

Г У П « М о с к о в с к и й м е т р о п о л и т е н »
Служба профорientации, обучения и развития персонала
У ч е б н о - п р о и з в о д с т в е н н ы й ц е н т р

Учебное пособие курса
«Машинист электропоездов метрополитена»

Электрическое оборудование

вагонов метрополитена серии 81-765 (81-766, 81-767)



Московский
Транспорт



Московский
метрополитен

Москва, 2017

**ГУП «Московский метрополитен»
Служба профориентации, обучения и развития персонала
Учебно – производственный центр**

Учебное пособие курса
«Машинист электропоездов метрополитена»

Электрическое оборудование
вагонов метрополитена серии 81-765 (81-766, 81-767)

Учебное пособие составили:

А.Н. Кулецкий, П.Х. Хамидулин, А.А. Парсаев

Под редакцией:

В.Н. Гаранина, Н.Ю. Федорчука

Москва 2017 г.

Содержание

1.	Описание и работа вагонов.....	2
2.	Электрооборудование вагона	3
2.1.	Кабина управления	3
2.2.	Бортовые источники электропитания	14
2.3.	Система управления, безопасности и технической диагностики составом «Витязь-М».....	16
2.4.	Внутрипоездная связь и информационная система.....	26
2.5.	Радиодиспетчерская связь	31
2.6.	Устройства АСНП.....	32
2.7.	Автоматизированная система оповещения и тушения пожара	33
2.8.	Посты управления вагонами 81-766 и 81-767	34
2.9.	Вентиляция, отопление и кондиционирование салона	34
2.10.	Освещение салонов	37
2.11.	Комплект асинхронного тягового привода КАТП-3	37
2.12.	Отличия комплекта асинхронного тягового привода КАТП-3 от КАТП-2	38
2.13.	Контейнер тягового инвертора (КТИ-3).....	41
2.13.1.	Отсек № 1. Контакторов	42
2.13.2.	Отсек № 2. Блока управления тяговым приводом (БУТП).	48
2.13.3.	Отсек № 3. Вторичного электропитания.....	49
2.13.4.	Отсек № 4. Датчиков тока.....	52
2.13.5.	Отсек № 5. Модуля силового инвертора – (МСИ)	53
2.13.6.	Отсек № 6. Блока инверторов питания вентиляторов (БИПВ).	57
2.13.7.	Отсек № 7. Выключателя быстродействующего (ВБ).	59
2.13.8.	Отсек № 10. Центральный.	63
2.14.	Дроссель сетевого фильтра.	64
2.15.	Тормозной резистор.....	64
3.	Тяговые двигатели.	66
4.	Датчик частоты вращения ротора двигателя (ДЧВ).....	69
5.	Защита силовых цепей тягового привода.....	70
6.	Работа силовой цепи на различных режимах.	71

1. Описание и работа вагонов

Назначение

Вагоны метрополитена моделей 81-765, 81-766 и 81-767 предназначены для эксплуатации на линиях Московского метрополитена, представляющие собой восьмивагонный состав постоянного формирования со сквозным проходом. Вагоны предназначены для эксплуатации в составе на линиях метрополитенов с колеей 1520 мм, соответствующей требованиям строительных норм и правил (СНиП). Состав постоянного формирования, состоящий из вагонов 81-765, 81-766 и 81-767 должен иметь следующую конфигурацию: МГ-МП-НП-МП-МП-НП-МП-МГ, где:

- МГ - вагон головной моторный модели 81-765;
- МП - вагон промежуточный моторный модели 81-766;
- НП - вагон промежуточный (прицепной) немоторный модели 81-767.

При формировании вагоны модели 81-765 располагаются в голове и конце состава. Промежуточные вагоны и прицепные немоторные располагаются между головными вагонами.

Предусмотренные в конструкции вагона модели 81-765 органы управления и системы безопасности движения обеспечивают управление движением состава из кабины головного вагона одним машинистом.

Работа вагонов

Управление составом, сформированным из вагонов 81-765, 81-766 и 81-767, осуществляется из кабины управления (машиниста) головного вагона. Для оперативного управления составом в кабине машиниста установлены:

- пульт машиниста основной (ПМО) с контроллером машиниста, органами управления движением и дверями, мониторами цифровой информационной системы ЦИК-765 и системы видеонаблюдения, а также органами управления, необходимыми для ведения состава с использованием резервных цепей управления;
- пульт машиниста вспомогательный (ПМВ) с органами управления вспомогательными системами и оборудованием;
- контрольно-измерительные приборы.

Обеспечение тормозной системы состава, пневматических и электропневматических приборов вагонов сжатым воздухом осуществляется установленными на моторных вагонах 81-765 и 81-766 компрессорными агрегатами типа VV-120T, включение и отключение которых в зависимости от давления воздуха в напорной магистрали, осуществляется автоматически. Цикл движения состава (вагона) включает в себя следующие режимы движения – разгон, выбег и торможение. Управление режимами движения состава на линиях, безопасность движения и контроль состояния вагонного оборудования 16 7650.30.00.001 РЭ осуществляется автоматически или в ручном режиме микропроцессорной системой управления и диагностики «Витязь-М».

Состав из вагонов 81-765, 81-766 и 81-767 приводится в движение с помощью асинхронных тяговых двигателей, установленных на моторных тележках (по два на каждой) головных 81-765 и промежуточных 81-766 вагонов. Мощность каждого электродвигателя 170 кВт. Крутящий момент от тягового двигателя через редуктор передается к соответствующей колесной паре. Тяговые двигатели включены в электрическую силовую схему вагона параллельно. Параллельная работа тяговых двигателей вагона обеспечивается трехфазным тяговым инвертором, работающим от напряжения контактной сети 750в постоянного тока. Питание тяговых инверторов осуществляется через токоприемники, установленные на тележках.

2. Электрооборудование вагона

Состав электрооборудования

В состав электрооборудования вагонов входят:

- электрооборудование пульта машиниста основного ПМО, пульта машиниста дополнительного, пульта вспомогательного ПМВ;
- вспомогательное электрооборудование;
- электрооборудование асинхронного тягового привода;
- система управления, диагностики и безопасности;
- внутripоездная связь и информационная система;
- система обеспечения климата кабины машиниста и салона;
- система видеонаблюдения;
- радиодиспетчерская связь;
- внешнее и внутреннее освещения;
- автоматизированная система оповещения и тушения пожара;
- система АСНП;
- электроизмерительные приборы;
- электродвигатели компрессорных агрегатов;
- электрические устройства системы обмыва, очистки и обогрева лобового стекла;
- электрические устройства пневмооборудования;
- электрические датчики;
- электрические кабели, жгуты, провода и соединители.

2.1. Кабина управления

Назначение и состав оборудования

Кабина управления (машиниста) вагона 81-765 предназначена для размещения аппаратов, пультов, приборов и устройств поста управления составом (вагоном), а также оборудования рабочего места машиниста. Оборудование кабины смонтировано на лобовой, задней и боковых стенках кабины, на потолочной части кабины, а также в аппаратном отсеке.

Кабина оборудована одностворчатými боковыми дверями, дверью из кабины в салон, а также обзорными окнами в лобовой части. Для этой цели использованы следующие типы изделий остекления:

- стекло лобовое;
- стекло боковое правое;
- стекло боковое левое.

Герметичность окон достигается путем установки изделий остекления на герметик. Лобовое стекло оборудовано нагревательными элементами, которые питаются напряжением постоянного тока 80 В от бортового источника собственных нужд ПСН и имеет два датчика температуры стекла (один датчик резервный). Лобовое стекло кабины управления (машиниста) также оборудовано следующими устройствами:

- электрическим стеклоочистителем;
- омывателем электрическим;
- шторкой солнцезащитной.

В кабине управления установлены:

- пульт машиниста основной (ПМО) с мониторами систем управления, видеонаблюдения, информирования, радиостанцией, панелями управления, контроллером машиниста КМ, краном машиниста, манометрами и другим оборудованием;
- педаль безопасности (переключатель ножной);
- тепловентилятор обогрева кабины машиниста;
- регулируемая по высоте подножка для ног машиниста;
- сиденье машиниста и откидное сиденье;

- пульт машиниста дополнительный;
- аппаратный отсек с электрооборудованием;
- шкаф ЗИП (отсек для поездного инструмента и бытового оборудования);
- светильники общего освещения кабины;
- маршрутное табло (в верхней части на лобовой стенке кабины);
- табло номера маршрута (за лобовым стеклом перед пультом машиниста);
- установка кондиционирования кабины;
- огнетушители.

На боковых частях кабины (снаружи) установлены блоки видеозеркал. В передней части кабины машиниста (снаружи) установлены фары и сигнальные фонари (с наружной стороны).

Пульт машиниста основной



Рис. 1. Пульт машиниста основной

Пульт машиниста основной (ПМО) предназначен для оперативного управления составом (вагоном) и постоянного контроля за состоянием отдельных систем, устройств и оборудования вагонов.

Пульт обеспечивает выполнение следующих функций:

- управление движением состава в ручном режиме посредством контроллера реверса, контроллера машиниста и краном машиниста;
- резервное управление движением состава посредством реверсора резервного управления и кнопками аварийного хода;
- управление раздвижными дверями салонов;
- оперативный контроль скорости движения состава, работы и состояния отдельных систем и оборудования;
- управление тормозами;
- управление цифровым информационным комплексом (радиооповещение, экстренная связь, наддверные и информационные табло);
- управление радиостанцией;
- управление системой видеонаблюдения;
- управление стеклоомывателем и стеклоочистителем, включение звукового сигнала;
- резервное включение электрокомпрессора;
- передача управления;
- прочие функции согласно назначению органов управления и контроля на пульте машиниста.

Конструктивно пульт состоит из корпуса и боковых стоек, на которых смонтированы панели и блоки с органами управления и отображения информации и другая аппаратура и оборудование, требующие при управлении работой составов вагонов метро оперативного участия машиниста.

Назначение панелей пульта и аппаратов на панелях:

а) Панель кнопок левая:



Предназначена для резервного управления составом. Под панелью находятся контроллер реверса КР основного и контроллер реверса КРУ резервного управления.

- «УПРАВЛЕНИЕ РЕЗЕРВНОЕ» - кнопка задания режима резервного управления составом, работает при управлении от КРУ.

- «КОМПРЕССОР РЕЗЕРВНЫЙ» - кнопка принудительного включения электрокомпрессора при резервном управлении.

- «Ход 1» - кнопка задания режима резервного хода 1.

- «Ход 2» - кнопка задания режима резервного хода 2.

Рис. 2. Панель кнопок левая

б) Панель кнопок центральная - предназначена для основного управления составом:

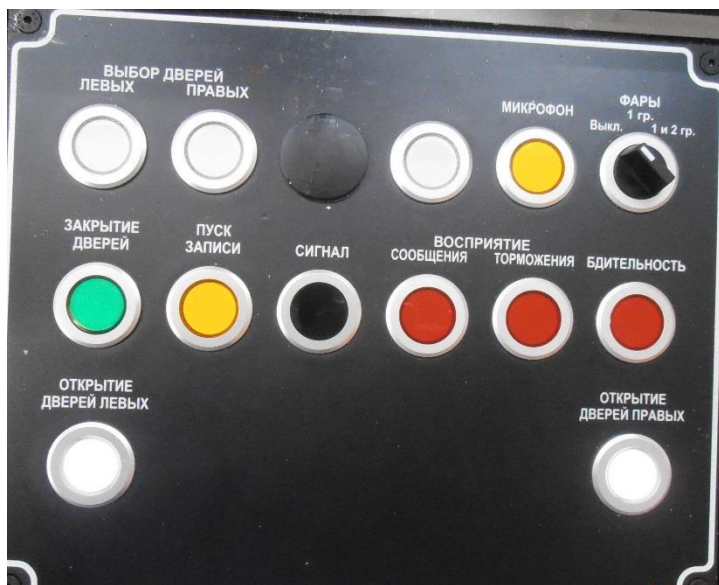


Рис. 3. Панель кнопок центральная

- «ВЫБОР ДВЕРЕЙ». ЛЕВЫЕ» - кнопка выбора левой стороны открытия дверей при управлении от основного контроллера реверса КР. Кнопка подсвечена при выборе стороны. Кнопка «ВЫБОР ДВЕРЕЙ. ПРАВЫЕ» должна быть отжата.

- «ВЫБОР ДВЕРЕЙ». ПРАВЫЕ» - кнопка выбора правой стороны открытия дверей при управлении от основного контроллера реверса КР. Кнопка подсвечена при выборе стороны. Кнопка «ВЫБОР ДВЕРЕЙ. ЛЕВЫЕ» должна быть отжата.

- «ЗАКРЫТИЕ ДВЕРЕЙ» Кнопка закрытия дверей при управлении от основного КР.

- «ОТКРЫТИЕ ДВЕРЕЙ ЛЕВЫХ» - кнопка открытия левых дверей на составе при управлении от основного контроллера реверса КР. Работает при нажатой кнопке «ВЫБОР ДВЕРЕЙ ЛЕВЫХ» (кнопка подсвечена при выборе левой стороны).

- «ОТКРЫТИЕ ДВЕРЕЙ ПРАВЫХ» - кнопка открытия правых дверей на составе при управлении от основного контроллера реверса КР. Работает при нажатой кнопке «ВЫБОР ДВЕРЕЙ ПРАВЫХ» (кнопка подсвечена при выборе левой стороны).

- «МИКРОФОН» - кнопка подключения микрофона к системе ЦИК.

- «СИГНАЛ» - кнопка включения звукового сигнала.

- «БДИТЕЛЬНОСТЬ» - кнопка бдительности.

- «ВОСПРИЯТИЕ СООБЩЕНИЯ» - кнопка снятия сообщения с приоритетом, сопровождаемого постоянным звуковым сигналом.

- «ВОСПРИЯТИЕ ТОРМОЖЕНИЯ» - кнопка снятия звукового сигнала при экстренном торможении.

- «ФАРЫ 1гр»-«ФАРЫ 1гр и 2 гр» - переключатель включения блоков (модулей) питания фар первой и второй групп. Фары включаются только при включенных контроллерах реверса КР или КРУ.

в) Панель кнопок верхняя:



Рис. 4. Панель кнопок верхняя

Предназначена для управления и индикации состояния вспомогательных систем и устройств защиты электрических цепей.

- «АЛС» - кнопка перевода системы в режим локомотивной сигнализации. Должна быть включена на головном и хвостовом вагонах.

- «КАХ» - кнопка аварийного хода.

- «АВТОВЕДЕНИЕ» - кнопка формирования режима автоведения.

- «ОТКЛЮЧЕНИЕ РЕКУПЕРАЦИЙ» - кнопка отключения рекуперации электроэнергии в сеть в режиме торможения.

- «ПРОГРЕВ КОЛОДОК» - кнопка включения режима прогрева колодок.

- «ПЕРЕДАЧА УПРАВЛЕНИЯ» - кнопка подачи звукового сигнала в хвостовую кабину о передаче управления.

- «СВЯЗЬ С СЦ» - кнопка организации связи с ситуационным центром.

- «БЛОКИРОВКА ДВЕРЕЙ» - кнопка разблокировки дверей кабины.

- «ОТКЛ. БВ» - кнопка отключения быстродействующего выключателя БВ.

- «ВКЛ БВ» - кнопка включения быстродействующего выключателя БВ.

- «ПОДЪЕМ» - кнопка, обеспечивающая формирования команды на задержку отпуска тормоза удержания при трогании состава на подъеме.

- «ОБОГРЕВ СТЕКЛА» - кнопка включения обогрева лобового стекла.

- «ОМЫВАТЕЛЬ» - кнопка включения стеклоомывателя.

- «СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЬ» - кнопка (с подсветкой) включения стеклоочистителя.

- «СЕТЬ КОНТАКТНАЯ» - индикатор контроля высокого напряжения.

- «ДВЕРИ ЗАКРЫТЫ» - индикатор контроля закрытия дверей.

- «Звонок» - звонковая сигнализация о передаче управления.

г). Панель кнопок правая



- «ПУСК ЗАПИСИ» - кнопка пуска записи для начала воспроизведения речевых сообщений выбранного маршрута.

- «ТОРМОЗ» - кнопка обеспечивает торможение состава в режиме резервного торможения с тремя уставками пневматического торможения. Торможение до полной остановки состава обеспечивается трехкратным нажатием кнопки. Двукратное нажатие обеспечивает среднюю эффективность торможения.

- «ОТПУСК» - кнопка выключения тормоза (растормаживание состава). При троекратном нажатии кнопки обеспечивается полный отпуск тормозов.

Рис. 5. Панель кнопок правая

- «ТОРМОЗ РЕЗЕРВНЫЙ» - кнопка перехода в режим резервного торможения при отказе или недостаточно эффективном срабатывании тормоза при торможении контроллером машиниста.
- «ТОРМОЗ ЭКСТРЕННЫЙ» - тумблер включения пневматического тормоза при экстренном торможении.
- «АВАРИЙНАЯ БЛОКИРОВКА СД» - переключатель предназначен для блокировки сигнализаторов давления, установленных на тормозной магистрали, в случае их неисправности.
- «АВАРИЙНЫЙ БЛОКИРАТОР ЭСД» - переключатель используется для блокировки блока тормоза безопасности (БТБ) при случайном попадании в цепь напряжения +75 В (защита от двойного напряжения).
- «СИГНАЛ» - кнопка включения звукового сигнала.

Контроллер машиниста



Рис. 6. Контроллер машиниста

Между панелями кнопок левой и центральной находится контроллер машиниста.

Контроллер машиниста (KM) имеет 6 положений, 2 из которых тяговые (M, +M), 3 положения тормозных (F, +F, FV) и положение «0» выбег.

- Положение «M» - фиксированное, без изменений тягового усилия.

- Положение «+M» - с возвратным механизмом, при кратковременной постановке в него ручки KM, дает увеличение тягового усилия на 20%, при удержании ручки KM в этом положении произойдет

автоматическое нарастание тягового усилия до 100%. Ослабление возможно так же ступенчато (по 20%) кратковременной постановкой ручки KM в «0» и обратно в «M».

- Положение «F» - фиксированное, без изменений тормозного усилия.
- Положение «+F» - с возвратным механизмом, при кратковременной постановке в него ручки KM, дает увеличение тормозного усилия на 20%, при удержании ручки KM в этом положении произойдет автоматическое нарастание тормозного усилия до 100%. Ослабление возможно так же ступенчато (по 20%) кратковременной постановкой ручки KM в «0» и обратно в «F».
- Положение «VF» - жестко-фиксированное, обеспечивает разрыв петли безопасности (экстренное торможение).
- Положение «0» - фиксированное, выбег.

Пульт машиниста дополнительный

Пульт машиниста дополнительный (ПМД) оборудован на левой стенке кабины машиниста и предназначен для размещения дополнительного оборудования. На ПМД установлено следующее оборудование:

- панель управления кондиционером кабины;
- панель управления противопожарной системой;
- многофункциональный пульт аппаратуры считывания номера поезда АСНП;
- динамики громкоговорителей.

Аппаратный отсек

На вагоне 81-765 между двойными стенками перегородки, разделяющими салон головного вагона и кабину, оборудован аппаратный отсек, предназначенный для размещения радиоаппаратуры, блоков системы «Витязь-М», системы информирования, видеонаблюдения и

Вентиляция, кондиционирование и обогрев кабины

Кабина машиниста вагона 81-765 оборудована системой обеспечения климата вагонов метрополитена СОК.ВМ, которая обеспечивает поддержание комфортных условий в кабине машиниста.

