллера машиниста SM1, после включения контакторов их вспомогательные контакты шунтируют контакты реле K15.

7.16. Цепи управления быстродействующим выключателем (см. схема 2)

Для включения быстродействующего выключателя QF1 необходимо:

-включить выключатель SF13 “АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ”;

-включить выключатель “БВ” блока выключателей S1(S28). При этом подается напряжение на катушку реле K31. Реле K31 предназначено для подачи информации в блок управления А3 о включении выключателя “БВ” блока выключателей S1, а также для подачи питания на цепи удержания дифференциальных реле KA2 и KA3.

Быстродействующий выключатель включается вручную от блока выключателей S1. Последующее удержание выключателя, а при необходимости его отключение, осуществляется как от блока А3 системы МПСУ так и без него.

При работе МПСУ от контакта 9/4 А3 получает питание катушки реле K33, обеспечивающее подготовку схемы управления выключателем QF1.

-кратковременно включить выключатель “ВОЗВРАТ ЗАЩИТЫ” блока выключателей S1. При этом включается контактор KM126, который силовыми контактами включает реле дифференциальной защиты KA2, KA3, а вспомогательными контактами передает информацию в блок А3 о восстановлении защиты силовых цепей электровоза.

Через замыкающие вспомогательные контакты контактора KM126, контакты реле K3, K15, K60 получает питание катушка контактора KM131.

Через автоматический выключатель SF82, контакты контактора KM131, контакты реле K31, K3, K12 или K21 получает питание катушка быстродействующего выключателя QF1.

Контакты реле K3 не допускают включение выключателя QF1 при открытых дверях преобразователя U1 или панели со счетчиками (выключатель SQ9), при положении “Заземлено” высоковольтного заземлителя QS3, при нахождении разъединителей QS5, QS6, выключателя SF5 в положении “Включено”.

Контакты реле K15 обеспечивают включение QF1 только на нулевой позиции контроллера машиниста.

Катушка реле K60 подключена к блоку управления ускоренным отключением выключателя QF1-А и свидетельствует о его работоспособности. В случае неисправности блока QF1-А контакты реле K60 шунтируются комплектами выключателя SF81 при его включении. Через другие контакты SF81 подается сигнал

в блок А3. После отпускания выключателя “Возврат защиты” контакторы КМ126 и КМ131 отключаются.

Напряжение на катушку QF1 поступает через балластные резисторы R31 - R34, при этом ток в цепи катушки уменьшается. Питание на катушку QF1 поступает по цепи:

а) при включенном МПСУ:

-контакт 9/3 блока А3, провод 896, контакт реле К33, провода 3615, 3616, резисторы R31 - R34, провода 3618, 3611, контакты реле К31, К3, К12 или К21, катушка QF1;

б) при выключенном МПСУ:

- автоматический выключатель SF82, провода 3602, 3601, размыкающий контакт К33, провода 36156, 3616 и далее по указанной выше цепи.

При снятии питания с катушки QF1 быстродействующий выключатель отключается, снимая питания с силовых цепей.

Для уменьшения времени отключения выключателя в аварийных режимах на нем установлена отключающая катушка QF1 (Х2А, Х2В). Питание на катушку подается от блока управления QF1-А при поступлении на него сигналов:

-от блока А3 МПСУ через контакты реле К31 между проводами 3633 и 922;

-при замыкании одного из контактов дифференциальных реле КА2, КА3 реле максимального тока отопления состава КА1 через замыкающие вспомогательные контакты QF1.

Контакты реле КА1 предназначены для отключения выключателя QF1 при коротких замыканиях в цепи питания отопления поезда, контакты реле КА2 – для отключения выключателя QF1 при коротких замыканиях в цепях питания тяговых электродвигателей М1-М6, контакты реле КА3 – для отключения выключателя QF1 при коротких замыканиях в цепи питания преобразователей А5 и А6, а компрессора. Контакты реле К31 предназначены для отключения выключателя QF1 при выключении выключателя “БВ” блока выключателей S1 или при нажатии кнопки SB7 “АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ БВ”, контакты реле К3 – для отключения выключателя QF1 при отключении токоприемника. Контакты реле К33

предусмотрены для обеспечения возможности работы выключателя как с помощью МПСУ, так и без него.

Информация о включении реле К33 и выключателя QF1 передаётся в блок А3 через замыкающие контакты реле и выключателя соответственно.

После отключения выключателя “ВОЗВРАТ ЗАЩИТЫ” блока выключателей S1 отключается контактор KM126. Отключившись, силовые контакты контактора KM126 размыкают цепь питания катушек реле KA2, KA3, вводя через контакт K31 в цепь последних резистор, обеспечивающий ограничение тока через катушки реле KA2, KA3.

Если быстродействующий выключатель не включится или отключится, на блоке индикации A9(A10) отобразится причина.

7.17. Цепи управления вспомогательными машинами (схема13,14)

Управление работой вспомогательных машин осуществляется блоком управления А3 при включении выключателей “ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ”, “КОМПРЕССОР”, “ВЕНТИЛЯТОРЫ” блока выключателей S1, S16 и тумблерами S18 “ВЕНТИЛЯТОР 1”, S19 “ВЕНТИЛЯТОР 2”, автоматические выключатели SF1 “ПСН1”, SF2 “ПСН2”.