В состав системы СОК.ВМ входят:

1.1. Установка кондиционирования воздуха кабины машиниста вагонов метрополитена УКВ КВМ.

1.2. Система управления кабины машиниста вагонов метрополитена (СУ КВМ).

1.3. Преобразователь электроэнергии кондиционера кабины машиниста вагонов метрополитена (ПЭК КВМ). Преобразователь электроэнергии ПЭК КВМ предназначен для питания кондиционера системы обеспечения климата кабины машиниста вагонов метрополитена трехфазным переменным напряжением 3х380В, 50 Гц, а также для питания вентилятора тепловентилятора кабины однофазным напряжением 220В, 50 Гц.

1.4. Тепловентилятор кабины машиниста вагонов метрополитена ТВ КВМ.

Освещение кабины и аппаратного отсека

Для общего освещения кабины вагона 81-765 используются светильники кабины машиниста с дистанционным управлением, установленные на потолке. Освещение кабины делится на рабочее и аварийное. Общее рабочее и аварийное освещение в кабине управления выполнено с применением галогенных ламп. Управление освещением кабины осуществляется при помощи тумблеров, расположенных на вспомогательном пульте машиниста. Освещение аппаратного отсека обеспечивается светодиодными светильниками, установленными в верхней части отсека.

Фары и габаритные фонари

Для освещения железнодорожного пути головные вагоны 81-765 оборудованы двумя моноблочными светодиодными осветительными приборами выполняющими функции фар и габаритных фонарей (далее – фарами).

На лицевой части каждой фары размещено закаленное стекло с высоким светопропусканием.

Питание фары осуществляется источником питания повышенной надежности. Управление фарами осуществляется при помощи органов управления, расположенных в пульте машиниста и датчиком диммирования. Датчик диммирования предназначен для автоматического освещения пути перед составом. Он осуществляет автоматическое переключение режимов полного свечения фар и частичного. Для исключения ослепления пассажиров, находящихся на станции, датчик выдает команду на переключение в пониженный режим свечения фар. При необходимости с пульта машиниста можно принудительно включить режим диммирования, с целью обеспечения ручного управления фарами при въезде на станцию, в депо и др.

Сигнальные фонари устанавливаются в верхней части фар. Сигнальные фонари предназначены для определения хвостовой части состава. Цвет свечения красный. Предусмотрено изменение цвета свечения с красного на белый для дополнительной индикации головной части состава.

Включение сигнальных фонарей белых или красных осуществляется при помощи органов управления, расположенных на пульте машиниста.

Система обмыва, очистки и обогрева лобового стекла

Лобовое обзорное окно кабины управления (машиниста) для защиты от пыли грязи и осадков оборудовано следующими устройствами:

- электрическим стеклоочистителем (моторедуктором, рычагом и щеткой);
- омывателем электрическим (бачком с электронасосом, трубкой подачи жидкости и форсункой).

Лобовое стекло кабины машиниста оборудовано нагревательными элементами, которые питаются напряжением постоянного тока 80 В.

Лобовое изделие остекления имеет два датчика температуры стекла (один датчик резервный).

Вспомогательное электрооборудование

Состав комплекта вспомогательного электрооборудования

Таблица №1

Наименование оборудования	Обозначение	Количество, шт		
		765	766	767
Блок коммутации цепей управления	БКЦУ	1	-	-
Блок соединительный	БС	2	2	2
Блок распределительного устройства	БРУ	1	1	-
Блок соединительный с датчиком тока	БСДТ	1	1	-
Токоприёмник рельсовый	ТРА	4	4	4
Преобразователь собственных нужд	ПСН	1	1	1
Выключатель конечный ножной	НВМ-741 УЗ	1	-	-
Токоотвод	УТ-02	4	4	4
Блок зажимов		4	4	4
Блок контроля короткого замыкания	БККЗ	2	2	2
Датчик короткого замыкания	ДКЗ	4	4	4
Батарея аккумуляторная свинцово кислотная		1	1	1
Вентиляторы аппаратного отсека и торцевой вентиляции		2	-	-
Блок распределительный	БР	-	-	1
Блок высоковольтный соединительный	БВС	-	-	1
Блок соединительный	БС	-	-	4

Блок коммутации цепей управления

Блок коммутации цепей управления предназначен для бесконтактной коммутации цепей питания и управления низковольтных потребителей в зависимости от положения контроллеров реверса основного и резервного управления.

В состав блока входят:

- модуль электропитания,
- модуль логической обработки,
- 10 твердотельных реле,
- 10 демпферных диодов,
- разделительный диод,
- штепсельный разъем типа 7Р-52.

Блок имеет 16 выходных каналов по различному номинальному току. Выходное напряжение 75В или «0».

Блок представляет собой металлическую конструкцию прямоугольной формы, состоящую из корпуса с радиаторами охлаждения и крышки. Элементы блока смонтированы внутри корпуса. Блок установлен в аппаратном отсеке вагона 81-765.

Блок распределительного устройства

Блок предназначен для ручного отключения силовых цепей вагона от токоприемника и их заземления, а также защиты высоковольтных силовых и вспомогательных цепей с помощью предохранителей от токов короткого замыкания и перегрузок.

Блок представляет собой металлический корпус, внутри которого на текстолитовой панели закреплены блок предохранителей и блок разъединителя.

Блок предохранителей содержит:

- Предохранитель FU-1, установленный в главной силовой высоковольтной цепи;

Три предохранителя плавких FU2 – FU4:

- предохранитель плавкий FU2 установлен в цепи преобразователя собственных нужд ПСН-24
- предохранители плавкие FU2 и FU4 установлены в цепях питания салонных преобразователей ELCTRA из комплекта системы кондиционирования, вентиляции и обогрева салона
- сопротивление добавочное R1, установленное в цепи вольтметра V1.

Блок разъединителя представляет собой текстолитовую плиту, на которой установлен нож разъединителя (ГВ). На внешнюю сторону блока выведен вал для включения разъединителя. Для заземления ножей разъединителя в отключенном положении, на корпус блока на внешней торцевой стенке предусмотрена специальная заземляющая пластина. Переключение ГВ производится с помощью рукоятки БРУ, которая может занимать два рабочих положения:

- Рукояткой привода вверх – подключение входной клеммы к высоковольтным цепям вагона.
- Рукояткой привода вниз – отключение силовой цепи вагона от высокого напряжения и закорачивание ножей разъединителя вспомогательным контактом на корпус блока.

Внутри блока предусмотрены места для установки огнетушителя типа ОСП и датчика температуры. БРУ устанавливается на кронштейнах рамы вагона, без изоляторов. Сверху над ним установлен резиновый водоотталкивающий козырек.

Токоотвод

Токоотвод (заземляющее устройство) предназначен для заземления «минуса» через ось колесной пары на ходовой рельс (рабочее заземление).

Электрическая связь осуществляется через медно-графитовые щетки, скользящие по оси колесной пары. Токоотводы устанавливаются на буксах колесных пар тележек вагона, как моторных, так и не моторной, - по одному токоотводу на колесную пару. Крепление токоотводов к буксе производится при помощи четырёх болтов.

При установке токоотвода на торец оси колесной пары в месте его установки крепится диск.

Переключатель ножной НВМ-741

На вагонах 81-760 переключатель используется в качестве педали безопасности. Педаль безопасности служит для приведения поезда в движение в особых условиях следования. Переключатель размещается в кабине машиниста и установлен под пультом машиниста основным (ПМО). В свободном состоянии контакты выключателя находятся в разомкнутом состоянии и электрическая цепь вагона разомкнута. Включение выключателя производится нажатием педали до упора.

Для осуществления движения поезда при работе с отключенными устройствами АРС, педаль следует держать включенной (педаль нажата). При отпускании педали более чем на 2,5 сек. происходит торможение поезда.

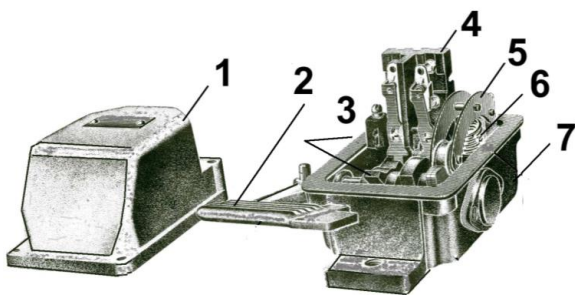


Рис. 9. Переключатель ножной

Переключатель состоит из корпуса (7) и крышки (1), кулачкового вала с профилированными шайбами (3), педали (2) и фиксирующего механизма. Корпус выполнен литым из алюминиевого сплава. Храповик под действием пружины фиксирует педаль в нулевом положении. При повороте кулачкового барабана с помощью педали кулачковые шайбы включают или выключают кулачковые элементы (4), коммутируя две независимые электрические цепи посредством замыкающих контактов. Возвратная пружина растягивается (6). При отпуске педали эта операция выполняется в обратном порядке.

Блок зажимов

Блоки зажимов предназначены для соединения проводов, идущих от токоприёмников к силовой цепи.

Блок состоит из контактного зажима, расположенного внутри изоляционной и металлической труб. В торцы металлической трубы вставлены резиновые втулки для уплотнения провода. Механическое крепление провода осуществляется гайками, которые наворачиваются на трубу с двух сторон. Блоки зажимов в количестве четырех устанавливаются под вагоном в горизонтальном положении. Монтажные провода уплотняются при установке блоков.

Выключатель батареи

Выключатель батареи предназначен для включения и отключения аккумуляторной батареи вагона. Выключатель батареи на головном вагоне установлен на пульте машиниста вспомогательном, а на промежуточном вагоне в шкафу с электрооборудованием.

Выключатели имеют два положения - «О» и «1». В положении «О» все контакты ВБ разомкнуты (кроме одного нормально-замкнутого контакта ВБ головного вагона, обеспечивающего питание цепи включения габаритных фонарей от АКБ в режиме «Ночной отстой»), а в положении «1» - замкнуты.

Блок соединительный (БСТД)



Блок соединительный с датчиками тока предназначен для соединения силовых кабелей, идущих от токоприёмников, с силовыми цепями вагонов.

БСТД представляет собой металлический ящик, состоящий из коробки с откидной крышкой и блока, внутри которого на стеклотекстолитовой панели устанавливаются зажимы контактные с медными втулками. Ввод силовых проводов осуществляется через отверстия в боковых стенках коробки. Блок установлен под вагоном и закреплен четырьмя болтами.

Рис. 10. Блок соединительный (БСТД)

Блок соединительный БС



Рис. 11. Блок соединительный БС

Блок предназначен для соединения электрических цепей вагона с заземляющими устройствами.

Рабочее номинальное напряжение для блока - 750 в, номинальный ток - (20 – 200а).

Конструктивно блок представляет собой металлический ящик, состоящий из коробки с откидной крышкой, в которой на изолирующих опорах закреплена стальная пластина и медная пластина с установленными на них болтами. Ввод внешних проводов осуществляется через отверстия в боковых стенках коробки и планках.

Блоки БС, в количестве двух, устанавливаются под вагоном.

Токоприемник (ТРА-02)

Токоприемник рельсовый автоматический типа ТРА-02 с пневматическим приводом предназначен для нижнего токосъема электроэнергии с контактного рельса системы электроснабжения подвижного состава метрополитена для питания высоковольтных силовых и вспомогательных цепей вагонов.

Токоприёмники монтируются на изолирующем брусе и вместе с ним устанавливаются на тележках вагонов.

Блок контроля короткого замыкания (БККЗ)

Блок предназначен для управления датчиками короткого замыкания вагонов метро (ДКЗ) и формирования выходных сигналов для системы управления поездом.

На каждом вагоне устанавливается по два блока со следующими параметрами:

- Напряжение питания: 52-84 в;
- Потребляемый ток: не более 30 мА;

Блок контроля короткого замыкания состоит из следующих функциональных элементов:

- Устройства управления (УУ)
- Формирователей сигналов управления
- Источника питания + 12 в.

Устройство управления обрабатывает сигналы, поступающие от датчиков короткого замыкания, и формирует сигналы на выход устройства в соответствии с согласованными алгоритмами работы.

Формирователи сигналов управления согласовывают уровни сигналов УУ с ДКЗ и системой управления поездом. При не совпадении уровней (наличие короткого замыкания) на соответствующем выходе блока БККЗ формируется и фиксируется выходной сигнал.

Датчик короткого замыкания (ДКЗ)



Рис. 12. Датчик короткого замыкания

Датчик предназначен для определения факта превышения тока в силовой токоведущей цепи на вводе кабеля в кондуит.

На каждом вагоне устанавливается четыре датчика по два на БККЗ.

Датчик состоит из:

- Измерителя тока на основе датчика Холла
- Формирователя тестового тока для проверки работоспособности
- Устройства управления.

Устройство управления формирует выходной сигнал на блок контроля короткого замыкания БККЗ в случае регистрации КЗ и формирует сигнал управления тестового устройства для проверки работоспособности по командам от БККЗ.



Блок высоковольтный соединительный (БВС)

Блок высоковольтный соединительный (БВС) предназначен для соединения силовых кабелей, идущих от токоприёмников, с силовыми цепями вагонов.

Блок предназначен для прицепного вагона 81-767.

Рис. 13. Блок высоковольтный соединительный (БВС)

Номинальное напряжение для блока – 750 в, номинальный ток – 20 А.

БВС У2 выполнен в виде металлического ящика, состоящего из коробки с откидной крышкой и блока, представляющего собой стеклотекстолитовую панель, на которой устанавливаются зажимы контактные с медными втулками.

Ввод силовых проводов осуществляется через отверстия в боковых стенках коробки.

Блок установлен под вагоном и закреплён четырьмя болтами.

Блок распределительный

Блок распределительный (БР) предназначен для защиты вспомогательных цепей вагона с помощью предохранителей. В блоке размещаются предохранители и добавочное сопротивление для вольтметра.

Рабочее номинальное напряжение для блока – 750 в, номинальный ток – 20 А.

БР представляет собой металлический ящик, состоящий из корпуса и съёмной крышки, внутри корпуса размещён и жёстко закреплён блок предохранителей.

Блок предохранителей представляет собой стеклотекстолитовую плиту, на которой размещены:

- предохранители плавкие – для защиты высоковольтных вспомогательных цепей преобразователя и кондиционера;
- добавочное сопротивление, установленное в цепи вольтметра;
- датчик тока;
- датчик напряжения.

Блок БР устанавливается на кронштейнах под вагоном на лицевой стороне (по ходу) на четырёх болтах без изоляторов.

2.2. Бортовые источники электропитания

Преобразователь собственных нужд

ПСН предназначен для питания низковольтных электрических цепей, заряда аккумуляторной батареи и питания асинхронного двигателя компрессора.

ПСН обеспечивает:

- преобразование постоянного напряжения контактной сети 750В в симметричное трёхфазное напряжение, регулируемое по частоте и амплитуде в диапазоне от 0 до 400В частотой 50 Гц, для питания асинхронного электродвигателя компрессорного агрегата;

- преобразование постоянного напряжения контактной сети 750 В постоянного тока в напряжение бортовой сети 80 В постоянного тока для питания низковольтных электрических цепей вагона;

- заряд АКБ постоянным током;

- парциальное питание по поездной магистрали цепей другого вагона с вышедшим из строя

ПСН.

ПСН состоит из трех устройств и платы сопряжения, объединенных в единой конструкции:

- инвертор двигателя компрессора (ИДК);

- бортовой преобразователь напряжения (БПН);

- конвертор заряда и стабилизации (КЗС);

- плата сопряжения САН.

ПСН передает информацию о своем состоянии в бортовую систему индикации и диагностики по внутривагонному интерфейсу.

Инвертор ИДК предназначен для преобразования напряжения контактной сети постоянного тока 750В в переменное трехфазное напряжение 400В +/- 10%, частотой 50Гц для питания асинхронного двигателя компрессора.

Бортовой преобразователь напряжения БПН предназначен для преобразования напряжения контактной сети постоянного тока 750В в постоянное напряжение 80В для питания нагрузок бортовой сети вагона и цепей освещения салона.

Конвертор КЗС предназначен для заряда аккумуляторной батареи вагона.

Плата сопряжения CAN предназначена для обмена данными по шине CAN.



Рис. 14. Преобразователь собственных нужд

Батарея аккумуляторная (АКБ)

Батарея аккумуляторная вагона является автономным источником бортового питания и предназначена для электропитания номинальным напряжением постоянного тока 70 В электрических цепей управления вагона, в том числе и низковольтных вспомогательных цепей при отсутствии напряжения в контактной сети.

При этом АКБ также обеспечивает работу аварийного освещения и сигнальных фонарей.

АКБ предназначена для питания цепей управления и оборудования вагонов номинальным напряжением питания 70 В постоянного тока в трёх режимах в качестве:

- автономного источника питания при отсутствии высокого напряжения контактной сети (режим 1);
- резервного источника при наличии высокого напряжения (режим 2)
- аварийного (резервного) источника питания при наличии высокого напряжения (режим 3).

АКБ относится к необслуживаемым и её элементы (аккумуляторные блоки) не подлежат восстановительным ремонтам, за исключением восстановления ёмкости при помощи заряда батареи.

Основные технические характеристики аккумулятора:

- Номинальная емкость, А\ч	110
- Номинальное напряжение, В	2
- Номинальный ток разряда, А	14
- максимальный ток заряда, А	33
- срок службы, лет	6-7

В комплект поставки АКБ входят ящик аккумуляторный с блоками аккумуляторов. Выводы «+» и «-» блоков соединяются стандартными соединителями. В аккумуляторном ящике установлены комплект автоматических выключателей, температурный датчик, разъем для подключения АКБ к электрической схеме вагона, предусмотрено место для установки модуля пожаротушения «Буран-0,3».

Блоки аккумуляторов А510/55А являются герметизированными, залив воды внутрь которых запрещен в течение всего срока службы АКБ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ вскрывать клапаны повышенного давления блоков аккумуляторов в течение всего срока службы. Клапан открыть невозможно без его повреждения.

Электролитом является загущенная до состояния желе серная кислота, поэтому плотность электролита измерить невозможно.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ проверять сопротивление изоляции АКБ относительно заземленных частей вагона мегомметром с напряжением свыше 500 В постоянного тока.

Токоприёмник (ТРА-02)

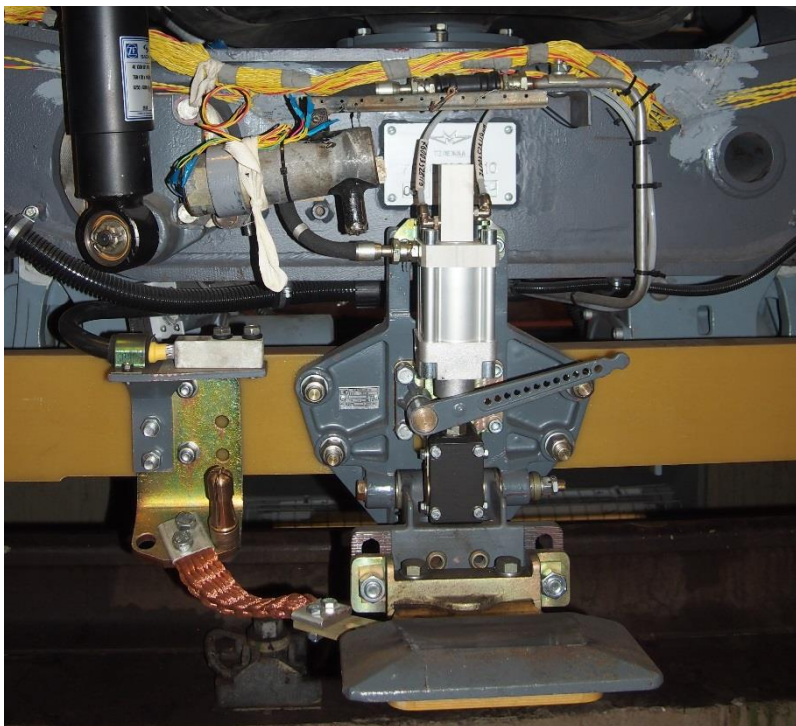


Рис. 15. Токоприёмник (ТРА-02)

Токоприёмник предназначен для нижнего токосъёма электроэнергии с контактного рельса системы электроснабжения метрополитена для питания высоковольтных силовых и вспомогательных цепей вагонов.

Токоприёмное устройство состоит из токоприемника и изоляционного бруса из композита, на котором крепится токоприемник. На брус закреплены кронштейны, с помощью которых через серьги брус устанавливается на тележке. На валиках брус фиксируется стопорными кольцами. Подвеска бруса имеет страховочные устройства - предохранительные планки. Токосъём осуществляется контактной поверхностью башмака токоприёмника.

На головном вагоне на правом брус токоприёмника передней тележки дополнительно установлен срывной клапан автостопа.

Отжатие токоприёмников дистанционное с пульта машиниста.

2.3. Система управления, безопасности и технической диагностики составом «Витязь-М»

Назначение и состав системы

Система управления, безопасности и технической диагностики электроподвижного состава метрополитена – система «Витязь-М», компоненты которой установлены на вагонах метрополитена моделей 81-765, 81-766 и 81-767, предназначена для безопасного управления составом метро, обеспечения управления и диагностики оборудования вагонов в реальном масштабе времени.

Элементы и блоки микропроцессорной системы управления обеспечивают: –Управление составом в ходовом режиме;
–Управление составом в тормозных режимах;
–Управление электропневматическим тормозом в режиме замещения и по резервным цепям управления;

- Управление режимом экстренного торможения;
- Управление вспомогательным вагонным оборудованием (ПСН, климатические установки, мотор-компрессор и т.д.);
- Травмобезопасное открытие/закрытие дверей;
- Повагонное управление вагонным оборудованием с возможностью дистанционного отключения неисправного оборудования;
- Обеспечение обмена информацией между устройствами системы по поездной, головной и вагонной линиям связи;
- Прием информации с пульта машиниста и вывод информации на устройство отображения (монитор машиниста) и звуковую сигнализацию;
- Обмен информацией со стационарными устройствами системы централизации;
- Определение местоположения состава на линии;
- Противоюзную защиту колесных пар при пневматическом торможении;
- Блокирование в закрытом состоянии дверей кабины управления во время движения в головном и хвостовом вагонах и запрет включения резервного открытия дверей в нерабочей (хвостовой кабине);
- Решение задач переконфигурации системы управления при наличии сигналов о неисправностях блоков, входящих в систему.

Состав системы и функциональная схема

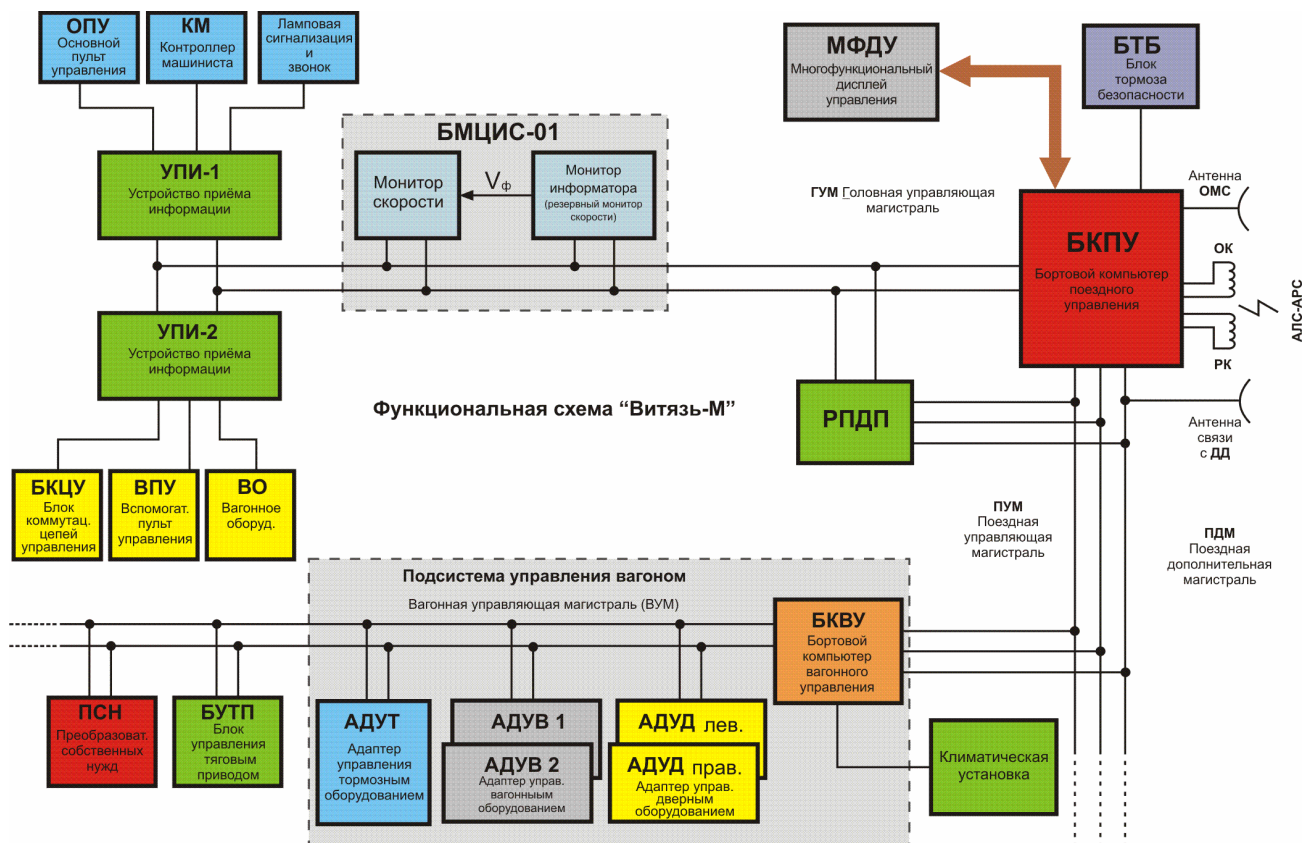


Рис. 16. Функциональная схема

Система управления состоит из следующих функциональных подсистем, обеспечивающих основные функции по управлению и контролю движения состава:

- Подсистема управления движением, работой тягового привода, электропневматическим тормозом;
- Подсистема управления работой вспомогательного оборудования.

Состав аппаратуры системы «Витязь – М» представлен в таблице №2.

Наименование устройства	Кол., шт.
Головные вагоны модели 81-765	
Блок АТС	1
Бортовой компьютер вагонного управления БКВУ-Д	1
Многофункциональный дисплей управления МФДУ	1
Блок тормоза безопасности БТБ	1
Контроллер машиниста КМ	1
Адаптер диагностики и управления вагоном АДУВ	2
Адаптер диагностики и управления тормозами АДУТ-М	1
Устройство приема информации УПИ-1	1
Устройство приема информации УПИ-2	1
Регистратор параметров движения поезда РПДП	1
Термодатчик контроля перегрева букс ДПБ 005 МАЭ	8
Антенна системы определения местоположения AR900-2	1
Промежуточные и прицепные вагоны модели 81-766/767	
Бортовой компьютер вагонного управления БКВУ-Д	1
Адаптер диагностики и управления вагоном АДУ В	1
Адаптер диагностики и управления тормозами АДУТ-М	2
Термодатчик контроля перегрева букс ДПБ 005 МАЭ	8

Внутренние связи системы управления осуществляются по головной управляющей магистрали, поездной управляющей магистрали, вагонной управляющей магистрали. В качестве линий связи используется шина CAN-2.0 В с резервированием.

Система управления является открытой для наращивания функций и обеспечивает возможность интеграции с отдельными новыми устройствами, узлами и компонентами.

Для увеличения надежности управления центральный процессор управления выполнен на двух разнотипных микропроцессорах, в которых параллельно реализованы функции диагностики и управления движением и вспомогательным оборудованием. Для управления составом выбираются более безопасные команды управления.

Описание и принцип работы

Формирование команд управления движением состава и вагонным оборудованием осуществляется на двух уровнях.

Первый уровень (указан в соответствие с убыванием приоритета выполнения) - поездной формирует команды на основании:

- Команд от системы АЛС-АРС (разрешение тягового режима, запрет тягового режима, требование торможения, вид тормоза);
- Признаков, формируемых системой функциональной диагностики (“Двери открыты”, “Экстренное торможение”, “Стояночный тормоз”, “Срабатывание датчика противозажатия”);
- Команд управления, поступающих от основного и вспомогательного пультов управления;
- Команд управления, поступающих от системы автоматизированного ведения состава.

Второй уровень – вагонный формирует команды управления на основании:

- команд управления от поездного блока управления;
- признаков, формируемых алгоритмом функциональной диагностики по информации от датчиков вагонного оборудования.

К выполнению принимается наиболее безопасная команда управления на основании приоритета всех полученных признаков и команд.

Все подсистемы управления составом синхронизированы с единым астрономическим временем Российской Федерации, время поддерживаться автономно с точностью не хуже 0,1 мс/ч.

Органы управления и связь с ними

Сигналы от органов управления (контроллер машиниста, реверсор, кнопки на основном и вспомогательном пульте машиниста) поступают на устройства гальванически развязки УПИ-1, УПИ-2, где после обработки по головной линии связи поступают в систему. Передача состояний органов управления защищена прямым, инверсным и циклическим избыточным кодом.

Связь с системой АЛС-АРС

Управление движением (режимы разгона, выбега и торможения) осуществляется с учетом ограничений от АЛС-АРС. При этом команды от системы АЛС-АРС обобщаются с наивысшим приоритетом.

Для управления движением система управления получает от АЛС-АРС следующие команды:

- Разрешение/запрет тягового режима;
- Требование торможения;
- Вид тормоза (электродинамический соответствующей уставки, электропневматический соответствующей уставки).

При наличии различных команд от каналов системы АЛС-АРС формирование команд управления осуществляется с выбором наиболее безопасной команды.

При отсутствии обмена с каким-либо каналом АЛС-АРС в течение заданного времени формируется команда на тормозной режим. Дальнейшее движение возможно только при блокировании соответствующего канала Блокатором БАРС.

При отказе основной и резервной системы АЛС-АРС или их отключении для возможного движения состава реализован режим «УОС» обеспечивающий движение состава на скорости не более 20(35) км/ч при нажатой Педали безопасности.

Связь с системой диагностики

Система диагностики выполняет контроль состояния и параметров вагонного оборудования состава (механического, электрического, пневматического), включая самоконтроль системы управления, обеспечивает возможность тестирования схемы состава, его узлов на стоянке перед отправлением состава. При наличии неисправностей формируется запрет на включение тяги или требование тормозного режима. Учитывая, что реализация подсистем управления и диагностики осуществляется на поездном и вагонном уровне на одних и тех же вычислительных средствах, связь систем выполнена алгоритмическим способом.

Система диагностики предназначена для выполнения следующих функций в процессе эксплуатации состава (совместно с системой управления и системой регистрации):

1. Анализ работы оборудования системы управления и вагонного оборудования в режиме on-line и формирование информации о зафиксированных отклонениях контролируемых параметров от допустимых значений.
2. Анализ работы действий машиниста в режиме on-line и формирование информации о некорректных действиях машиниста.
3. Формирование в автоматическом режиме на экране МФДУ рекомендаций машинисту по дальнейшим действиям при обнаружении отклонений по п.п. 1,2.

4. Сохранение информации о зафиксированных отказах в работе оборудования системы управления и вагонного оборудования в оперативной памяти процессора управления.

5. Отображение в специальных экранах МФДУ информации о состоянии оборудования системы управления и вагонного оборудования.

Интерфейс «человек-машина»

Интерфейс «человек-машина» реализует отображение информации на мониторе машиниста о режиме управления составом, диагностической информации о состоянии вагонного оборудования вагонов состава и самой системы, выдачу сообщений машинисту о неисправностях с рекомендациями по действиям.

Информация для машиниста представляется в визуальном и звуковом виде. Визуализация информации обеспечивается применением графического информационного монитора. Звуковая информация представлена в виде речевых сообщений и звуковых сигналов. Для отдельных сигналов применяются точечные световые индикаторы, располагаемые в кабине управления (двери, наличие КС).

Интерфейс «человек-машина» используется также для управления отдельными функциями (повагонное управление, тестирование вспомогательного оборудования).

Виды Экранов монитора машиниста делятся на четыре группы:

- Основные экраны;
- Вспомогательные экраны;
- Экраны помощи машинисту;
- «Теневые» или диагностические экраны, для обслуживающего персонала.

Основной (штатный) экран монитора машиниста, для удобства визуального восприятия, условно разделен на несколько зон:

1. Сигналы систем управления и безопасности
2. Отображение состояние основного вагонного оборудования, влияющего на безопасность движения и его организацию с разделением по каждому вагону.
3. Состояние автоматизированных и вспомогательных режимов.
4. Информация о скоростях.
5. Информация о режимах и датчиках местоположения.
6. Информация о давлениях в тормозных цилиндрах и напряжении бортовой сети.
7. Поле вывода сообщений машинисту.
8. Зона переключаемых страниц.
9. Поле рекуперации. При включенном режиме рекуперации в поле выводится надпись «Рекуп.» зеленого цвета.
10. Режим работы климатических установок (Зима / Лето).



Рис. 17. Основной экран монитора машиниста

В нижней строке экрана отображаются текущие функции клавиш нижней группы клавиатуры монитора машиниста.

Страницы вагонного и поездного оборудования отображаются в зоне переключаемых страниц штатного экрана монитора машиниста, и выполняют следующие функции:

- отображение состояния вагонного оборудования;
- отображение состояния дверей;
- отображение состояния тяговых приводов;
- отображение значений токов и напряжений состава;
- отображение значений давлений состава;
- отображение состояния систем кондиционирования и температур внутри и снаружи состава;
- отображение состояния автоматов защиты;
- отображение и управление повагонным отключением оборудования;
- запуск и отображение состояния тестов вагонного оборудования.

Информация автоматических режимов управления составом отображается в зоне переключаемых страниц штатного экрана монитора машиниста, и позволяет просмотреть информацию о работе автоматических режимов управления составом, а также произвести их настройку.

Описание функций управления и управление тяговым приводом

Команды управления движением формируются на поездном уровне, на основании положения КМ, команд от автоматического ведения, функциональной диагностики и ограничений от системы АЛС-АРС. Вагонный блок, получив управление по поездной магистрали, на основе диагностики от тягового привода, состояния тормозного оборудования вырабатывает управление движением. Команды «Подъем», «Откл. БВ», «Вкл. БВ» «Откл. рекуперации» формируются на основании информации от пульта управления машиниста. Загрузка вагона определяется как среднее значение четырех датчиков авторежима, расположенных в каждой рессоре. Команды управления в блок управления тяговым приводом передаются по вагонной магистрали.

Система управления обеспечивает формирование команд направления движения в блок управления тяговым приводом в зависимости от ориентации вагона:

- включение режима «Вперед»;
- включение режима «Назад».

Система обеспечивает формирование следующих команд управления тяговым приводом:

– «Тяга» – при движении вперед в ходовом и «Тормоз» – в тормозном режиме с различными уставками. Количество уставок тягового и тормозного режимов определяется на этапе проектирования. Возможна реализация до 8 уставок тягово-тормозного режимов.

- «Тяга» – при движении назад в ходовом режиме с различными уставками;
- Включение / отключение рекуперации;
- Тормоз АРС;
- Величина загрузки вагона;
- Признак работы в режиме «Подъем»;
- Отключение/включение БВ.

Система на поездном уровне обеспечивает запрет формирования команд управления ходовым режимом на всем составе в следующих случаях:

- При наличии давления в тормозных цилиндрах и признака «Экстренное торможение»;
- При открытых дверях;
- При прижатом стояночном тормозе;
- При отсутствии ориентации вагонов.

Система управления на каждом вагоне обеспечивает формирование команды «Выбег» и снятие команд управления ТП «Тяга»/«Тормоз»:

- При срабатывании БВ (защиты ТП);
- При неисправности ТП;
- При наличии соответствующего давления в тормозных цилиндрах.

Система управления обеспечивает замещение режима электроторможения пневмоторможением при истощении, отказе, неэффективности электроторможения и при неисправности тягового привода.

Для обеспечения трогания на подъеме применяется логика задержки отпуска тормоза удержания при переводе КМ в положение ХОД.

Управление электропневматическим торможением

Команды на включение электропневмотормоза формируются как на поездном уровне (включение электропневмотормоза по требованию системы АЛС-АРС), так и вагонном уровне при получении режима «Тормоз» на основании диагностики тягового привода, наличия команды от автоматизированного режима ведения состава.

Уставка электропневматического тормоза зависит от уставки управления тягового привода в режиме торможения. Возможна реализация до 8 уставок пневмоторможения.

Управление электропневмотормозом осуществляется с учетом загрузки вагона.

На вагонном уровне обеспечивается включение режима противоюза потележечно при обнаружении заклинивания колесных пар.

Признак юза формируется при условии исправности датчиков скорости по следующему алгоритму:

- Разность скоростей каждой колёсной пары в предыдущем и текущем тактах превышает заданную величину в течение установленного времени;
- Скорости колёсных пар отличаются друг от друга на заданную величину в течение установленного времени.

В условиях депо предусмотрено проведение теста работы системы противоюза.

Управление резервным электропневматическим торможением

Переключение на цепь резервного управления осуществляется нажатием кнопки Тормоз резервный на пульте машиниста. В режиме резервного торможения отключается цепь управления электротормозом от блока вагонного управления. Машинист в данном режиме осуществляет управление составом самостоятельно кнопками тормоз-отпуск.

Резервным тормозом можно осуществить торможение состава с тремя уставками пневмоторможения (вентиль тормоза 1, вентиль тормоза 2, петля безопасности). Величина давления в ТЦ при включении соответствующей уставки определяется с учетом загрузки вагона.

Повагонное управление вагонным оборудованием

Система управления обеспечивает формирование команд управления в асинхронном режиме (отдельным вагоном состава):

- отключение БВ;
- закрытие и блокировку открытия дверей;
- отключение МК;
- отключение (отжатие) токоприемников;
- отключение освещения;
- отключение ПСН;
- отключение ТП.

Под отключением тягового привода понимается отсутствие задания режима «Ход».

Команды отключения оборудования из повагонного управления имеют более высокий приоритет при формировании команд управления.

Вспомогательные режимы управления

Для повышения функциональной привлекательности состава в систему введен режим определения местоположения, на основе которого реализуются следующие режимы:

- режим прицельной остановки на станции;
- режим блокировки открытия дверей.

Режим определения местоположения обеспечивает определение координат головного и хвостового вагонов состава с привязкой к конкретной точке на пути с точностью $\pm 0,05$ м от контрольной точки на пути. Для работы режима путь должен оборудоваться путевыми датчиками определения местоположения.