Тумблеры предназначены для отключения, при необходимости, соответствующих электродвигателей (например, в случае неисправности). Для обеспечения питания цепей управления вспомогательных машин необходимо включить выключатели SF25 “КОМПРЕССОР”, SF26 “ВЕНТИЛЯТОРЫ”(схема8).

Цепи управления электродвигателя компрессора (схема13)

Для включения электродвигателя компрессора необходимо:

-включить выключатель “КОМПРЕССОР” блока выключателей S1. Напряжение от выключателя “КОМПРЕССОР” подается на блок управления А3 (разъем X6 клеммы 26,) через контакты датчика-реле давления SP7;

-система управления компрессорного агрегата предназначена для управления системой подогрева. а также контроля перегрева масловоздушной смеси и состоит из:

- датчика-реле температуры масла в корпусе компрессора;
- датчика-реле температуры масловоздушной смеси;
- датчика-реле температуры масла в холодильнике;
- блока коммутации.

При готовности агрегата к работе напряжение от выключателя "КОМПРЕССОР" и через размыкающие контакты реле K1 контактора KM1 и соединителя X1/3 компрессорного агрегата A24 поступает на контакт 6/31 блока A3.

При давлении воздуха ниже 0,75 Мпа($7,5 \text{ кгс}/\text{см}^2 + 0,25 \text{ кгс}/\text{см}^2$) контакт SP7 на входе A3 замкнут и на контакт 6/26 подается напряжение +50 В. При наличии этих сигналов блок управления A3 подает напряжение на катушку контактора KM90.1 (при питании электродвигателя компрессора от преобразователя A5) и на вентиль Y9 или на катушку контактора KM90.2 (при питании электродвигателя от A6) (схема7) и на вентиль Y9.

При перегреве масловоздушной смеси агрегата (температура контролируется датчиком – реле температуры с переключающимися контактами K1) с контакта X1/3 напряжение снимается, а через X1/4 агрегата на X6/32 блока A3 выдается сигнал о перегреве.

При температуре масла в картере ниже минус 40 °C (температура контролируется датчиком – реле температуры K2) система управления контактором KM1 включает электронагреватели ЕК2, ЕК3, ЕК4 общей мощностью не более 0,9 кВт размыкающим вспомогательным контактом KM1 снимается напряжение с контакта X1/3, а через контакт X1/5 агрегата на X6/33 выдается сигнал о режиме нагрева.

Система управления поддерживает температуру масла в масловоздушном холодильнике выше минус 20 °C. Температура контролируется датчиком – реле K3. При включенном электронагревателе масла ЕК1 мощностью не более 0,1 кВт, через контакт X1/6 агрегата на X6/37 А3 подается сигнал о включенном нагреве масла. При этом допускается работа агрегата.

Вентиль Y9 при включении компрессора подключает систему осушки сжатого воздуха, подаваемого в питательную пневматическую магистраль электровоза. Включившись, контактор КМ90.1 или КМ90.2 силовыми контактами соответственно включает электродвигатели М1 и М2 агрегата А24 (схема7) , а вспомогательными контактами передает информацию в блок А3 о фактическом включении контактора КМ90.1 или контактора КМ90.2.

Цепи питания электродвигателей защищены электротепловым реле ККЗ (схема7). Размыкающие контакты реле включены на входе блока А3 (схема13). При срабатывании реле его контакт размыкается, при этом блок А3 отключает контактор КМ90.1 или КМ90.2, на блоке индикации появляется соответствующая информация.

При достижении давления воздуха в питательной магистрали 0,9 Мпа $\pm 0,025$ Мпа ($9 \text{ кгс}/\text{см}^2 \pm 0,25 \text{ кгс}/\text{см}^2$) контакты датчика-реле давления SP7 размыкаются и компрессор отключается.

На электровозе, наряду с главными компрессорами, установлен вспомогательный компрессор, электродвигатель М19 которого питается от цепей управления напряжением 110 В. Указанный компрессор служит для подъема токоприемника ХА1(ХА2) и включения быстродействующего выключателя QF1 при отсутствии сжатого воздуха в питательной магистрали. Для включения электродвигателя вспомогательного компрессора необходимо включить тумблер S21 “КОМПРЕССОР ТОКОПРИЕМНИКА”, установленный на передней стенке блока “БАУ” (схема8). При этом включается электромагнитный контактор КМ116, который обеспечивает включение электродвигателя компрессора. Напряжение подается от выключателя SF11 и контакты пневматического выключателя SP5. В случае, если давление в магистрали главного выключателя поднимется до величины 0,67-0,73 Мпа ($6,7-7,3 \text{ кгс}/\text{см}^2$), контактор КМ116 отключается пневматическим выключателем SP5, отключая при этом электродвигатель компрессора М19.

Цепи управления электродвигателями вентиляторов (схема7,14)

Для включения электродвигателей вентиляторов необходимо:

-включить выключатель “ВЕНТИЛЯТОРЫ” блока выключателей S1. Напряжение от выключателя “ВЕНТИЛЯТОРЫ” подается на блок управления А3

(разъем X6 клеммы 29, 30) через тумблеры S18 “Вентилятор 1” и S19 “ВЕНТИЛЯТОР 2”;

-блок управления подает напряжение на катушки контакторов КМ107.1, КМ111.1. Включившись, силовыми контактами контакторы КМ107.1, КМ111.1 включают

электродвигатели М13, М16 соответственно, а вспомогательными контактами подается информация в блок А3 о фактическом включении контакторов КМ107.1, КМ111.1.