Режим автоматической прицельной остановки на станции обеспечивает автоматическую остановку состава у контрольной точки на пути с погрешностью не более $\pm 0,3$ м от контрольной точки.

Режим блокировки дверей состава блокирует открытие дверей при остановке состава вне платформы на перегоне и с неправильной стороны на станции.

Автоматизированное управление

Система управления обеспечивает выполнение следующих автоматизированных и автоматических режимов управления составом:

- режим автономного автоматизированного управления;
- режим централизованного автоматизированного управления;
- режим регулирования скорости по радиоканалу;
- режим централизованного автоматического управления.

Режим автономного автоматизированного управления обеспечивает ведение состава в автоматическом режиме от станции отправления до остановки на станции прибытия. Поездная система управления при этом обеспечивает:

- соблюдение абсолютного приоритета ограничений, задаваемых системой обеспечения безопасности;
- выполнение выбранных энергооптимальных режимов движения с целью реализации выбранного времени хода по перегону с погрешностью не более ± 5 с.

Режим централизованного автоматизированного управления реализует графико- интервальное регулирование движения составов на линии метрополитена. Режим централизованного автоматизированного управления реализует все функции режима автономного автоматизированного управления. Дополнительно от диспетчерского центра в поездную систему управления поступает информация о значениях времен хода по перегонам и стоянки на станциях.

Режим регулирования скорости по радиоканалу осуществляет контроль скорости движения состава на основе информации о координатах хвостового вагона впереди идущего состава. Для функционирования режима линия метро должна оборудоваться системой подвижной радиосвязи для организации обмена информацией между составами и диспетчерским центром. Поездная система управления дополнительно комплектуется радиомодемами для обмена информацией со впереди идущим составом.

Режим централизованного автоматического управления предназначен для обеспечения работы состава в автоматическом режиме по командам диспетчерского центра.

Система безопасности APC-AJC

Система автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (система АЛС-АРС) системы управления, обеспечения безопасности и технической диагностики «Витязь» вагонов метрополитена предназначена для обеспечения безопасности движения составов на всех линиях Московского метрополитена в соответствии с ПТЭ метрополитенов Российской Федерации.

Функциональная схема системы безопасности APC-AJC представлена на рисунке:

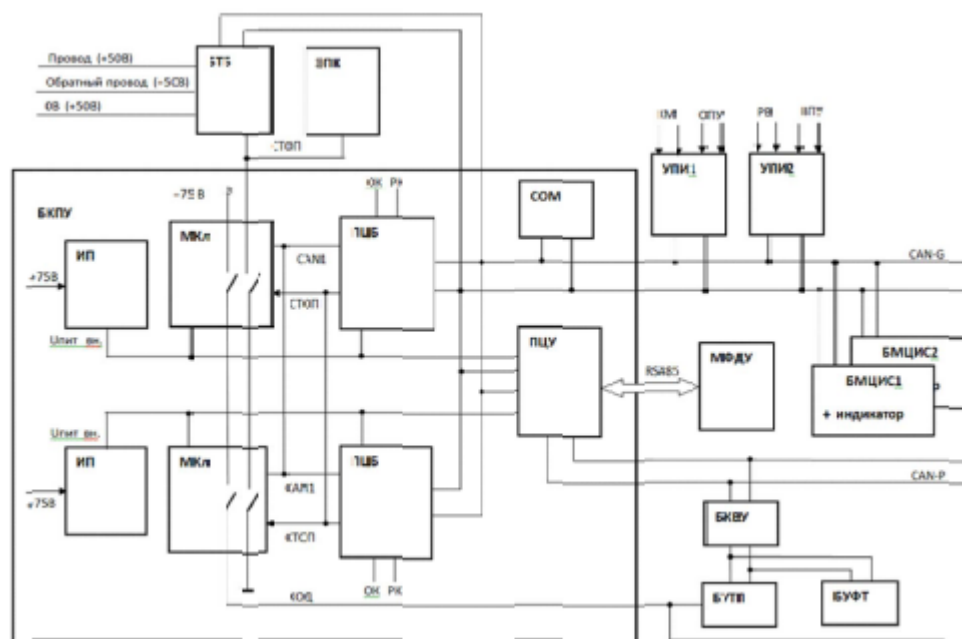


Рис. 18. Функциональная схема системы безопасности

Автоматическая локомотивная сигнализация с автоматическим регулированием скорости (система АЛС-АРС) системы «Витязь» должна обеспечивать:

- приём поездными устройствами из рельсовых цепей сигнальных команд о предельно допустимой и предупредительной скорости движения в зависимости от занятости или свободности впереди лежащих участков пути с учетом расчетного тормозного пути для данной допустимой скорости, готовности или неготовности маршрута;
- сигнальное показание в кабине управления составом о предельно допустимой и предупредительной скорости или запрещающее движение и требующее остановки;
- непрерывный контроль над соблюдением допустимой скорости и автоматическое торможение при превышении поездом (составом) этой скорости;
- автоматическое прекращение торможения поезда (состава) после снижения скорости до предельно допустимой и при подтверждении машинистом бдительности;

- автоматическое торможение поезда (состава) до полной его остановки: перед занятым участком пути, перед участком пути, на котором нарушена целостность рельсовой цепи, при нарушении приема сигнальных команд поездом (составом), перед светофором с красным огнем, при превышении скорости и неподтверждении машинистом восприятия торможения от устройств АЛС-АРС, при проезде станции;

- формирование разрешения на открытие дверей только со стороны платформы при остановке состава на станции в допустимых пределах от знака «Остановка первого вагона».

Для своего функционирования система АЛС-АРС осуществляет прием сигналов с органов управления поездом и состояния вагонного оборудования. Для передачи и приема указанных сигналов используется дублированная головная управляющая магистраль на основе CAN (или аналогичная). Управление режимами движения система осуществляет по поездной управляющей магистрали.

Для обеспечения безопасности движения система АЛС-АРС осуществляет также прямое управление экстренным торможением: блоком тормоза безопасности и вентилем РВТБ.

Система АЛС-АРС расположена в головных вагонах состава метрополитена. При этом система, расположенная в неактивной кабине (хвостовом вагоне), не участвует в управлении составом.

Система АЛС-АРС реализована в бортовом компьютере поездного управления (блок АТС) на двух независимых дублирующих друг друга каналах, реализующих алгоритм функционирования системы. Остальные блоки и устройства, приведенные на схеме, являются вспомогательными и обеспечивают функционирование системы.

Их назначение:

1. Контроллер машиниста (КМ) предназначен для задания машинистом режима движения поезда: тяга, выбег, тормоз с соответствующей уставкой. Выход сигналов КМ гальванически развязан со схемой вагона. КМ расположен на основном пульте управления.

2. Блок коммутации цепей управления (БКЦУ) предназначен для формирования команд направления движения (реверсора) вперед, назад, вперед/назад резервный и сигнала резервного управления тяговым приводом. БКЦУ расположен в аппаратном отсеке головного вагона.

3. Устройство приёма информации УПИ-1 предназначено для приема сигналов с органов управления расположенных на основном пульте управления. УПИ-1 осуществляет прием и преобразование следующих сигналов используемых системой АЛС-АРС:

- кнопка восприятия торможения КВТ;
- кнопка бдительности КБ;
- педаль безопасности ПБ;
- кнопка включения режима автоматической локомотивной сигнализации АЛС;
- кнопка включения аварийного хода КАХ.

4. Устройство приема информации УПИ-2 предназначено для приёма сигналов с органов управления расположенных на вспомогательном пульте управления. УПИ-2 осуществляет прием и преобразование следующих сигналов используемых системой АЛС-АРС:

- сигналы с реверсора (выключен, вперед, назад, вперед/назад резервный);
- сигналы с тумблеров задания режима кодирования рельсовой линии ПД и ПД1;
- сигналы с блокиратора каналов системы АЛС-АРС БАРС1, БАРС2 и УОС.

5. Для получения информации о скорости могут использоваться:

- цифровой измеритель скорости (ЦИС) с датчиками вращения шестерни ДВШ;
- осевые датчики скорости, обрабатываемые самой системой АЛС-АРС;
- каналы измерения скорости системы противоюзовой защиты.

Для отображения информации о фактической, допустимой, предупредительной скоростях движения и ряда признаков АЛС-АРС предназначены многофункциональный монитор скорости МФМС и многофункциональный дисплей управления МФДУ.

6. Блок тормоза безопасности БТБУ и резервный вентиль тормоза безопасности РВТБ являются исполнительными элементами экстренного торможения. При снятии с них системой АЛС-АРС питания включается экстренное торможение.

7. Бортовой компьютер вагонного управления БКВУ по командам, полученным по поездной магистрали от блока АТС, осуществляет управление тяговым приводом БУТП в части задания режимов движения и блоком управления фрикционным тормозом БУФТ в части включения электропневматического торможения. Блок БКВУ также собирает диагностическую информацию о

состоянии тягового привода и электропневматического тормоза, датчиков вагонного оборудования, обрабатывает их и передает в АТС.

8. Бортовой компьютер поездного управления предназначен для решения задач обеспечения безопасности движения.

Для решения задач безопасности в блоке реализовано два независимых канала обеспечения безопасности.

В состав каждого канала обеспечения безопасности блока АТС входят:

- два процессора безопасности ПЦБ;
- два модуля ключей МКл;
- два источника питания ИП БК.

Модули ключей управления независимых каналов соединены последовательно. Процессор управления ПЦУ реализует функцию управления составом с учетом команд процессоров безопасности по принципу 2 из 2 для режима ХОД.

2.4. Внутрипоездная связь и информационная система

Система внутрипоездной связи и информирования пассажиров (СВСиИП) предназначена для организации громкой, экстренной и межкабинной поездной связи, а также для предоставления пассажирам состава маршрутной, экстренной, предупредительной и дополнительной информации в звуковом, графическом и мнемоническом виде. СВСиИП состава обеспечивает:

- полудуплексную экстренную связь «пассажир – машинист»;
- полудуплексную служебную связь между кабинами управления состава;
- звуковое оповещение пассажиров из кабины машиниста (передачу машинистом речевой информации по громкой связи);
- предоставление пассажирам звуковой, графической и мнемонической информации о маршруте следования состава (информатор);
- предоставление пассажирам звуковой, графической и мнемонической экстренной, предупредительной и дополнительной информации;
- управление исполнительными устройствами предупредительной сигнализации закрытия дверей вагона;
- трансляцию и воспроизведение в пассажирские салоны вагонов видеоконтента информационного, социального и рекламного характера;
- подключение устройств связи с оператором ситуационного центра к системам громкой, экстренной и межкабинной связи состава;
- регистрацию речевых сообщений, передаваемым по внутрипоездным системам связи и интерфейсу подключения к устройствам связи с ситуационным центром.

Состав системы

Таблица №3

Компонент системы	Количество, шт., на вагон		Кол.шт., на состав 8 ваг.
	81-765	81-766/767	
Головной блок с монитором	1		2
Блок маршрутного табло	1		2
Блок номера маршрута	1		2
Блок индикатора логотипа	1		2
Блок наддверного табло	8	8	64
Блок экстренной связи	5	4	34
Блок интерактивной карты	2	2	16
Блок видеомонитора	6	6	48
Блок сетевого коммутатора	2	2	16

Общий вид блоков системы СВСиИП показан на рисунках:

Функционирование системы

В аппаратных отсеках головной и хвостовой кабине машиниста располагаются блоки управления информационной системой. Они соединены между собой поездными линиями связи CAN и LAN, к которым подключаются внутривагонные информационные блоки и пассажирские пульта экстренной связи. Аппаратно-программное обеспечение блоков управления обеспечивает работоспособность одного из видов внутривозной связи (экстренной или громкой) при отказе любого компонента информационной системы или одной поездной линии связи. Блок управления информационной системой обеспечивает переключение режимов работы и управление приоритетами компонентов системы, а также диагностику их состояния во время работы состава на линии. Встроенные интерфейсы связи обеспечивают подключение к устройству связи с оператором ситуационного центра и системой управления составом. Все информационные сообщения хранятся в энергонезависимой памяти блока управления. Так же, в энергонезависимой памяти блока управления, сохраняются звуковые сообщения, передаваемые по громкой, экстренной и межкабинной системам связи.

Расположенный на пульте машиниста блок мониторов, обеспечивает отображение режимов работы информационной системы, индикацию активного вида связи, номера вагона и пассажирского пульта экстренной связи, с которого произведён вызов пассажира, очереди вызовов пассажиров. К блоку мониторов подключены контрольные громкоговорители экстренной и громкой связи и микрофон машиниста.

Рис. 19 Головной блок с монитором

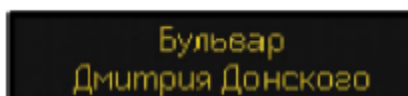


Светодиодные маршрутные указатели устанавливаются в кабинах машиниста головного и хвостового вагонов состава для отображения информации о номере маршрута и пункте назначения состава. Янтарное свечение светодиодов с автоматической регулировкой яркости свечения обеспечивает восприятие информации, как на закрытой станции, так и на открытых участках пути.

Рис. 20 Блок номера маршрута



Рис. 21 Блок маршрутного табло



Наддверные табло размещаются в пассажирском салоне состава над каждым дверным проёмом и включает в себя в себя мнемосхему линии со светодиодным индикатором положения поезда и названиями станций на русском и английском языках, светодиодным монитором для вывода названия следующей станции или служебных сообщений, индикации стороны выхода, два динамика.

Рис. 22 Блок наддверного табло



Информационные табло, установленные по торцам каждого вагона состава, обеспечивают отображение на жидкокристаллическом мониторе маршрутной, экстренной, предупредительной и дополнительной информации на русском и английском языках.

Рис. 23 Блок интерактивного информационного монитора



Установленные в междверном пространстве вагона шесть блоков видеомониторов, с диагональю широкоформатных дисплеев 12,1 дюйма, обеспечивают отображение потокового видео контента, а также экстренной и предупредительной информации.

Рис. 24 Блок видеомонитора



Пассажирские пульта экстренной связи размещены в каждом втором дверном проёме каждого вагона, в шахматном порядке (два у дверей по левому борту и два по правому борту). Пассажирам предоставляется звуковая и световая информация о режиме работы пульта и направлении канала экстренной связи. Интерфейс подключения к устройствам связи с оператором ситуационного обеспечивает передачу звукового и видео сигнала (в пульт встроена видеокамера) в СЦ, а также переключение вызова пассажира от машиниста к оператору СЦ.

Рис. 25 Блок экстренной связи



Сервисное программное обеспечение для ПК, поставляемое в комплекте с информационной системой, обеспечивает подготовку и загрузку в энергонезависимую память блока управления информационной системы состава последовательности маршрутных информационных сообщений, а также копирование данных регистратора блока управления на ПК.

Система видеонаблюдения

Вагоны состава оборудованы системой видеонаблюдения (ВНБ), которая предназначена для предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС) в вагонах состава, оперативного получения информации о возможности возникновения ЧС и оперативного устранения последствий их возникновения.

Система видеонаблюдения состоит из массива видеокамер (БВК), блоков регистрации (БХД) и блоков обработки информации (БОИ) в головных вагонах состава, блока отображения видео в кабине машиниста (БВИ), видео-зеркал (БВЗ), других вспомогательных блоков и жгутов. В каждом вагоне установлены потолочные камеры, а также камеры в вызывных устройствах (ВУ). В кабинах машиниста установлен пульт (блок БВИ), при помощи которого машинист может выбирать требуемый режим отображения и просматривать видео, как с салонных камер, так и с системы «видео-зеркал». Кроме того, на экран блока БВИ может выводиться диагностическая информация, а также состояние блокировки дверей.

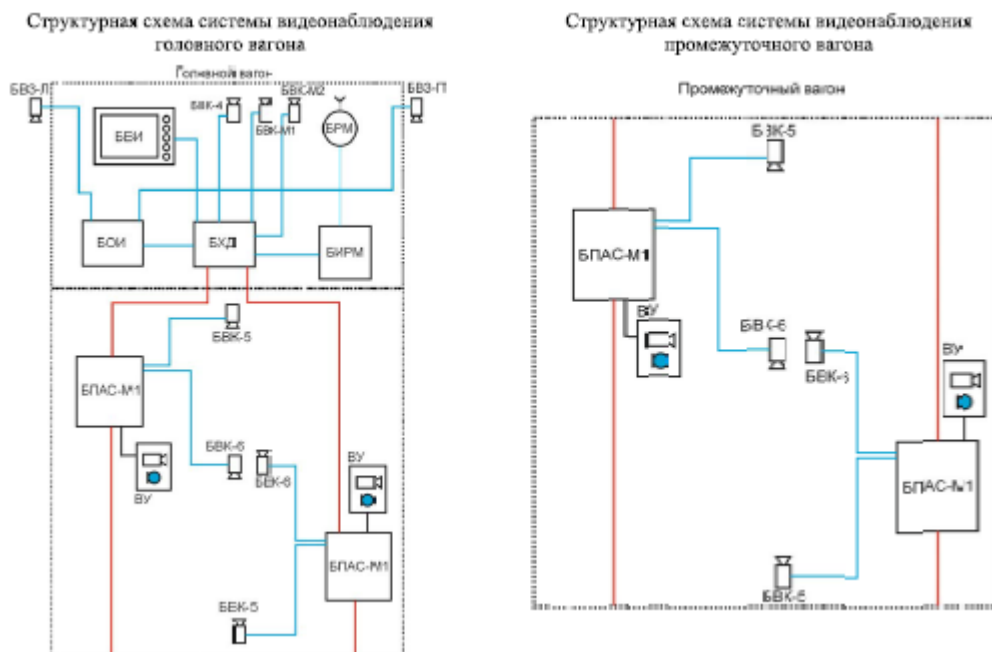


Рис. 26. Структурные схемы системы видеонаблюдения

Система видеонаблюдения предоставляет следующие возможности:

- Видеонаблюдение из кабины машиниста за ситуацией вдоль бортов состава при помощи камер видео-зеркал, установленных на головных и хвостовых вагонах.
- Видеонаблюдение за путевой обстановкой перед кабиной при помощи камер на путь, установленных в кабинах машиниста.
- Наблюдение за ситуацией в противоположной кабине машиниста.
- Выборочный просмотр на мониторе пульта видео-обзора машиниста камер из салона любого вагона с индикацией номера просматриваемого вагона.
- Поочередный просмотр видео последовательно со всех вагонов в режиме слайд-шоу.
- Постоянную регистрацию в блоке БХД видео с камер на путь, на машиниста, видео-зеркал и салонных камер со временем хранения архива до перезаписи не менее 10 суток.
- Регистрацию записи с интервалом 15 минут до и 15 минут после из вагона, от которого произошел вызов пассажира, обеспечивающую повышенное качество видео (повышенная частота кадров до 25 кадров/сек, низкий коэффициент сжатия, повышенное разрешение, если непрерывная запись ведется не с максимальным разрешением камеры), включая запись с камер вызывных устройств в вагоне.
- Запись звука с вызывного устройства в течение 15 минут до и 15 минут после вызова пассажира.
- Прием и отображение видеoinформации от станционных камер при подъезде к станции и возможность просмотра информации с них при стоянке состава (при наличии оборудования системы видеонаблюдения на станции).
- Обеспечение работы всех функций АРМ оператора ситуационного центра: просмотр в реальном времени видео с камер, обеспечение голосовой связи «оператор-машинист», «пассажир-оператор» и громкой связи для составов, находящихся на линиях, оборудованных системой беспроводного видео.
- Вывод на АРМ оператора ситуационного центра стоп-кадра и просмотр архивов видео без остановки записи.
- Вывод на АРМ оператора ситуационного центра видео с индикацией даты, времени и номера вагона.
- Отображение на АРМ оператора ситуационного центра информации о номерах маршрута для составов на линии за счет наличия интерфейса связи системы видеонаблюдения на составе с системой АСНП.
- Просмотр видео-архива и прослушивание звуковых записей на АРМ оператора.

Состав технических средств системы

Система видеонаблюдения содержит следующие базовые компоненты:

- Проводная сетевая инфраструктура Ethernet.
- Регистраторы видео (блоки БХД), расположенные в головных вагонах.
- Блоки обработки информации, управления и конфигурирования системы видеонаблюдения БОИ, расположенные в головных вагонах.
- Видеокамеры (блоки БВЗ, БВК, ВУ).
- Подсистема беспроводной связи WiFi (блоки БРМ), установленные в головных вагонах.
- Пульт отображения видео и выбора режима (блок БВИ), установленный в головном вагоне.
- Блоки обеспечения сетевой связи (БОП, БВС), установленные в каждом вагоне состава.
- Блок ПНМ системы АСНП, установленный в головном вагоне состава.

Блоки БХД, обеспечивающие регистрацию видео, предоставляют возможность искать, просматривать, анализировать и считывать видео с камер состава за требуемый промежуток времени. Объем накопителей данных блоков БХД обеспечивает хранение данных со всех камер состава не менее 10 суток. Технология записи видео - кольцевая, по мере окончания свободного пространства накопителя данные будут перезаписываться для самых старых записей.

При выходе из строя одной камеры, либо одного блока БОП или БВС, система продолжает функционировать в полном объеме, за исключением операций, связанных с неисправным блоком.

При возникновении отказа оборудования системы видеонаблюдения осуществляется замена и восстановление соответствующих компонентов.

Регистратор видео (блок БХД)

Функционирование блока видеорегистратора (БХД) начинается после подачи напряжения бортовой сети питания постоянного тока. Инициализация регистратора занимает 3-5 минут, после чего начинается запись камер. Запись прекращается сразу же после снятия бортового напряжения питания.

Пульт управления и дисплей (блок БВИ)

Блок БВИ обеспечивает просмотр в реальном времени видео с камер в соответствие с выбранным режимом отображения, для чего он оснащен кнопками выбора режима. Блок позволяет отображать видео как с салонных камер, так и с камер системы «видео-зеркал», а также видео с камеры на машиниста, установленной в противоположной голове состава. При отображении видео с камер системы «видео-зеркал» блок БВИ в соответствующих режимах отображения автоматически отражает изображение по вертикали для камер-зеркал.

Пульт удобен для проведения сервисного обслуживания и диагностики элементов системы видеонаблюдения. Например, при неисправности одного из регистраторов (блоки БХД), соответствующая информация будет отображена на блоке БВИ после его включения.

Блок обработки информации БОИ

Блок обработки информации БОИ, установленный в головных вагонах, обеспечивает автоматическое распознавание вагонов в составе и реконфигурирование системы видеонаблюдения при перцепках вагонов.

Блок видео-зеркал БВЗ

Блоки видео-зеркал БВЗ-Л (левый) и БВЗ-П (правый), устанавливаемые на соответствующих бортах головных вагонов, обеспечивают просмотр ситуации вдоль бортов состава. В зависимости от выбранного режима можно просмотреть ситуацию по одному из бортов состава (отображаются одновременно головная и хвостовая камеры по выбранному борту), по обоим бортам с головы или по обоим бортам с хвоста состава.

Блоки видео-зеркал БВЗ для исключения запотевания оптических элементов имеют в своем составе подсистему подогрева и обдува, которая в зависимости от температуры внутри блока рассчитывает точку росы и производит подогрев и/или обдув таким образом, чтобы пройти ее максимально быстро.

Блок видеокамеры БВК

Блоки видеокамер устанавливаются в верхней части вагона и обеспечивают общий обзор салона вагона. Две камеры устанавливаются в торцах вагона и две камеры в центре вагона на потолке, каждая из которых направлена навстречу соответствующей торцевой камере. Такая схема расположения камер позволяет наиболее оптимально охватить наиболее важные зоны салона даже при значительной загруженности вагона пассажирами.

Миниатюрные видеокамеры установлены в вызывных устройствах в области дверных проемов вагона, которые фиксируются в регистраторах при активизации вызова пассажира.

Устройства диагностики и считывания

Для диагностики и считывания видео с составов используется стационарное или мобильное автоматизированное рабочее место (АРМ), которое обеспечивает следующие функции:

- Поиск и анализ записанного видео на регистраторах состава.
- Считывание видео за требуемый промежуток времени с сохранением в одном из общедоступных форматов воспроизведения видео (avi, mkv, mpg и т.д.).
- Возможность анализа записанного видео как для одной камеры, так и для всех одновременно.
- Диагностику подсистем видео.

2.5. Радиодиспетчерская связь

Для поддержания радиосвязи между диспетчером и машинистом на головном вагоне установлена радиостанция, которая обеспечивает связь в режиме одночастотного симплекса на рабочих частотах 2444 кГц или 2464 кГц, переключаемых оперативно.



Рис. 27. Радиостанция

Выбор рабочего режима осуществляется с пульта управления (ПУ) радиостанции.

В состав радиостанции входят:

- 1) Устройство антенно-согласующее или Антенный тюнер автоматический
- 2) Блок радиооборудования
- 3) Блок выносного громкоговорителя
- 4) Пульт управления ПУ-В
- 5) Пульт дополнительный
- 6) Микротелефонная трубка МТТ
- 7) Комплект монтажных частей
- 8) Комплект дополнительного оборудования

Аппаратура радиостанции размещена в аппаратном отсеке и в кабине. Выносной громкоговоритель располагается в кабине. Пульт управления ПУ установлен на правой стойке основного пульта управления (машиниста).

Электрическая схема подключения радиостанции предусматривает аварийное питание радиостанции от аккумуляторной батареи в случае потери питания от бортовой сети (бортового источника электропитания ПСН).

2.6. Устройства АСНП

Головные вагоны оборудованы поездными устройствами системы автоматического считывания номера маршрута поезда АСНП, обеспечивающими передачу с каждой станции на центральный пункт к устройствам диспетчерской централизации (ДЦ) и на технический терминал (ТТ) следующей информации:

- номера маршрутов поездов на главных и главных станционных путях;
- признака включения основного и резервного комплектов АРС;
- о режимах работы АРС.

В состав устройств системы АСНП-М, устанавливаемых на головных вагонах, входят:

- модуль мобильной связи ММС, предназначенный для организации канала передачи данных между поездной и стационарной аппаратурой;
- пульт наборный многофункциональный типа ПНМ;
- антенна;
- кабель.

Модуль мобильной связи ММС обеспечивает передачу данных между поездной и стационарной аппаратурой АСНП с помощью двух каналов связи (инфракрасного и радиоканала).

Частотный диапазон радиоканала - 434 МГц.

Дальность действия радиоканала - не более 40 м, а инфракрасного канала - не менее 10 м. Обмен информацией с аналогичным стационарным модулем по инфракрасному каналу на расстоянии не менее 10 м составляет не более 0,03 с;

Пульт наборный многофункциональный типа ПНМ предназначен для использования в поездных устройствах автоматики метрополитена с целью обработки информационных сигналов. Пульт обеспечивает:

- прием до шести дискретных сигналов от электрической схемы управления вагоном;
- передачу двух дискретных сигналов с номинальным значением напряжения 75 В постоянного тока при допустимом отклонении уровня напряжения в пределах (50-90) В и максимальном токе 100 мА;
- обмен данными с модулем ММС через интерфейс RS 485;
- набор номера маршрута, номера пути следования поезда, названия текущей станции, названия станции оборота;
- визуализацию информации о номере маршрута, названии станции и номере пути следования, а также служебной информации на дисплее.

Номинальное напряжение питания пульта - (75±15) В.

Максимальный потребляемый ток при номинальном значении напряжения питания - не более 0,5 А.

ММС и ПНМ установлены в кабине машиниста.

Система АСНП-М, в целом, обеспечивает:

- передачу на поезд информации о номере станции и номере пути при проследовании поездом каждой станции;
- передачу на поезд информации о номере линии (например, с различными устройствами АРС) при проследовании поездом соответствующей границы;
- считывание с поезда информации о номере его маршрута и состоянии устройств АРС при проследовании поездом каждой станции (номер маршрута вводится в поездные устройства машинистом с пульта ПНМ-6-01).

Принцип действия системы АСНП-М состоит в следующем. На поезде, находящимся на линии, в контроллере пульта ПНМ-6, который управляет работой поездного ММС, записана информация о номере маршрута и номере пути движения поезда. К нему поступает также информация о состоянии устройств АРС.

На каждой станции по обоим путям устанавливается стационарный модуль ММС, работой которых управляет контроллер, размещенный в шкафу ШЛП.

Станционные модули ММС располагаются в зоне знака «Остановка головного вагона» по каждому пути и поочередно посылают на поезда сообщение по ИК-каналу. Поездной модуль ММС начинает принимать эти сообщения примерно в 15 м от него. После окончания приема сообщения

от стационарного ММС поездной ММС включается в режим передачи и посылает на линейный пункт ЛП сообщение о номере маршрута поезда и сведения о состоянии устройств АРС.

На линейном пункте ЛП данные, содержащиеся в принятых стационарными ММС сообщениях, передаются и записываются в память контроллеров ШЛП, и по соответствующим линиям передаются в центральный пункт и в персональный компьютер технического терминала (ТТ), который служит для контроля работы АСНП-М, включая контроль взаимодействия стационарных и поездных ММС.

Питание 80 В устройств АСНП-М осуществляется от бортовой сети.

2.7. Автоматизированная система оповещения и тушения пожара

Автоматизированная система оповещения и тушения пожара (АСОТП), установленная на вагонах метрополитена 81-765, 81-766 и 81-767, предназначена для обнаружения, ликвидации и контроля за эффективностью тушения пожаров в отсеках и пожароопасных местах вагонов.

Компоненты АСОТП соединяются между собой посредством двухпроводных линий связи (ЛС). Информация от всех компонентов системы поступает на центральный блок головных вагонов по общей линии связи (поездному проводу), совмещенной с линией передачи сигнальных сообщений, проходящей по всей длине состава.

Вся информация о работе системы накапливается в энергонезависимой памяти (ЭНП).

Защищаемыми объемами вагонов являются:

- аппаратный отсек (вагон 81-765);
- шкаф электрический торцевой (вагоны 81-766, 81-767);
- аккумуляторная батарея (вагоны 81-765, 81-766);
- блок распределительного устройства БРУ (вагоны 81-765, 81-766).

Работа системы

Питание электронных блоков АСОТП обеспечивается от бортовой сети постоянного тока напряжения 80 В. Время сбора и обработки информации, поступающей из пожароопасных отсеков до 2 с.

Принцип работы АСОТП состоит в следующем.

В пожароопасных защищаемых объемах вагона устанавливаются тепловые из- вешатели ДПС и модули порошкового тушения. Выходным сигналом ДПС при тепловом воздействии (наличии возгорания) является термоэлектродвижущая сила батареи термопар, используемых в качестве термочувствительного элемента датчика.

ДПС передают информацию о состоянии пожарной обстановки в защищаемом объекте в систему АСОТП, и в случае достижения температуры выше 60°C система начинает анализ скорости роста температуры.

При увеличении температуры в защищаемом отсеке выше $(72 \pm 3)^\circ\text{C}$ и (или) скорости ее роста более $8^\circ\text{C}/\text{с}$ в кабине машиниста срабатывает световая и звуковая сигнализация. На дисплее центрального блока системы высвечивается информация о месте возникновения возгорания (номер вагона и наименование защищаемого отсека), в котором происходит рост температуры.

После определения факта возгорания или продления периода более 12 с система формирует команду на разбор цепей управления аварийного вагона с целью ликвидации возможных очагов пожара в виде вольтовой дуги.

После снятия напряжения с аппаратов вагона через 3 с происходит запуск модуль пожаротушения и осуществляется контроль их срабатывания. Весь процесс развития пожара и его ликвидация сопровождается выдачей соответствующей информации на панели центрального блока системы в реальном времени.

Модули пожаротушения приводятся в действие с помощью приборов приемо-контрольных пожарных и управления и (или) кнопки ручного пуска путем подачи импульса тока на активатор модуля. В результате, происходит разложение газообразователя с интенсивным газовыделением, что приводит к нарастанию давления внутри корпуса модуля, разрушению мембраны и выбросу огнетушащего порошка на защищаемую площадь или объем.

2.8. Посты управления вагонами 81-766 и 81-767

Пост управления промежуточного 81-766 и прицепного 81-767 вагонов предназначен для размещения контрольно-измерительных приборов и коммутирующих устройств, необходимых для включения и контроля работы отдельных систем вагонного оборудования.

В состав оборудования поста управления вагоном 81-766 входят:

- контрольно-измерительные приборы (вольтметры и амперметры) для контроля тока и напряжения АКБ и в электрических цепях вагона;
- выключатель батареи (ВБ);
- манометры (двухстрелочный и однострелочный) для контроля давления воздуха в напорной, тормозной магистралях и магистралях тормозных цилиндров;
- панель вагонной защиты (ПВЗ) с автоматическими выключателями;
- педальный клапан вибратора 144, разобщительные краны.

Все оборудование поста управления (аппараты и приборы) размещено в двух шкафах, оборудованных у торцевой стенки в головной части вагона. Электрооборудование - ПВЗ, ВБ (вагон 81-766), электроизмерительные приборы, блоки и датчики системы АСОТП и пр.), размещено в левом шкафу, а пневматическое оборудование установлены в правом шкафу.

2.9. Вентиляция, отопление и кондиционирование салона

Вагоны 81-765, 81-766 и 81-767 оборудованы системой обеспечения климата салонов вагонов.

Системы обеспечения климата салонов вагонов метрополитена применяемые на вагонах метрополитена 81-765, 81-766 и 81-767 предназначены для обеспечения и автоматического поддержания требуемых параметров микроклимата в салонах вагонов в режимах «Вентиляция», «Охлаждение», «Отопление».

В состав климатического оборудования салонов вагонов 81-765, 81-766 и 81-767 входят:

- 1) Установка кондиционирования воздуха салонов вагонов метрополитена (УКВ СВМ) 2 шт.
- 2) Система управления климатом салонов вагонов метрополитена (СУ СВМ) 2 шт.
- 3) Установка обеззараживания воздуха в составе:
 - УФ-модуль «МЕГАЛИТ» 2 шт.;
 - блок пускорегулирующей аппаратуры 2 шт.;
 - кабель 2 шт.
- 4) Преобразователь электроэнергии кондиционера салона вагонов метрополитена (ПЭК СВМ) 1 шт.
- 5) Датчики температуры салона вагона ДТ СВМ . . . 2 шт.
- 6) Клапан для слива воды 4 шт.

Оборудование системы кондиционирования салона размещено на крышах и рамах вагонов.

Установка кондиционирования воздуха салонов вагонов УКВ СВМ

Предназначена для обеспечения требуемых параметров микроклимата в салонах вагонов метрополитена совместно с другим оборудованием вагонов при работе в режимах «Охлаждение», «Вентиляция» и «Отопление».

На вагонах устанавливаются по две независимых УКВ СВМ. Основные технические параметры электрооборудования УКВ СВМ соответствуют параметрам, приведенным ниже:

Таблица №4

№ п.п	Электрооборудование	
	Параметры	Значение
1.	Компрессор	
	– род тока	переменный, 3-х фазный
	– номинальное напряжение при частоте 50 ±1% Гц, В	380±5%
	– пусковой ток, А, не более	125
	– номинальный ток, А, не более	25
2.	Вентилятор конденсатора	
	– род тока	переменный, 3-х фазный
	– номинальное напряжение при частоте	380±5%;

	50 ±1% Гц, В	
	– пусковой ток, А, не более	17
	– номинальный ток, А, не более	3
3.	Вентилятор приточный	
	– род тока	постоянный
	– напряжение, В	50 82
	– мощность при номинальном напряжении питания, кВт, не более	1,8
4.	Электрокалорифер	
	– род тока	постоянный
	– напряжение, В	750 В
5.	Заслонка наружного / рециркуляционного воздуха	
	– напряжение управляющего сигнала, В	0...10
	– род тока	постоянный
	– напряжение, В	24±10%

УКВ СВМ выполнена в виде моноблочной конструкции и монтируется в нише крыши салонов вагонов.

Установка УКВ СВМ состоит из двух отделений – испарительного и конденсаторного. В конденсаторном отделении расположен компрессорно-конденсаторный агрегат холодильного контура, а в испарительном отделении – воздухообрабатывающее оборудование.

Режим работы УКВ СВМ определяется по заданному алгоритму, который обеспечивает поддержание заданной температуры в вагоне метрополитена.

Оценка технического состояния УКВ СВМ осуществляется СУ СВМ по сигналам датчиков, фиксирующих основные параметры оборудования УКВ СВМ.

Система управления климатом салонов вагонов метрополитена (СУ СВМ)

Предназначена для управления электрооборудованием УКВ СВМ с целью обеспечения заданных параметров микроклимата в салонах вагонов в автоматическом режиме и без поддержания параметров микроклимата в остальных режимах.

Объектами управления СУ СВМ является электрооборудование:

- установка кондиционирования воздуха УКВ СВМ;
- преобразователь электроэнергии кондиционера ПЭК СВМ.

В состав СУ СВМ входят:

- блок управления (БУ СВМ);
- кабель подключения диагностического оборудования;
- комплект монтажных частей (КМЧ СУ СВМ).

Блок управления БУ СВМ состоит из электронных узлов и разъемных соединителей, смонтированных на металлическом основании и устанавливается внутри УКВ СВМ.

СУ СВМ представляет собой программируемое устройство, реализующее алгоритм, который обеспечивает управление работой электрооборудования в автоматическом и тестовом режимах.

Автоматический режим управления является основным режимом работы СУ СВМ. В этом режиме СУ СВМ осуществляет автоматическое поддержание параметров микроклимата в салоне вагона по сигналам от датчиков температуры УКВ СВМ.

Выбор режима управления, настройка параметров работы (заданная температура в салоне, расход приточного воздуха) и передача данных о текущих значениях параметров работы осуществляется в соответствии с протоколом обмена между бортовым компьютером вагонного управления (БКВУ) и СУ СВМ.

Управление работой СУ СВМ, минуя автоматический режим, а также считывание накопленной во внутренней памяти СУ СВМ информации о работе УКВ СВМ возможно через программное обеспечение диагностики и управления путём подключения СУ СВМ к

персональному компьютеру посредством шины RS485 через разъем диагностики на корпусе УКВ СВМ.

СУ СВМ обеспечивает сохранение информации о текущем состоянии и ошибках в работе УКВ СВМ в энергонезависимой памяти с привязкой ко времени и дате

Преобразователи электроэнергии ПЭК СВМ

Предназначены для питания системы обеспечения климата салонов вагонов метрополитена трехфазным переменным напряжением 3×380 В, 50 Гц, а также для питания калорифера постоянным напряжением 750 В.

Как указано выше, на вагонах 81-765/766/767 для питания электрооборудования систем СОК салонов используются преобразователи электроэнергии (ПЭК СВМ).