Питание на катушку контактора КМ107.1 от блока А3 подается при условии, что включен тумблер S18 “ВЕНТИЛЯТОР 1”, работает преобразователь А5, включен выключатель, SF6 “МУЛЬТИЦИКЛОНЫЕ ФИЛЬТРЫ” и отключен контактор КМ107.2, отключены пускатели КМ108, КМ109.

Питание на катушку контактора КМ111.1 от блока А3 подается при условии, что включен тумблер S19 “ВЕНТИЛЯТОР 2”, работает преобразователь А6, включен выключатель, SF8 “МУЛЬТИЦИКЛОНЫЕ ФИЛЬТРЫ” и отключен контактор КМ111.2, отключены пускатели КМ112, КМ113.

При отказе преобразователя А5 или А6, блок управления А3 снимает напряжение с катушки КМ107.1 или КМ111.1 соответственно, и подает напряжение на катушки КМ107.2 или КМ111.2, обеспечивая тем самым пуск и работу электродвигателей М13, М16 на частоте 37 Гц.

При срабатывании теплового токового реле КК1 или КК2 блок А3 снимает напряжение с катушек контакторов КМ107.1, КМ111.1 или КМ107.2, КМ111.2, обеспечивая тем самым отключение соответствующего из электродвигателей вентиляторов.

Через вспомогательные контакты КМ107.1 или КМ107.2 подается напряжение от выключателя SF26 “ВЕНТИЛЯТОРЫ” к катушкам пускателей КМ108, КМ109, а через вспомогательные контакты КМ111.1 или КМ111.2 – к катушкам пускателей КМ112, КМ113. Включившись, силовыми контактами пускатели КМ108, КМ109, КМ112, КМ113-соответственно подключают питание к электродвигателям М14, М15, М17, М18, а вспомогательными контактами подается информация в блок А3 о их фактическом включении .

В случае срабатывания тепловых реле пускателей КМ108, КМ109, КМ112, КМ113 в цепи питания катушек пускателей включены их контакты отключения соответствующего пускателя.

7.18. Цепи управления тяговыми электродвигателями в режиме тяги (схема11, 15, 16)

Управление режимами работы и током тяговых электродвигателей осуществляется блоком управления А2 с помощью контроллера машиниста SM1.

При установке реверсивной рукоятки контроллера машиниста SM1 в положение “ВПЕРЕД” блок управления А2 по заданию от контроллера машиниста SM1 подает напряжение “+” 110В от выключателя SF23 “Контакторы ТД” на вентили реверсивных переключателей QP1, QP2. Для контроля за переводом реверсивных переключателей QP1, QP2 в заданное положение в блок управления А2 подается информация с вспомогательных контактов QP1, QP2.

Сбор схемы тяги завершается после перевода главной рукоятки контроллера машиниста SM1 в положение “ФП” (фиксация позиции). При этом блок управления А2 осуществляет перевод тормозных переключателей QT1-QT3 в положение “ТЯГА” и последующий контроль за положением переключателей QT1-QT3 в соответствии с полученным заданием.

В положении “ФП” главной рукояткой контроллера SM1, блок А2 собирает 1-ю позицию цепи питания тяговых электродвигателей, включив контакторы согласно таблице (схема24).

Питание катушек вентилей контакторов осуществляется напряжением 110В от автоматического выключателя SF23 “КОНТАКТОРЫ ТД” через замыкающие контакты контактора КМ128 (при работе МПК1) или КМ129 (при работе МПК2).

Сбор 1-й позиции должен обеспечиваться при выполнении следующих условий:

-включен быстродействующий выключатель QF1;

2) включены тумблеры S2-S5 “ТЯГОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ” и S6...S9 “R6”, “R7”, “R9” (информация передается в блок А2 через замыкающие контакты тумблеров индивидуально для каждого из них);

3) включены вентиляторы охлаждения тяговых электродвигателей (включены контакторы КМ107.1, КМ111.1 или КМ107.2, КМ111.2, или КМ107.1, КМ111.2 или КМ111.1, КМ107.2), вентиляторы фильтров (включены контакторы КМ108, КМ109, КМ112, КМ113), открыты жалюзи (замкнуты контакты блокировок SQ5...SQ8).

4) реверсивные QP1, QP2 и тормозные QT1 – QT3 переключатели находятся в заданном положении;

5) заряжена тормозная магистраль (информация передается в блок А3 через контакты датчика-реле давления SP10);

6) клапан автостопа А32-А13 приведен в рабочее состояние:

-замкнуты контакты “Ключ” (информация передается в блок А3);

-разомкнуты контакты “Пневмат.” (информация передается в блок А3);

7) контроллер крана машиниста SM1 и не находится в положении экстренного торможения

8) замкнуты контакты выключателя “Аварийный останов электровоза” (информация передается в блок А3);

9) включено промежуточное реле К33 (схема9);

10) отключены контакторы КМ25, КМ32, КМ40, КМ61.