Указанный преобразователь ПЭК СВМ преобразует постоянное напряжение 750В (предел изменения от 550 В до 1000 В) контактной сети вагона тока в напряжение питания:

- регулируемое переменное трехфазное напряжение (канал 1);
- регулируемое постоянное напряжение (канал 2).

Для собственных нужд ПЭК СВМ необходимо постоянное напряжение 80В от бортовой сети вагона. Потребляемая мощность не более 100 Вт.

Конструктивно ПЭК СВМ выполнен в металлическом ящике прямоугольной формы.



Рис. 28. Преобразователи электроэнергии ПЭК СВМ

Установка обеззараживания воздуха (УОВ) «МЕГАЛИТ»

Предназначена для дезинфекции воздуха, поступающего из установки кондиционирования воздуха (УКВ) через воздуховод в салон вагона.

Способ обеззараживания воздуха – ультрафиолетовое излучение бактерицидного диапазона (длина волны 253,7 нм).

Производительность установки «МЕГАЛИТ» - не более 3300 м³ /ч, потребляемая мощность – не более 250 Вт при номинальном напряжении питания (80±2) В. Температура обрабатываемого воздуха плюс (10-40) 0С.

ВНИМАНИЕ! УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА В УОВ, ПРИ ПОПАДАНИИ МОЖЕТ ВЫЗЫВАТЬ ОЖОГИ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ И СЕТЧАТКИ ГЛАЗ.

2.10. Освещение салонов

Освещение салона состоит из световой светодиодной линии. Световая линия расположена в центральной части потолка салона.

Световая линия имеет переменную ширину с более широкими зонами у входных дверей. В зоне входа-выхода на вагонах, с двух сторон установлены светодиодные линейки дверного проёма. В зоне междвагонного перехода расположены светодиодные линейки, обеспечивающие подсветку междвагонного перехода и ориентирование пассажиров при выходе в аварийной ситуации.

Светодиодные линейки дверных порталов обеспечивают также сигнализацию об изменении состояния дверей (открытии или закрытии).

Освещение междвагонного перехода состоит из точечных светодиодных светильников, расположенных в потолочном пространстве междвагонного перехода.

Освещение салона делится на рабочее и аварийное. Управление освещением салонов вагонов, осуществляется при помощи органов управления, расположенных на вспомогательном пульте машиниста.

2.11. Комплект асинхронного тягового привода КАТП-3

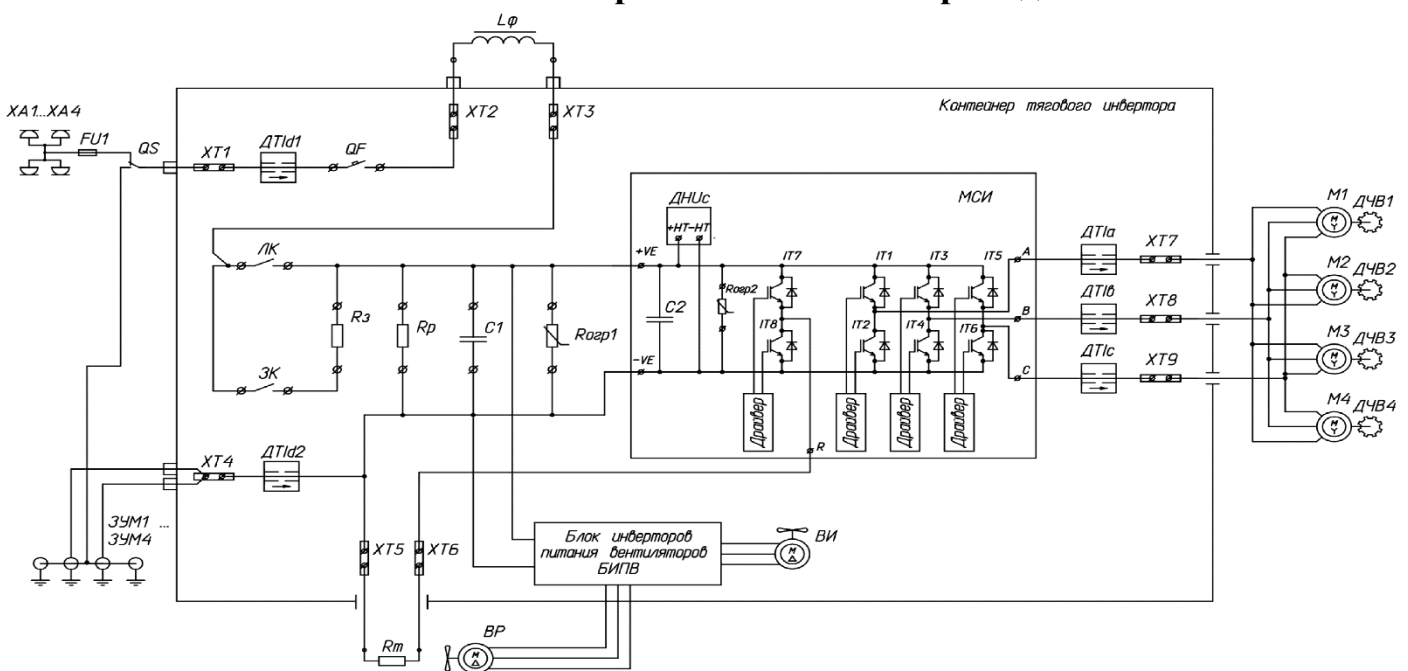


Рис. 29 Схема силовых цепей

В состав тягового электрооборудования вагонов 81-765 и 81-766 входят комплекты силового электрооборудования тягового привода КАТП-3 и комплекты вспомогательного электрооборудования. КАТП-3, представляет собой асинхронный тяговый электропривод с автономным инвертором напряжения и обеспечивает:

- Пуск и регулирование скорости с четырьмя различными темпами разгона по командам блока компьютера вагонного управления (БКВУ), а также пуск и регулирование скорости в тяговом режиме с двумя различными темпами разгона по командам резервного управления
- Следящее рекуперативно-реостатное торможение по командам БКВУ, с тремя различными темпами замедления в диапазоне скоростей от максимальной до минимально возможной (**но не более 7 км/ч**) без ограничения скорости начала торможения
- Изменение направления движения по командам БКВУ или реверсора резервного управления
- Устойчивую работу при повторно-кратковременных режимах с максимальной нагрузкой и продолжительностью стоянки на станции **25 сек** при скорости сообщения **48 км/ч** на перегоне **1700 м** с интенсивностью движения не менее **40** циклов пусков в час
- Автоматическое регулирование тягового и электродинамического тормозного усилий в зависимости от сигналов устройства контроля загрузки вагонов

- Управление движением по системе многих единиц и сохранение работоспособности при проезде не перекрываемых токоразделов в режимах тяги и рекуперативно - реостатного торможения при изменениях напряжения от **550** до **975 в**
- Контроль параметров электрического торможения и формирование при его отказе, снижении эффективности или истощении в зоне малых скоростей сигналов «Отказ электротормоза», «Электротормоз не эффективен», используемых для формирования команд на замещение электрического торможения пневматическим
- Прием сигналов управления от **БКВУ** и передачу диагностических сигналов о состоянии и параметрах электрооборудования в **БКВУ**.

2.12. Отличия комплекта асинхронного тягового привода КАТП-3 от КАТП-2

Начиная с **2004** г. ОАО «Метровагонмаш» все новые модели вагонов метро оснащает тяговым асинхронным приводом собственной разработки и изготовления. Это комплект асинхронного тягового привода **КАТП-1** для вагонов **81-740/741** и **КАТП-2** для вагонов **81-760/761**. По экономическим соображениям привод выполнен групповым – когда все четыре тяговых двигателя вагона подключены параллельно к одному силовому инвертору. В этом случае количество силового и управляющего оборудования минимально и соответственно его цена ниже, чем у привода с потележечным управлением. Модуль силового инвертора **МСИ** это инвертор напряжения на силовых **IGBT** транзисторах. Оба инвертора **МСИ-1** и **МСИ-2** имеют мощность **800 кВт** и питают четыре двигателя мощностью **170 кВт** каждый.

Согласно техническим требованиям к электроподвижному составу Московского метрополитена для поставки в **2017-2020** годах новый поезд метро должен быть постоянного формирования и в восьми вагонном составе иметь **шесть моторных (М)** и два безмоторных **прицепных (П)** вагона. По сути, это требование заказчика в целом направлено на снижение цены изделия. Однако при этом требования к динамике состава: к его ускорениям, замедлениям, длинам тормозных путей, остались практически как для состава с восемью моторными вагонами.

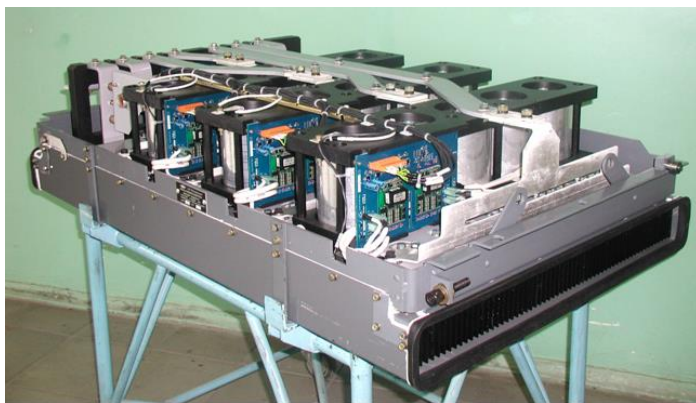


Рис. 30. Серийная конструкция МСИ-2

инвертором **МСИ-2** требуемое увеличение мощности не представляется возможным. По результатам испытаний было принято решение разработать и изготовить совершенно новую конструкцию инвертора, отвечающую тендерным требованиям.

На рисунке приведено фото серийной конструкции **МСИ-2**. Три ряда круглых **снабберных** конденсаторов расположены между рядами **IGBT-модулей** и подключены к плоскопараллельным шинам постоянного тока. Такое расположение этих конденсаторов требует увеличение длины всей конструкции, кроме того для их крепления используется достаточно большое количество деталей, но

Для проверки работы состава с конфигурацией **6М+2П** в режиме тяги отключались тяговые приводы двух вагонов поезда. Результат эксплуатации такого состава под пассажирами отрицательный. В часы пик состав не обеспечивает требуемого временного графика движения линии. Очевидно, что это следствие потери тягового усилия двух вагонов и компенсировать его можно только увеличением тяговых усилий, а соответственно мощности, приводов оставшихся шести моторных вагонов. Расчеты и измерения показали, что с серийно выпускаемым сегодня



Рис. 31. Конструкция МСИ-3

главное, именно эти конденсаторы ограничивают увеличение мощности инвертора, что необходимо для поезда с прицепными (безмоторными) вагонами.

В новой конструкции круглые снабберные конденсаторы заменены одним мощным низкоиндуктивным пленочным конденсатором, установленным над IGBT-модулями и системой шин. Этот конденсатор одновременно несет функцию снаббера и является частью конденсатора сетевого фильтра. Такая компоновка позволяет сблизить расстояния между **IGBT-модулями**. В результате длина настоящего **МСИ-3** будет **на 30% меньше**. Фазные шины и шина тормозного чоппера проходят под конденсатором и выходят в бок. На рисунке не видно. **Конструкция шин простой формы, в отличие от ошиновки МСИ-2, но главное такое направление шин позволяет существенно упростить систему шин внутри нового контейнера КТИ-3.**

Снаббер – это демпфирующее устройство, работающее в качестве фильтра низкой частоты, которое выполняет действия по замыканию на себе тока переходного процесса.

Устройство предназначено для понижения значений перенапряжений в переходных процессах, которые появляются при коммутационных действиях с силовыми полупроводниками. Они практически незаменимы для предотвращения температурного перегрева диодов и мощных транзисторов.

Самый простой снаббер – это импульсный конденсатор незначительной емкости, который подключается параллельно силовому ключу. В конструкции обязательно должен присутствовать подключенный параллельно конденсатору резистор. Он помогает избавиться от потерь и утечек в паразитном колебательном контуре.

Основное требование к конструкции снабберной емкости – обеспечить помимо минимальной величины распределенной индуктивности, еще и удобство присоединения к терминалам силового модуля.

Конденсатор инвертора, как взрывоопасное оборудование, теперь оснащен датчиком давления. Расчетная мощность **МСИ-3** не менее **1000 кВт**, что более чем достаточно для поезда с прицепными вагонами.

В **КТИ-2** блок питания вентиляторов установлен в нише над силовым инвертором. В результате вся управляющая электроника блока расположена внутри ниши с малым объемом по высоте для естественного охлаждения, что приводит к ее существенному нагреву и снижению надежности ее работы.

Рис. 32. Отсек №6 КАТП-2

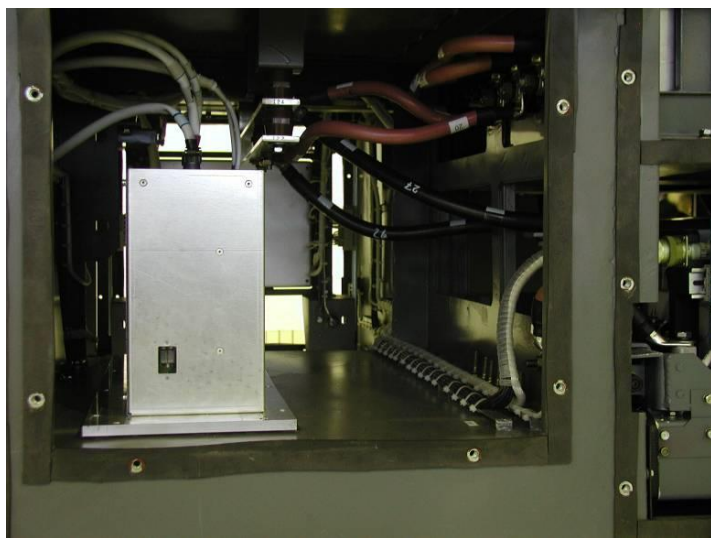
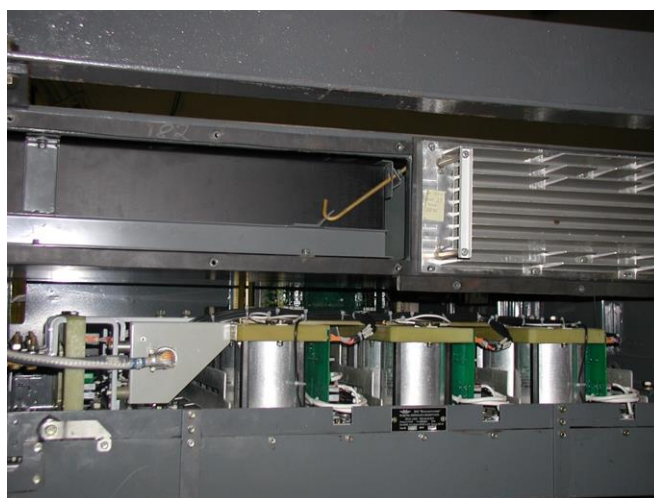


Рис. 33. Отсек БИПВ в КАТП-3

Использование МСИ-3 новой конструкции больше не требует применения в силовой схеме промежуточного дросселя. Теперь в его отсеке установлен блок БПВ. При этом воздушный канал принудительного охлаждения охладителя МСИ продлен в отсек БПВ и его охладитель также получает принудительное воздушное охлаждение. Это существенно снизит тепловую напряженность БПВ и повысит надежность его работы.

При меньших габаритных размерах МСИ-3 уменьшились габаритные размеры и масса контейнера тягового инвертора (КТИ-3).

Тип	Габаритные размеры (HxBxL), мм	Масса, кг
КТИ-2	700x2130x3600	1300
КТИ-3	700x1980x2910	1000

Одновременно выполнена большая работа по модернизации аппаратной реализации блока управления тяговым приводом и его программного обеспечения, направленная на повышение надёжности работы всей тяговой системы в целом.

Основные технические характеристики

Таблица №6

№ п/п	Наименование характеристики	Значение
1.	Напряжение на токоприемнике, В: - номинальное - максимальное - минимальное	750 975 550
2.	Максимальный ток, потребляемый электрооборудованием одного вагона, А при пуске, не более:	1100
3.	Суммарная мощность ТАД в часовом режиме, кВт:	4x190
4.	Время разгона до заданной скорости на прямом горизонтальном участке пути, с, не более: - 30 км/ч - 60 км/ч - 80 км/ч	10 25 35
5.	Темп изменения ускорения при пуске, м/с ² не более:	0,6
6.	Конструкционная (максимально допустимая) скорость движения, км/ч	90
7.	Темп изменения замедления при торможении, м/с ² , не более:	0,6
8.	Длина тормозного пути вагона при электродинамическом (служебном) торможении с момента задания тормозного режима, м, не более: - 20 км/ч - 40 км/ч - 60 км/ч - 80 км/ч - 90 км/ч	30 70 150 260 330
9.	Условная расчетная скорость сообщения при движении поезда по перегону длиной 1700м, на горизонтальном участке пути, при длительности стоянки 25с, км/ч, не более:	48
10.	Удельный расход электроэнергии на тягу при движении со скоростью сообщения 48 км/ч, по перегону длиной 1700м, на горизонтальном участке пути при максимальной нагрузке (без учета рекуперации) Вт х ч/т х км, не более:	60
11.	Максимальный преодолеваемый уклон 0/00:	40
12.	Масса комплекта электрооборудования, кг, не более:	6000
13.	Номинальное напряжение цепей управления, В:	80
14.	Потребляемая мощность, кВт:	300

3. Контейнер тягового инвертора (КТИ-3)

Контейнер тягового инвертора предназначен для размещения оборудования (аппаратуры) управления тяговым приводом и питания током с регулируемым напряжением и частотой четырех асинхронных тяговых двигателей вагона в режиме тяги и управления тяговыми двигателями в режиме следящего рекуперативного и реостатного электрического торможения.

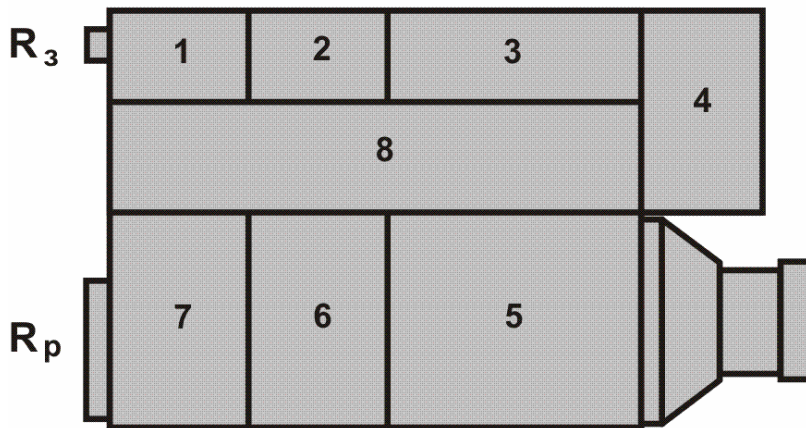


Рис. 34. КТИ-3

Корпус контейнера представляет собой металлическую сварную конструкцию из нескольких секций. Секции контейнера разбиты на отсеки, что позволило отделить силовое оборудование от аппаратуры управления и обеспечить соответствие требованиям электромагнитной совместимости. Доступ к оборудованию, размещенному в отсеках, возможен через их крышки.

Для обеспечения требований безопасности при эксплуатации электрооборудования на крышки нанесены предупреждающие знаки и надписи.

Драйвер (АНГЛ. driver — управляющее устройство, водитель) — электронное устройство, предназначенное для преобразования электрических сигналов, целью которого является управление чем-либо. Драйвером обычно называется отдельное устройство или отдельный модуль, микросхема в устройстве, обеспечивающие преобразование электрических управляющих сигналов в электрические или другие воздействия, пригодные для непосредственного управления исполнительными или сигнальными элементами.

Состав контейнера

Контейнер включает в себя все оборудование 3-х фазного частотно-регулируемого асинхронного тягового привода вагона за исключением дросселя сетевого фильтра, тормозного реостата и тяговых двигателей.

В режиме тяги компоненты силовой цепи преобразуют напряжение сети постоянного тока, снимаемое с контактного рельса, в трехфазное напряжение с регулируемой амплитудой и частотой, для питания тяговых асинхронных двигателей. Так же компоненты силовой цепи используются для режима динамического реостатного торможения.

Напряжение тяговой сети поступает в контейнер тягового инвертора через силовые устройства вагона: токоприемники ХА1 – ХА4, главный предохранитель FU1 и разъединитель QS.

Контейнер закреплен к раме под вагоном и содержит все оборудование тягового привода, кроме тормозного резистора **Rt** и дросселя сетевого фильтра **Lф**. Тормозной резистор и дроссель сетевого фильтра закреплены к раме вагона отдельно. Тяговые двигатели **М1 – М4** с датчиками частоты вращения ротора двигателя установлены на тележках.



Рис. 35. КТИ-2

Контейнер тягового инвертора включает в себя следующее оборудование:

№	Наименование отсека	Состав оборудования в отсеке
1	Отсек контакторов	Линейный контактор, зарядный контактор
2	Отсек блока управления тяговым приводом	Блок управления тяговым приводом, тумблер напряжения питания на БУТП
3	Отсек вторичного электропитания	Субблок источника питания контейнера, панель промежуточных реле, клеммные рейки для подключения проводов питания
4	Отсек датчиков тока.	Датчики выходных фазных токов
5	Отсек модуля силового инвертора	Модуль силового инвертора, конденсатор сетевого фильтра С-1, панель вентиляторов
6	Отсек блока инверторов питания вентиляторов (БИПВ).	Блок инверторов питания вентиляторов (БИПВ)
7	Отсек выключателя быстродействующего	Быстродействующий выключатель, датчик входного тока в цепи силового питания контейнера
8	Отсек центральный	Силовые шины, кабели и провода. Защитный варистор. Датчик обратного тока в цепи силового питания контейнера

3.1. Отсек № 1. Контактторов

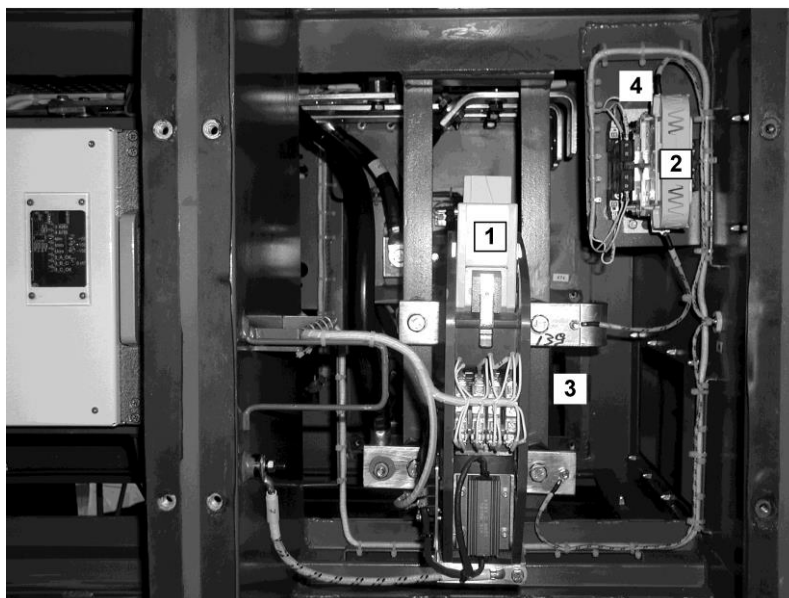


Рис. 36. Отсек №1 контакторов

В отсеке расположены линейный контактор (*ЛК*), зарядный контактор (*ЗК*) конденсатора сетевого фильтра. Линейный контактор крепится в отсеке за свои токоведущие шины. Зарядный расположен на крепёжной панели.

3.1.1. Линейный контактор (*ЛК*).

Предназначен:

- Для подачи питания 850 в от токоприемников на силовой инвертор в штатном режиме
- Для отключения силовой схемы от контактной сети в аварийных режимах
- Для отключения силовой схемы от контактной сети при реостатном электрическом торможении без рекуперации энергии в контактную сеть
- Для отключения силового инвертора от контактной сети при снижении напряжения в сети до уровня ниже 530в.

Линейный контактор представляет собой однополюсный электромагнитный контактор постоянного тока с естественным охлаждением.

Основные технические характеристики контактора:

Таблица №7

№ п.п	Характеристика	Значение
1.	Максимальное рабочее напряжение постоянного тока	2000 В
2.	Максимальный рабочий постоянный ток	900 А
3.	Номинальное напряжение цепей управления	72 В
4.	Максимальное рабочее напряжение постоянного тока	110 В

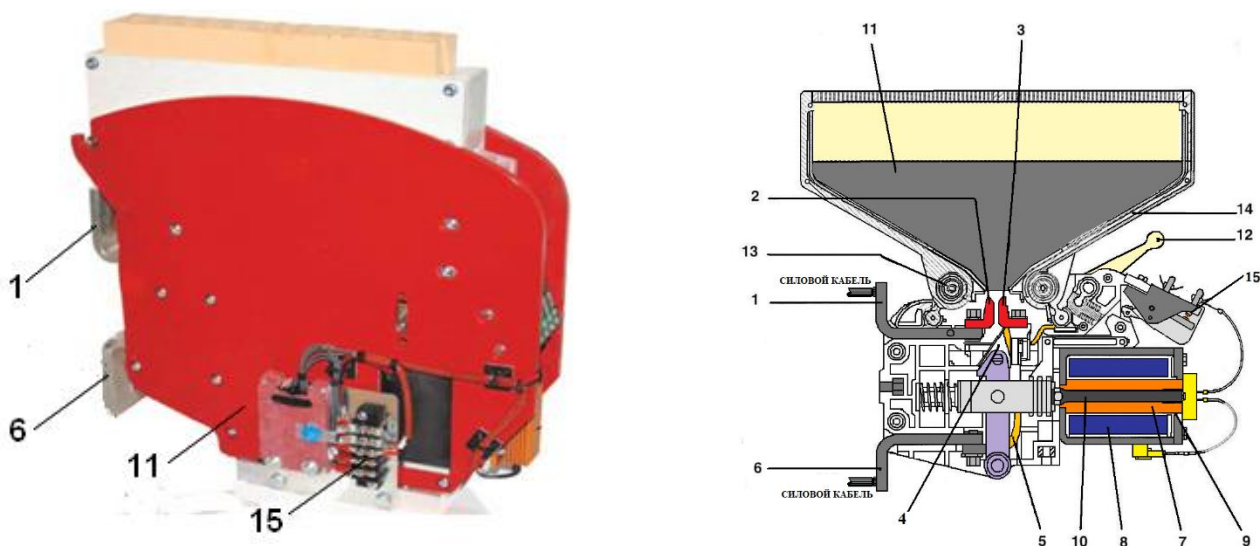


Рис. 37. Линейные контакторы различных производителей

Контакторы представляют собой оперативные аппараты с дистанционным управлением, предназначенные для частых включений и отключений электрических цепей как без тока, так и при номинальных токах нагрузки. Они в отличие от автоматических выключателей не имеют устройств для контроля значения тока.

Основная цепь (См. рис.37) включает верхний силовой вывод (1), неподвижный контакт (2), подвижный контакт (3), опора подвижного контакта (4), гибкое соединение (5) и нижний силовой вывод (6). Управляющее устройство включает сердечник (7), катушку (8), магнитопровод (9) и замыкающий стержень (10).

Подвижный контакт 3 регулируется управляющим механизмом с помощью изолирующего рычага. Контакт установлен на пружинах во избежание колебаний и позволяет ему перекапываться по неподвижному контакту, облегчая разрыв электрической дуги при разъединении контактов. Небольшие скользящие движения, когда контакты ослаблены, убирают слой грязи (пыли) или оксида, которые могут образоваться при работе контактора, дугогасительная камера (11) установлена к контактной группе и закреплена блокирующим рычагом. (12).

Для обеспечения надежного гашения дуги, дугогасящая камера оснащена парой катушек (13), которые проводят ток только во время размыкания. Поэтому, полярность незначительна.

Дугогасительные решетки в камере выполняют следующие функции:

- Снижение напряжения дуги
- Эффективное охлаждение дуги.

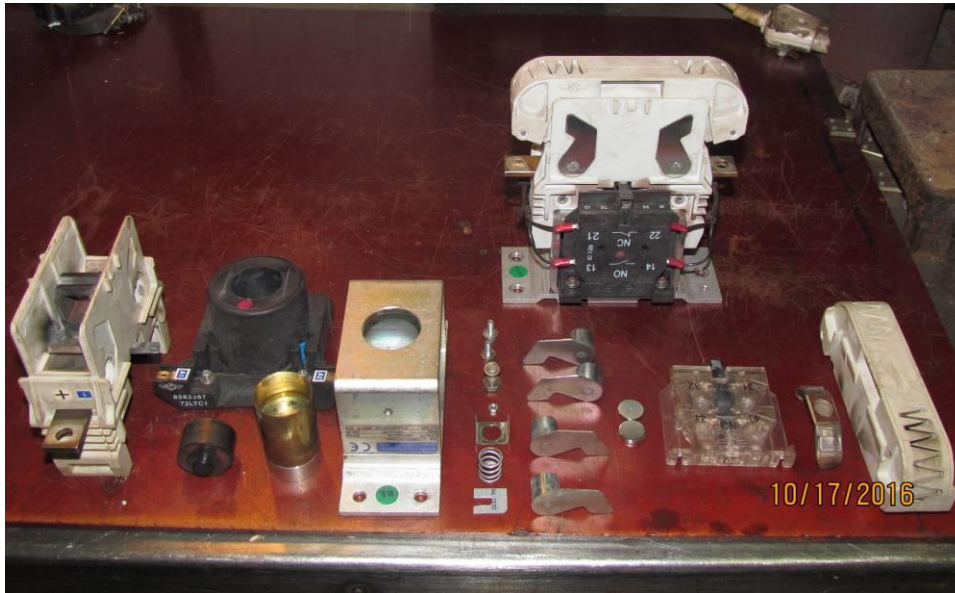
Вспомогательные контакты (15) могут быть нормально разомкнутыми и нормально замкнутыми в зависимости от того, как рабочие кулачки установлены.

3.1.2. Зарядный контактор (ЗК) LTC-250

Зарядный контактор подключает подводимое напряжение 750в контактной сети через зарядный резистор к тяговому инвертору для заряда конденсатора сетевого фильтра.

Контактор - электромагнитный, снабжён двойной размыкающей цепью.

Параллельно катушке контактора подключен резистор переменного сопротивления, (варистор) который размещен внутри корпуса контактора.



Контактор состоит из следующих элементов:

- корпус контактора,
- дугогасительная камера,
- силовые клеммы,
- клеммы управляющей катушки,
- блок вспомогательных контактов.

Рис.38.Зарядный контактор

Работа контактора

Контактором управляет блок управления тяговым приводом (БУТП-2). При замыкании силовых контактов в силовой схеме быстродействующего выключателя (См.силовую схему) начинается процесс заряда конденсатора сетевого фильтра(СФ). Нормально разомкнутые силовые контакты контактора на короткое время замыкаются, подключая конденсатор к напряжению 750в через резистор заряда конденсатора R_s . После того, как конденсатор зарядился, замыкаются контакты линейного контактора ЛК, шунтируя контакты ЗК и сопротивления R_z , что приводит к отключению зарядного контактора и тяговый инвертор получает питание через линейный контактор.

(!) Таким образом, зарядный контактор замыкается под нагрузкой и размыкается без нагрузки, когда зарядный резистор и контактор шунтированы контактами ЛК.

- 1- катушка;
- 2- полюс;
- 3- дугогасительная камера;
- 4- блок вспомогательных контактов.

Снаружи на боковой стенке отсека расположен зарядный резистор конденсатора сетевого фильтра.

3.1.3. Схема включения ЛК и ЗК

При поступлении питания в БУТП-2 и далее на панель с реле (ПР) – включаются промежуточные реле К4 и К6, что приводит к замыканию их контактов в цепях катушек зарядного контактора (ЗК) и линейного контактора (ЛК).

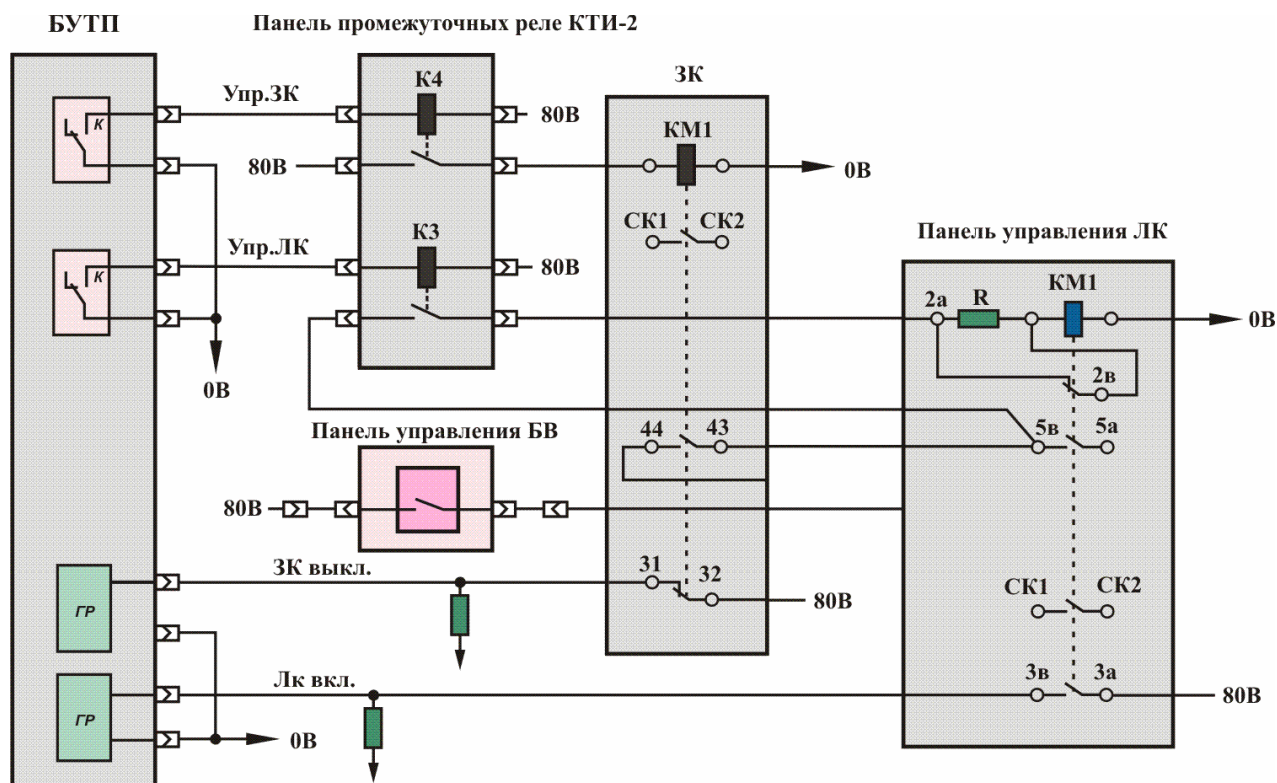


Рис. 39. Схема включения ЛК и ЗК

ЗК включается и своими силовыми контактами подключает к контактной сети зарядное сопротивление конденсатора фильтра. После заряда конденсатора в силовой цепи замыкаются силовые контакты линейного контактора (ЛК), что обеспечивает:

- Шунтирование цепи зарядного контактора – ЗК отключается
- Силовой инвертор получает питание через контакты линейного контактора.

Одновременно включается вспомогательный контакт, который используется для передачи в БУТП-2 состояние силовых контактов ЛК и их включение.

Срабатыванием контактора управляет блок управления тяговым приводом (БУТП-2). Линейный контактор всегда отключается при отключении быстродействующего автомата, т.к. в цепи питания катушки ЛК разрывается блокировка ВБ., что приводит к обесточиванию катушки ЛК.

Линейный и зарядный контакторы управляются блоком управления тяговым приводом, путем формирования сигналов «Упр. ЛК» и «Упр. ЗК» за счет включения соответствующих управляющих реле. При включении БВ формируется сигнал «Упр. ЗК» для начала процесса зарядки конденсатора сетевого фильтра Сф. Поскольку БУТП не может напрямую питать катушку ЗК, то он своим сигналом «Упр. ЗК» включает контактор К4 на панели промежуточных реле в контейнере тягового привода по цепи: +80В – К4 – контакт «К» в БУТП – 0В. К4 включившись, замыкает свой контакт в цепи питания катушки КМ1 зарядного контактора по цепи: +80В – контакт К4 – КМ1 – 0В.

После включения ЗК нормально разомкнутые контакты главной цепи контактора СК1 и СК2 замыкаются, подключая конденсатор сетевого фильтра Сф к напряжению 750В через резистор R3.

При заряде конденсатора свободные электроны, имеющиеся на одном из его электродов, устремляются к положительному полюсу источника, вследствие чего этот электрод становится положительно заряженным. Электроны с отрицательного полюса источника устремляются ко второму электроду и создают на нем избыток электронов, поэтому он становится отрицательно заряженным. В результате протекания зарядного тока i_3 на обоих электродах конденсатора образуются равные, но противоположные по знаку заряды и между ними возникает электрическое поле, создающее между электродами конденсатора определенную разность потенциалов. Когда эта разность потенциалов станет равной напряжению источника тока, движение электронов в цепи конденсатора, т. е. прохождение по ней тока i_3 прекращается. Этот момент соответствует окончанию процесса заряда конденсатора.

(!) Включение ЗК осуществляется всегда после включения БВ, независимо от напряжения в контактной сети. Контрольный сигнал о включении ЗК «ЗК выкл=0» через нормально замкнутый контакт (31; 32) поступает на вход БУТП.

При наличии напряжения **750В** в контактной сети и включении ЗК, происходит процесс зарядки конденсатора сетевого фильтра Сф через контакты СК-1 и СК-2. Когда напряжение на конденсаторе сетевого фильтра достигнет **550В**, то БУТП формирует сигнал «Упр. ЛК» для включения линейного контактора.

Поскольку БУТП не может напрямую питать катушку ЛК то он своим сигналом «Упр. ЛК» включает реле К3 на панели промежуточных реле, которое подключает питание к линейному контактору **по цепи**: +80В – К3 – контакт «К» в БУТП – 0В.

Питание к ЛК и контактам К3 подводится **по цепи**: +80В – панель управления БВ – точка 5а – контакт 44-43 – точка 5в – замкнутый контакт К3 - точка 2а – нормально замкнутый контакт 2в – катушка КМ1 на панели управления ЛК – 0В.