При нарушении в процессе работы электровоза в режиме тяги любого из вышеперечисленных условий, кроме условия 2), МПСУ должна разобрать схему цепей

питания тяговых электродвигателей путем отключения контакторов, как указано выше, с отражением на блоке индикации причины их отключения. Возможность повторного сбора схемы цепи питания тяговых электродвигателей должна обеспечиваться после предварительного перевода главной рукоятки контроллера машиниста в нулевое положение и восстановления нарушенного условия.

Переключателем S1 на контроллере машиниста SM1 задается ток перехода тяговых двигателей с позиции на позицию, а рукояткой скорости контроллера машиниста SM1 задается скорость электровоза. Тумблером S10 устанавливается

режим автоматического или ручного набора позиций. На схеме тумблер S10 показан в положении автоматического набора позиций.

Блок управления А2, при установке главной рукоятки контроллера машиниста SM1 в положение “Н” (набор), осуществляет автоматический набор позиций до достижения электровозом заданной скорости. Для получения требуемой ступени блок управления А2 подает напряжение на катушки линейных и реостатных контакторов, а также на катушки контакторов ослабления возбуждения ТЭД по заданному алгоритму (схема24). При этом в блок управления А2 подается информация о положении контакторов согласно заданному алгоритму. В случае не включения контактора или самопроизвольного его отключение, блок управления А2 выводит информацию машинисту на блок индикации А9(А10) о возникновении аварийного режима и останавливает набор позиций.

В случае необходимости машинист также может приостановить набор позиций, установив главную рукоятку контроллера машиниста SM1 в положение “ФП”.

При достижении электровозом заданной скорости главная рукоятка контроллера машиниста SM1 устанавливается в положение “ФП”, и блок управления А2 автоматически поддерживает заданную скорость, обеспечивая работу электровоза на безреостатных ступенях.

При установке главной рукоятки контроллера машиниста SM1 в положение “С” (брос), блок управления А2 осуществляет сброс позиций до достижения заданной скорости электровоза или сброс позиций до маневровых ступеней в случае отсутствия задания скорости электровоза.

При переводе тумблера S10 в положение “РУЧНОЙ НАБОР СТУПЕНЕЙ” машинист вручную задает набор или сброс позиций. При переводе главной рукоятки контроллера машиниста “SM1” из положение “ФП” в положение “Н” блок управления А2 осуществляет набор на 1 ступень. Для осуществления набора еще на 1 позицию необходимо вернуть главную рукоятку в положение “ФП”, а затем вновь перевести в положение “Н”. Аналогично осуществляется сброс позиций.

При переводе тяговых двигателей с соединения С на СП (переход с 22-й позиции на 23-ю) и с СП на П (переход с 39-й позиции на 40-ю) переходные

позиции (в таблице схемы электровоза (схема24)обозначены буквой П) должны переключаться МПСУ автоматически.

На безреостатных позициях 22, 39, 52 МПСУ должна обеспечивать включение контакторов ослабления возбуждения при подаче команды на включение напряжением 50 В с помощью тумблера на контроллере машиниста.

1-я ступень ослабления возбуждения должна обеспечиваться после кратковременного переключения тумблера из среднего положения в положение “ОВ-Н”, 2-я ступень – после повторного переключения и т. д.

При поступлении в МПСУ команды на переход с безреостатной позиции на реостатную при наличии ослабления возбуждения тяговых двигателей МПСУ должна перевести двигатели на полное возбуждение, отключив контакторы ослабления возбуждения, и только после этого обеспечить переход на реостатную позицию без восстановления ослабления возбуждения.

При положении любого из контакторов, не соответствующем таблице (лист 24), на блок индикации должна выводиться соответствующая информация.

На безреостатных позициях 22, 39, 52 после кратковременной подачи в МПСУ напряжения 50 В путем переключения тумблера на контроллере машиниста из среднего положения в положение “ОВ-С” должно обеспечиваться снижение степени ослабления возбуждения тяговых двигателей. После каждого переключения должно происходить снижение ослабления возбуждения на одну ступень.

Разбор схемы цепей питания тяговых двигателей осуществляется путем перемещения главной рукоятки контроллера в нулевое положение, при этом МПСУ должна перевести тяговые двигатели на С – соединение, отключить реостатные контакторы (состояние контакторов должно соответствовать первой позиции), отключить линейные контакторы КМ12, КМ16, КМ21, КМ37 и после их отключения отключить линейные контакторы КМ4, КМ5, КМ9, КМ10, КМ62, КМ64, КМ1.

Информация об установке главной рукоятки контроллера в нулевое положение передается в блок А2 через контакты К15, а также снятием напряжения 50 В со входов блока А2, куда оно подавалось в положениях “С”, “ФП”, “Н” рукоятки.

На контроллере машиниста SM1 предусмотрен переключатель S2 с самовозвратом для набора и сброса ступеней ослабления возбуждения ТЭД на любой позиции по заданию машиниста.

7.19. Цепи управления тяговыми электродвигателями в режиме реостатного торможения

Сбор схемы в режиме электрического (реостатного) торможения обеспечивается только при включенном выключателе SA6 “ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОРМОЗ”. При этом положение тумблера S10 “АВТОМАТИЧЕСКИЙ Н/С – РУЧНОЙ Н/С” не оказывает влияние на ниже приведенный принцип управления.

Для обеспечения питания цепей управления тяговыми двигателями необходимо включить выключатель SF25 “КОНТАКТОРЫ ТД”, SF29 “ПИТАНИЕ ПВИ” (схема8).

Для переключения электровоза из режима тяги в режим реостатного торможения необходимо:

-главную рукоятку контроллера машиниста SM1 установить в нулевое положение. При этом блок управления А2 снимает напряжение с катушек реостатных контакторов, что приводит к введению в цепь якорей ТЭД всех пускотормозных резисторов R6-R9 и ограничению тока в данной цепи. Затем блок управления А2 снимает напряжение с катушек линейных контакторов, что приводит к размыканию цепи ТЭД и обеспечивает возможность переключения тормозных переключателей QT1-QT3 из положения “Тяга” в положение “ТОРМОЖЕНИЕ” только после затухания переходных процессов в цепях тяговых двигателей;

Главную рукоятку контроллера машиниста SM1 установить в положение “ПТ” (предварительное торможение). При этом снимается с катушек “ТЯГА” переключателей QT1-QT3 и подается напряжение на катушки “ТОРМОЖЕНИЕ” переключателей QT1-QT3 и катушки контакторов K97-K100. Переключатели QT1-QT3 и контакторы KM25, KM32, KM40, KM61 подготавливают силовые цепи и цепи управления для работы в режиме реостатного торможения. В течение 6 сек. Действует ступень предварительного торможения, затем перемещением главной рукоятки контроллера машиниста SM1 в зоне “ТОРМОЗ”, задается величина

тормозного усилия, которая реализуется либо регулированием тока возбуждения ТЭД, либо изменением величины тормозных резисторов R6-R9.

Сборка схемы электрического тормоза при включенном выключателе SA6 “Электрический тормоз” (схема10) также осуществляется:

-при служебном торможении краном машиниста по сигналу от датчика – реле давления A13-SP1 (схема18) при появлении давления в воздухораспределителе 0,3-0,4 кгс/см². При замыкании контакта A13- SP1 получает питание катушка K11, через замыкающий контакт которого поступает сигнал на контакт X8/30 блока А3 на сборку схемы электрического тормоза (схема12).

В случае, если контроллер машиниста находится на тяговой позиции электрическая схема режима “Тяга” разбирается, и собирается схема режима “Тормоз”.

В течение 6 сек. действует ступень предварительного торможения с минимальным значением тормозной силы.

Далее, при переводе рукоятки контроллера с нулевой на тормозные позиции устанавливается тормозное усилие, соответствующее установленной тормозной позиции контроллера;

-при разрядке тормозной магистрали, соответствующей экстренному торможению по сигналу от датчика – реле давления SP10 (схема12) после сборки электрической схемы электрический тормоз включается с максимальной тормозной силой независимо от положения рукоятки контроллера;

-при аварийной остановки поезда после выдергивания ключа, замыкается контакт выключателя SQ4 в цепи катушки реле K1 (схема18). После замыкания контакта реле K1 на входе блока А3 (схема12) МПСУ выполняет следующее:

-разбирается электрическая схема в режиме “Тяга” (если контроллер находился на поездной позиции);

-собирается электрическая схема в режиме “Тормоз”, с регулированием тормозной силы по предельной характеристике;

-подается питание на вентиль A14-Y2, обеспечивающий подачу воздуха в тормозные цилиндры давлением 2 кгс/см²(схема12);

-подается питание на вентили песочниц, обеспечивающие подачу песка под передние оси обеих тележек;

-подается питание на вентиль звукового сигнала - "тифон";

-экстренное торможение состава электропневматическим тормозом на полную эффективность (управлением катушками реле К4 и К5).

Контактные реле К1 кроме этого обеспечивают отключение катушки электропневматического клапана (см. ЭП2К.70.20.002Э4). При снижении скорости до 1—12 км/ч схема электрического тормоза разбирается, отключаются вентили песочниц, телефона, происходит пневматическое торможение состава с полной эффективностью.

7.20 Цепи управления тяговыми электродвигателями в аварийных режимах.

Отключение тяговых двигателей М1, М2

При отключении тумблера S2 обеспечивается сбор схемы и работа в режиме тяги на С и П – соединениях без тяговых двигателей М1, М2. Информация об отключении тумблера S2 подается в блок А2 снятием напряжения с её входа контактами тумблера. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения А.

Отключение тягового двигателя М3.

При отключении тумблера S3 обеспечивается сбор схемы и работа в режиме тяги на С, СП и П – соединениях без тягового двигателя М3. Информация об отключении тумблера S3 передается в блок А2 снятием напряжения с ее входа контактами тумблера. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения Б.

Отключение тягового двигателя М4

При отключении тумблера S4 обеспечивается сбор схемы и работа в режиме тяги на С, СП и П – соединениях без тягового двигателя М4. Информация об отключении тумблера S4 передается в блок А2 снятием напряжения с ее входа контактами тумблера. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения В.

Отключение тяговых двигателей М3, М4

При отключении тумблеров S3, S4 обеспечивается сбор схемы и работа в режиме тяги на С и П – соединениях без тяговых двигателей М3, М4. Информация об отключении тумблеров S3, S4 передается в блок А2 снятием напряжения с ее входа контактами тумблеров. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения Г.

Отключение тяговых двигателей М5, М6

При отключении тумблера S5 обеспечивается сбор схемы и работа в режиме тяги на С и П – соединениях без тяговых двигателей М5, М6. Информация об отключении тумблера S5 передается в блок А2 снятием напряжения с ее входа контактами тумблера. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения Д.

Отключение тяговых двигателей М1, М2, М3.

Отключение тяговых двигателей М1, М2, М3 (вследствие неисправности электродвигателя М13 вентилятора охлаждения тяговых двигателей, преобразователя А5).

При отключении тумблеров S2, S3 обеспечивается сбор схемы и работа в режиме тяги на С – соединении без тяговых двигателей М1, М2, М3. Информация об отключении тумблеров S2, S3 передается в блок А2 снятием напряжения с ее входа контактами тумблеров. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения Е.

Отключение тяговых двигателей М4, М5, М6.

Отключение тяговых двигателей М4, М5, М6 (вследствие неисправности электродвигателя М16 вентилятора охлаждения тяговых двигателей, преобразователя А6).

При отключении тумблеров S4, S5 обеспечивается сбор схемы и работа в режиме тяги на С – соединении без тяговых двигателей М4, М5, М6. Информация об отключении тумблеров S4, S5 передается в блок А2 снятием напряжения с ее входа контактами тумблеров. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения Е.

Отключение блока пуско-тормозных резисторов R6.

При отключении тумблера S6 должна обеспечиваться сбор схемы и работа в режиме тяги на С и СП – соединениях без блока пуско-тормозных резисторов R6. Информация об отключении тумблера S6 подаётся в блок А2 снятием напряжения с её входа контактами тумблера. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения Ж.

На 1-й позиции включается 4-я ступень ослабления возбуждения тяговых двигателей и отключается на 2-й позиции.

Отключение блока пуско-тормозных резисторов R7.

При отключении тумблера S7 должна обеспечиваться сбор схемы и работа в режиме тяги на С и СП – соединениях без блока пуско-тормозных резисторов R7. Информация об отключении тумблера S7 подаётся в блок А2 снятием напряжения с её

входа контактами тумблера. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения 3.

На 1-й позиции включается 4-я ступень ослабления возбуждения тяговых двигателей и отключается на 2-й позиции.

Отключение блока пуско-тормозных резисторов R8.

При отключении тумблера S8 должна обеспечиваться сбор схемы и работа в режиме тяги на С и СП – соединениях без блока пуско-тормозных резисторов R8. Информация об отключении тумблера S8 подаётся в блок А2 снятием напряжения с её входа контактами тумблера. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения И.

На 1-й позиции включается 4-я ступень ослабления возбуждения тяговых двигателей и отключается на 2-й позиции.

Отключение блока пуско-тормозных резисторов R9.

При отключении тумблера S9 должна обеспечиваться сбор схемы и работа в режиме тяги на С и СП – соединениях без блока пуско-тормозных резисторов R9. Информация об отключении тумблера S9 подаётся в блок А2 снятием напряжения с её входа контактами тумблера. Блок управления А2 обеспечивает включение соответствующих линейных и реостатных контакторов согласно Приложения К.

На 1-й позиции включается 4-я ступень ослабления возбуждения тяговых двигателей и отключается на 2-й позиции.

Примечания:

1) МПСУ не должна реагировать на переключение тумблеров S2...S9 при нахождении главной рукоятки контроллера машиниста на рабочих (не на нулевой) позициях;

2) Сбор схемы реостатного тормоза при отключенном любом из тумблеров S2...S9 должен быть исключён;

3) Для вышеперечисленных аварийных схем должен обеспечиваться только ручной набор позиций независимо от положения тумблера S10 «Автоматический н/с – Ручной н/с», сброс позиций в соответствии с положением этого тумблера;

4) При сборе первой позиции аварийных схем с отключением блоков пускотормозных резисторов сначала должны включаться реостатные контакторы, шунтирующие отключаемый блок, и контакторы, обеспечивающие 4-ю ступень ослабления возбуждения тяговых двигателей, и после их включения – линейные контакторы.

7.21. Цепи защиты от боксования и юза

Защита от боксования и юза обеспечивается подсыпкой песка под колесные пары и снижением момента тяговых двигателей. Обнаружение боксования и юза осуществляется с помощью датчиков напряжения UV2-UV7 (схема 5, 18).

Подсыпка песка осуществляется при подаче напряжения на катушки пневмовоздухораспределителей Y14, Y16 или Y15, Y17 от блока управления АЗ через контакты реверсивного переключателя QP1. При этом включаются пневмовоздухораспределители Y14, Y16 или Y15, Y17 в зависимости от направления движения, обеспечивающие подсыпку песка под первую и четвертую по ходу движения колесные пары. Задание на периодическую подсыпку песка под первую по ходу движения колесную пару подается в блок управления при кратковременном включении кнопочного выключателя SB13 “ПЕСОК”, а под первую и четвертую колесные пары при нажатии педали SB14 “ПЕСОК”.

Импульсную подсыпку песка также осуществляет блок управления АЗ при обнаружении боксования или юза (при включенном тумблере S22 “ПЕСОК АВТ-КИ”).

При боксовании или юзе одновременно с импульсной подсыпкой песка блок управления обеспечивает:

а) при боксовании:

на С – соединении - перевод боксующего тягового двигателя с полного возбуждения на ступень ОВ5 за исключением случаев синхронного боксования и применения аварийных схем с отключенными тяговыми двигателями;

-перевод всех тяговых двигателей с ослабленного на полное возбуждение;

на СП и П соединениях

-ввод части пусковых резисторов в цепь тяговых двигателей путем перехода на более низкие реостатные позиции при боксовании в режиме полного возбуждения;

-перевод всех тяговых двигателей с ослабленного на полное возбуждение.

Если боксование не прекращается, то должна включаться часть пусковых резисторов.

После прекращения боксования должен автоматически восстанавливаться заданный режим путем поочередного набора реостатных позиций или позиций ослабления возбуждения независимо от того, находится тумблер S10 в положение “АВТОМАТИЧЕСКИЙ Н/С” или “РУЧНОЙ Н/С”;

б) при юзе – уменьшение тока возбуждения тяговых двигателей.

После прекращения юза должен автоматически восстанавливаться заданный контроллером машиниста режим.

7.22. Цепи сигнализации о состоянии оборудования (схема19)

Напряжение питания “+ 50 В” на блоки сигнализации подается через размыкающие вспомогательные контакты выключателя QF1 (схема9). Включение

сигнальных индикаторов блока производится блоком А3 путем подачи напряжения на соответствующие входы.

Сигнализации осуществляется индикаторами блока сигнализации А22 в кабинах машиниста (схема19).

При включении выключателей SF34, SF51, SF52 МПСУ, SF53 КОНТАКТОРЫ ТД, SF81 КОНТРОЛЛЕР 1 (МПК1), SF82 КОНТРОЛЛЕР 2 (МПК2) и выключателя МПСУ на блоке выключателей S27(S28) подается напряжение в блок А22, обеспечивающий включение индикаторов путем подачи напряжения на соответствующие входы.

Контакты SA1 между проводами 4273 и 4274 в цепи “минуса” питания обеспечивают включение сигналов только в той кабине, из которой осуществляется управление электровозом.

7.23. Цепи управления контакторами отопления поезда (схема14)

Для включения отопления поезда в блок управления А3 подается напряжение 50 В выключателем SA7 “ОТОПЛЕНИЕ ПОЕЗДА”. При включении выключателя SA7(1) блок А3 включает контакторы КМ42, КМ43, при включении выключателя SA7(2) – контакторы КМ42, КМ44. Питание катушек контакторов осуществляется от выключателя SF28 “ОТОПЛЕНИЕ ПОЕЗДА” через замыкающие контакты реле K36 (при работе МПК1) или K38 (при работе МПК2) при условии, что включен быстродействующий выключатель QF1 и отключен разъединитель QS4. Разъединитель QS4 предназначен для создания силовой цепи отопления поезда в случае работы электровоза ведомым или движения электровоза резервом в составе пассажирского поезда.

Информация об отключении разъединителя QS4 и включении контакторов КМ42, КМ43, КМ44 передается в блок А3 через размыкающие контакты QS4 и замыкающие контакты КМ42, КМ43, КМ44 индивидуально для каждого из аппаратов.

7.24. Цепи управления клапаном отпуска тормозов, вентилями звуковых сигналов и пневмовоздухораспределителями подачи песка (схема18).

Для отпуска тормозов электровоза включением кнопочного выключателя SB19 “ОТПУСК ТОРМОЗА” на катушку вентиля Y4 блока А14 подается напряжение. При этом включается электроботокировочный клапан Y4.

Блок управления А3 включает тифоны при экстренном торможении краном машиниста или аварийном торможении при выдергивании штока выключателя SQ4 на пульте управления. Включение тифонов осуществляется подачей напряжения на катушки

электропневматических вентилей Y12, Y13 от выключателя SF27 через замыкающие контакты реле K13 (при работе МПК1) или K14 (при работе МПК2) или – от кнопок SB9, SB10 “ТИФОН”, или на пульте машиниста.

Электропневматические вентили свистка Y10, Y11 включаются кнопочными выключателями SB11,SB12, SB20 “СВИСТОК” от выключателя SF27 “ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ”.

Блок управления А3 включает пневмовоздухораспределители подачи песка Y14, Y16 или Y15, Y17 в зависимости от направления движения в следующих условиях:

-при включении выключателей кнопочного SB13 или педального SB14 “ПЕСОК”;

-при срабатывании электропневматического клапана автостопа (информация о срабатывании передается в блок А26 через контакты ПНЕВМАТ), но при условии, что включен тумблер S22 “ПЕСОК АВТОМАТИЧЕСКИ” и скорость движения более 10 км/ч;

-при экстренном торможении краном машиниста (информация об экстренном торможении передается в блок А3 от датчика-реле давления SP10, но при условии, что включен тумблер S22 и скорость движения более 10 км/ч;

-при выдергивании штока выключателя SQ4 “АВАРИЙНЫЙ ОСТАНОВ ЭЛЕКТРОВОЗА” (информация о включении передается в блок А25 через контакты SQ4 , но при условии, что включен тумблер S22 и скорость движения более 10 км/ч;

-при боксации и юзе, но при условии, что включен тумблер S22 “ПЕСОК АВТОМАТИЧЕСКИ”.

Питание катушек пневмовоздухораспределителей осуществляется от выключателя SF27 через замыкающие контакты реле K13 (при работе МПК1) или K14 (при работе МПК2). Панели диодов U18 предназначены для исключения подачи напряжения на аппараты ведомой кабины.

Контакты SA1(SA2), соединенные последовательно с контактами A32-A17, A32-A27 передают информацию в блок А3 о том, из какой кабины ведется управление.

Контакты SA1 предназначены для обеспечения отпуска тормозов, включения аварийного тормоза и пескоподачи только из рабочей кабины.

7.25. Цепи управления гребнесмазывателем (схема18)

Электропневматический вентиль У18(У19) предназначен для подачи смазки на гребни колес электровоза при прохождении заданного расстояния. Переключатель SA2 обеспечивает подачу смазки на гребни колес первой колесной пары по ходу движения.

Управление вентилем У18(У19) осуществляется от блока управления А3. При этом блок А26 по сигналам, получаемым от датчиков угла поворота А37-BR1, А37-BR2 (см. ЭП2К.70.24.002Э4 лист 2), определяет пройденное электровозом расстояние и через

каждые 87,5 м включает вентиль У18(У19). Длительность включения вентиля – 1 с. Питание катушки вентиля У17(У18) осуществляется от тумблера S23 “ГРЕБНЕСМАЗЫВАТЕЛЬ” через замыкающие контакты реле K13 (при работе МПК1) или K14 (при работе МПК2). В результате сжатый воздух поступает из питательной магистрали к форсункам, которые обеспечивают при этом подачу смазки на гребни первой по ходу движения колесной пары.

Блок А3 осуществляет запрет на подачу смазки на гребни колесной пары в случае применения пневматического тормоза (при достижении давления воздуха в тормозных цилиндрах электровоза 0,11-0,13 Мпа (1,1-1,3 кгс/см²) при срабатывании сигнализаторов давления воздуха в тормозных цилиндрах SP11, SP12, SP13.

Список использованной литературы

1. Инструкционные книги электровоза ЭП2К Коломна, 2008 г
2. Кацман М. Н. Электрические машины. М: Транспорт, 1990 г
3. Трахтман Л. М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. М: Транспорт, 1980 г

Содержание

Основные технические данные электровоза.....	4
1. Конструктивные особенности электровоза.....	6
2. Механическая часть	
2.1. Тележка.....	11
2.2. Устройство опор кузова и ограничителей отклонений.....	12
2.3. Рама тележки.....	14
2.4. Механизм передачи силы тяги.....	15
2.5. Устройство возвращающее.....	18
2.6. Колесно – моторный блок.....	19
2.7. Колесная пара.....	21
2.8. Установка колесно – моторных блоков.....	24
2.9. Буксы.....	26
2.10. Демпфер буксовый.....	28
2.11. Гидроамортизатор.....	30
2.12. Установка гидроамортизаторов.....	31
2.13. Поводок буксовый.....	33
2.14. Буксовые рессорное подвешивание.....	34
3. Система централизованного воздухоснабжения	
3.1. Воздуховоды.....	39
3.2. Вентиляторы ВС.....	41
3.3. Установка мотор – вентиляторов воздухоочистителя ЦВС.....	42
3.4. Установка мотор – вентиляторов охлаждения пускотормозных резисторов.....	44
3.5. Канал нагнетательный.....	47

4. Электрические машины	
4.1. Устройство и принцип действия машины постоянного тока.....	49
4.2. Петлевые обмотки якоря.....	55
4.3. Волновые обмотки якоря.....	61
4.4. Реакция якоря машины постоянного тока.....	63
4.5. Устранения вредного влияния реакции якоря.....	69
4.6. Коммутация в машинах постоянного тока.....	71
4.7. Генератор независимого возбуждения.....	74
4.8. Генератор параллельного возбуждения.....	77
4.9. Генератор смешанного возбуждения.....	81
4.10. Устройство и принцип действия двигателей последовательного возбуждения.....	82
4.11. Пуск двигателя в работу, рабочие характеристики, регулировка частоты вращения.....	84
4.12. Конструкция и принцип действия аккумуляторов.....	88
4.13. неисправности аккумуляторов и уход за ними в эксплуатации.....	92
4.14. Устройство и асинхронных машин.....	95
4.15. Режимы работы асинхронной машины.....	10
	1
4.16. Пуск в работу, магнитная цепь, рабочие характеристики асинхронного двигателя.....	10
	2
5. Электрические машины электровоза ЭП2К	
5.1. Двигатель тяговый ДТК – 800КЕ.....	11
	2

5.2. Электродвигатель типа 4ПНЖ-200МАУХЛ2.....	12
	9

6. Электрические аппараты

6.1. Общие сведения.....	137
6.2. Контакторы пневматические ПК-31А, ПК-32А.....	156
6.3. Переключатель кулачковый ПКД-15А, ПКД-21А.....	162
6.4. Блок выключателей БВ-87ЭТ.....	168
6.5. Блок диодов БД-212Р.....	170
6.6. Блок конденсаторов БК-568Р.....	174
6.7. Дифференциальные реле РДЗ-58-01ЭТ и РДХ-61-ЭТ.....	175
6.8. Датчик тока ДТ-009.....	180
6.9. Датчик – трансформатор напряжения LV10Q/SP51.....	182
6.10. Заземлитель ЗВ-10ЭТ.....	184
6.11. Выключатель отопления поезда В8.....	187
6.12. Дроссель от радиопомех ДП-63.....	189
6.13. Индуктивный шунт.....	191
6.14. Руководство по работе с блоком индикации ВС3641.....	194
7. Описание электрической схемы.....	230