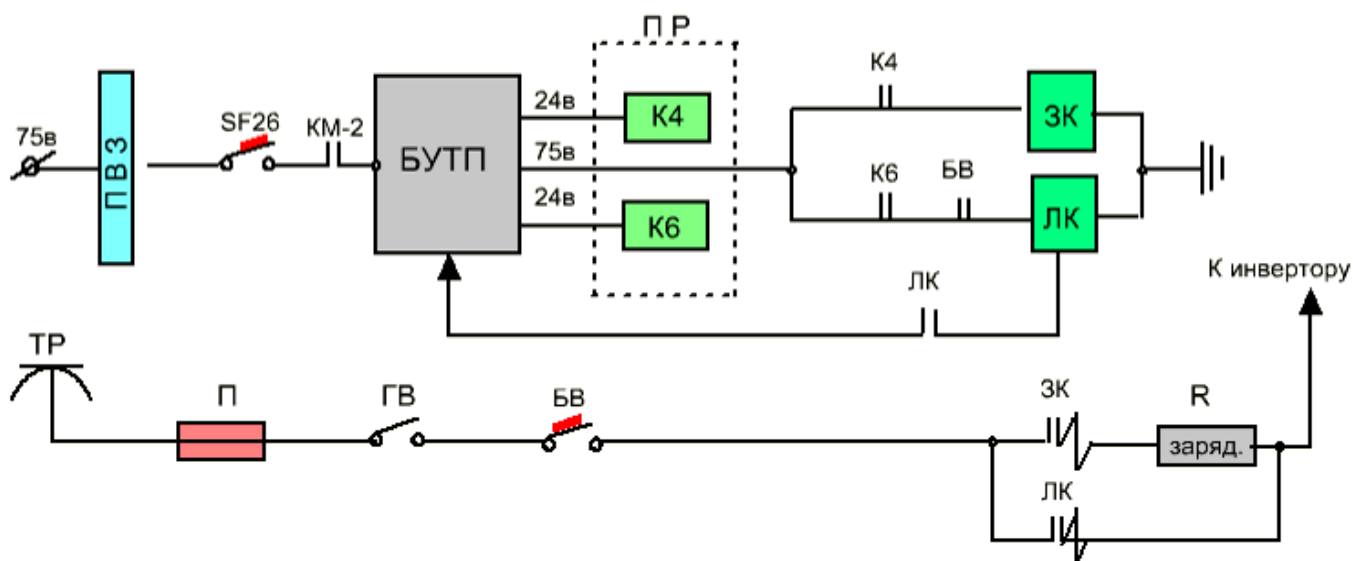


Рис.40. Схема включения ЛК и ЗК (силовая)

Таким образом ЛК не включится, пока не замкнутся контакты БВ и ЗК. После включения ЛК, вспомогательные контакты ЗК (43; 44) шунтируются вспомогательными контактами ЛК (5а; 5в), так что ЗК может быть разомкнут.

По достижении на конденсаторе сетевого фильтра Сф напряжения **550В**, БУТП подает сигнал на отключение ЗК и дальнейший заряд Сф осуществляется через контакты СК1 и СК2 на панели управления ЛК.

После включения ЛК и при размыкании контактов 2а и 2в, в цепь его катушки вводится энергосберегающий резистор **Р** для обеспечения режима удержания.

Контрольный сигнал о включенном состоянии ЛК «Лк вкл =1» через его замыкающийся контакт 3а и 3в поступает в БУТП. ЛК остается в замкнутом состоянии, пока напряжение в сети не упадет до уровня **550В**.

Наличие в линейном контакторе вспомогательных контактов, позволяет передать в БУТП информацию о состоянии главных контактов.

3.1.4. Зарядный резистор



Рис. 41. Зарядный резистор

(!) Зарядный резистор конденсатора фильтра (К3) номинальным сопротивлением $(14 \pm 10\%) \text{ Ом}$ - предназначен для ограничения тока заряда конденсатора сетевого фильтра.

Резистор состоит из резистивного элемента, расположенного внутри алюминиевого корпуса с ребрами охлаждения и шпилькой заземления. Резистор имеет вынесенную клеммную коробку для подключения его выводов. Номинальная мощность зарядного резистора **500 Вт**. Масса **3 кг**.

Резистор устанавливается снаружи отсека контакторов. Кабели к резистору подводятся из контейнера внутри пластиковой гофры с фитингами.

Работа резистора

(!) При замыкании контактов зарядного контактора (ЗК) происходит начальный бросок тока из-за заряда конденсатора фильтра. Зарядный резистор конденсатора ограничивает этот ток.

При достижении напряжением фильтра заданной величины, с выдержкой времени 1 сек на дозаряд, включается линейный контактор (ЛК), подключая силовой инвертор непосредственно к тяговой сети. При этом контактор ЗК размыкается, предотвращая протекание тягового тока через зарядный резистор, рассчитанный только на ток заряда конденсатора.

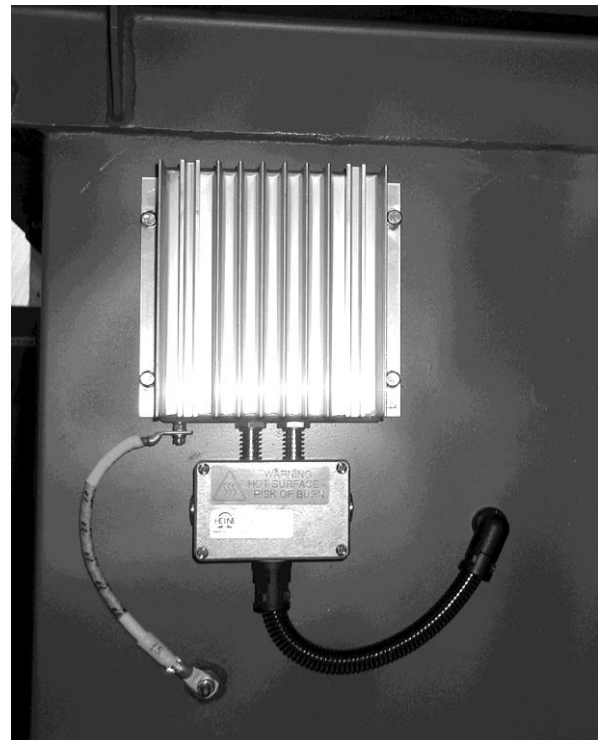


Рис. 42. Зарядный резистор на стенке контейнера

3.2. Отсек № 2. Блока управления тяговым приводом (БУТП).



Рис. 43. БУТП

В отсеке расположены блок управления тяговым приводом БУТП-2 и тумблер выключения питания блока «+24в».

Блок представляет собой (см. рис. ниже), металлический каркас (2) с передней лицевой панелью (3,4) и задней крышкой. На лицевой панели блока расположен соединитель (1) для подключения технологического жгута контроля сигналов БУТП. В закрытом прозрачном окне расположен батарейный отсек и панель светодиодной индикации. Внутри каркаса размещается базовая узловая плата блока, в которую устанавливаются и крепятся остальные печатные платы электронных узлов блока. Узловая плата служит для организации межплатных электрических соединений модулей блока, на ней установлены электронные компоненты интерфейсов блока и четыре разъема для связи блока с цепями управления тяговым приводом.

Блок управления крепится к несущей раме по углам каркаса блока. Тумблер крепится на скобу, расположенную на левой боковой стенке внутри отсека.

Блок управления БУТП получает от блока компьютера вагонного управления БКВУ сигналы о выбранном режиме движения, силе тяги и направлении движения. БУТП производит соответствующие вычисления и передаёт вагонной системе управления сигналы о неисправностях и состоянии оборудования. Обмен данными между БКВУ и другими абонентами, в том числе с БУТП, осуществляется по вагонной линии связи, в качестве которой используется шина CAN – 2.0 с резервированием. При этом БКВУ является ведущим устройством на шине, частота обмена составляет 10 Гц.

БУТП-2 обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- управление ВБ, контакторами, тормозным чоппером, силовым инвертором питания тяговых двигателей в режиме тяги и электрического следящего реостатно – рекуперативного торможения;

- электронную защиту силовых цепей тягового электрооборудования в аварийных режимах;

- управление силой тяги и торможения двигателей в зависимости от загрузки вагона;

- защита от юза и боксования колесных пар;

- самодиагностики, включающие в себя проверку самоинициализации;

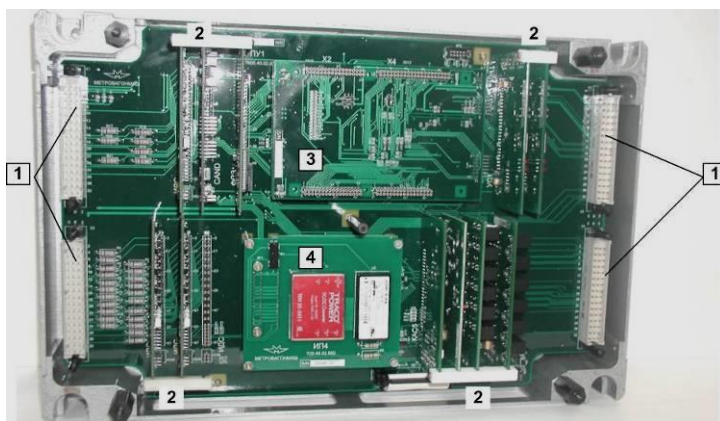


Рис. 44. БУТП – вид без боковых стенок

- настройки и анализа, включающие возможность перепрограммирования БУТП.

Блок управления тяговым приводом **БУТП** подает управляющие импульсы на **IGBT-модули**, расположенные в модуле силового инвертора **МСИ**, (сигналы «Упр. +А», «Упр -А», «Упр. +В», «Упр -В», «Упр. +С», «Упр -С»). **IGBT-модули** инвертора включаются или отключаются по сигналам **БУТП** для преобразования постоянного входного тока в переменный выходной.



Блок управления тяговым приводом **БУТП**, так же подает команды на управление **IGBT-модулями** реостатного тормоза «Упр. ТТ». Эти команды подаются по принципу широтно - импульсной модуляции для поддержания максимального напряжения **925В** на конденсаторе сетевого фильтра.

CAN2.0В - последовательный протокол связи, который эффективно поддерживает распределенное управление в реальном масштабе времени с высоким уровнем безопасности. Область применения - от высокоскоростных сетей до дешевых мультиплексных шин. В автоматике, устройствах управления, датчиках используется CAN со скоростью до 1 Мбит/сек. Задача данной спецификации состоит в том, чтобы достигнуть совместимости между любыми двумя реализациями CAN - систем.

3.3. Отсек № 3. Вторичного электропитания

В отсеке размещены: Субблок источника питания контейнера и панель промежуточных реле.

Субблок предназначен для питания устройств управления, размещенных в контейнере стабилизированным, гальваническим развязанным напряжением.

Источник питания представляет собой закрытый алюминиевый ящик с ребрами, внутри которого расположены электронные компоненты источника.

Четыре электронных блока с гальванически развязанными выходами, преобразующими поступающее от бортовой сети вагона напряжение 80 в постоянного тока в четыре разных напряжения питания устройств. Пластина основания источника имеет боковые вылеты с четырьмя крепежными отверстиями. Охлаждение источника естественное.

В состав СБИПК входят следующие модули:

- Модуль питания (МП-1503В1-01) 1 шт.
- Модуль питания (МП-2402В1-01) 3 шт.
- Модуль стабилизатора напряжения (МСН-7005В1-01) 1 шт.

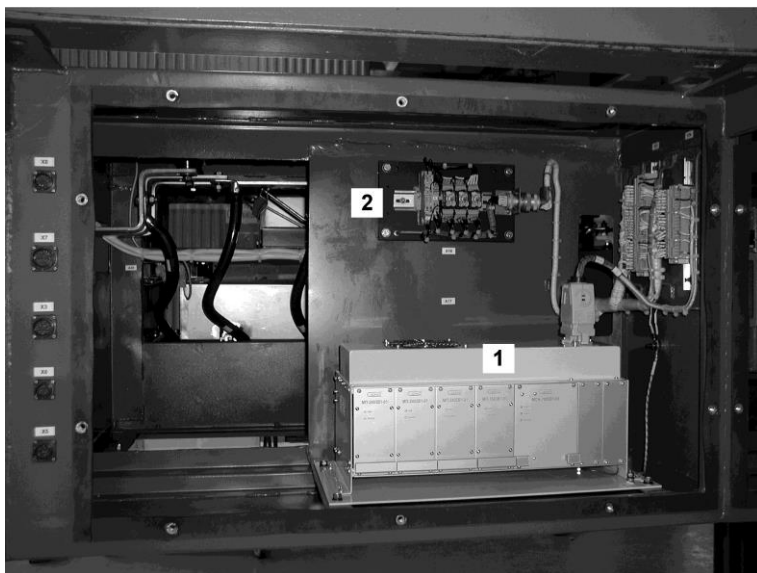


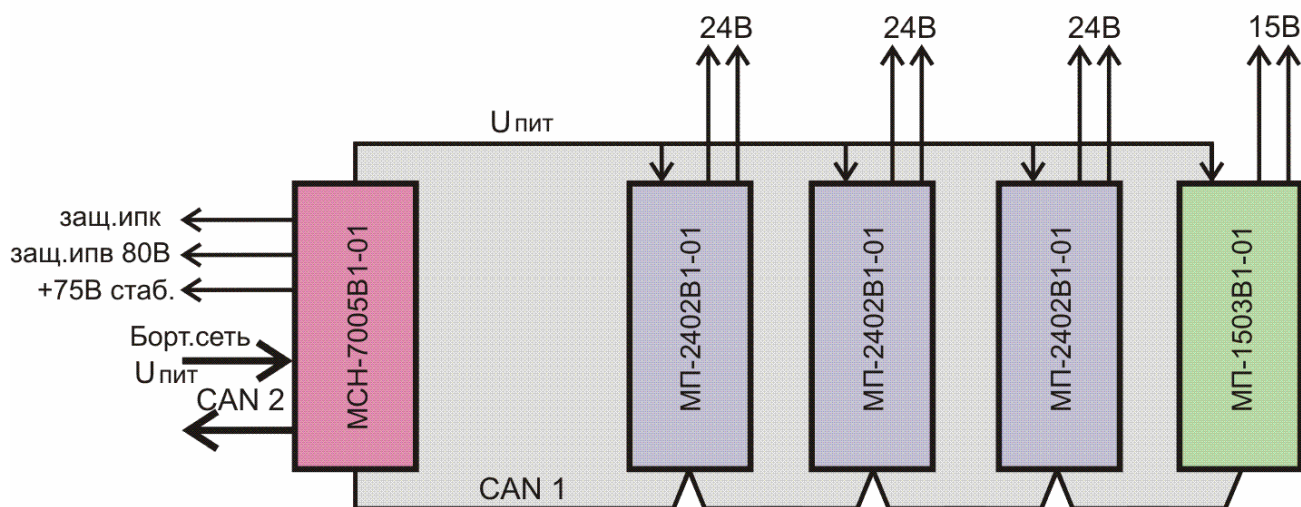
Рис. 45. Субблок источника питания контейнера

Конструктивно изделие выполнено в виде моноблока. Передняя панель его корпуса состоит из передних панелей входящих в него модулей и содержит следующие двухцветные светодиодные индикаторы:

- **CAN** (в модулях **МП-1503В1-01** и **МП-2402В1-01**), предназначенные для индикации наличия связи модулей по внутренней шине CAN с **МСН-7005В1-01**;
- **ВЫХОД** (в модулях **МП-1503В1-01**, **МП-2402В1-01** и **МСН-7005В1-01**), предназначенные для индикации режима работы модулей;

- **CAN1** (в модуле **МСН-7005В1-01**), предназначенный для индикации наличия связи модуля по внутренней шине **CAN1** с **МП-1503В1-01** и **МП-2402В1-01**;
- **CAN2** (в модуле **МСН-7005В1-01**), предназначенный для индикации наличия связи модуля по внешней шине **CAN2** с внешними устройствами.

Рис. 46 Структурная схема



Модуль стабилизатора напряжения **МСН-7005В1-01** предназначен для питания стабилизированным напряжением «+75в стаб.» устройств управления, размещенных в контейнере тягового привода головного и промежуточного вагона, а также других модулей СБИПК от бортовой сети с номинальным напряжением 80в (в том числе при проезде токораздела).

Модуль питания **МП-2402В1-01** предназначен для питания блока управления тяговым приводом БУТП и двух датчиков номинальным напряжением питания 24в при токе до 2а .

Модуль питания **МП-1503В1-01** предназначен для питания драйверов ПВТ номинальным напряжением питания 15в при токе до 3а .

В СБИПК предусмотрены сигнализация о его исправном состоянии и о нарушении диапазона входного напряжения (напряжения бортовой сети). Выходные каскады контрольных сигналов **ЗАЩ.ИПК** и **ЗАЩ.ИП 80В** представляют собой контакты реле, подключенные с одной стороны к бортовой сети. При отсутствии неисправностей во всех модулях изделия и при напряжении бортовой сети выше предельного значения равного **25В**, контакты реле находятся в замкнутом состоянии и на контрольных выводах **ЗАЩ.ИПК** и **ЗАЩ.ИП 80В** присутствует напряжение бортовой сети.

При отказе (включении защиты выходных цепей) одного или нескольких модулей **СБИПК** (**МП-1503В1-01**, **МП-2402В1-01**) по команде **МСН-7005В1-01** происходит выключение всех модулей, кроме **МСН-7005В1-01**, контакт реле размыкается и отключает вывод **ЗАЩ.ИПК** от бортовой сети. При этом светодиодный индикатор **ВЫХОД** отказавшего модуля и светодиодные индикаторы **ВЫХОД** остальных модулей периодически мигают красным цветом, в зависимости от характера отказа, а светодиодный индикатор **ВЫХОД** **МСН-7005В1-01**, светится зеленым цветом.

При отказе **МСН-7005В1-01** происходит выключение всех модулей **СБИПК**, а его светодиодный индикатор **ВЫХОД** постоянно светится красным цветом. Светодиодные индикаторы **ВЫХОД** остальных модулей мигают красным цветом (**4 мигания и пауза**). Контакты реле контрольных сигналов размыкаются и контрольные выводы **ЗАЩ. ИПК** и **ЗАЩ.ИП 80В** отключаются от бортовой сети.

При понижении напряжения бортовой сети ниже предельного значения **25В**, происходит выключение всех модулей изделия, а их светодиодные индикаторы **ВЫХОД**, **CAN**, **CAN1**, **CAN2** не светятся.

При отсутствии связи по шине **CAN1** какого либо из модулей с модулем **МСН-7005В1-01**, его светодиодный индикатор **CAN** постоянно светится красным цветом, при этом происходит выключение всех модулей, кроме **МСН-7005В1-01**.

При отсутствии связи по шине **CAN1** модуля **МСН-7005В1-01** с остальными модулями происходит отключение остальных модулей **СБИПК**, а их светодиодные индикаторы **CAN(МП-1503В1-01, МП-2402В1-01)** и **CAN1 (МСН-7005В1-01)**, постоянно светятся красным цветом.

При отсутствии связи по шине **CAN2** модуля **МСН-7005В1-01** с внешними устройствами, его светодиодный индикатор **CAN2** постоянно светится красным цветом.

CAN ([англ.](#) Contoller Area Network — сеть контроллеров) — стандарт промышленной сети, ориентированный прежде всего на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков. Режим передачи — последовательный, широковещательный, пакетный. CAN разработан компанией [Robert Bosch GmbH](#) в середине 1980-х и в настоящее время широко распространён в промышленной автоматизации, технологиях «умного дома», автомобильной промышленности и многих других областях. Стандарт для автомобильной автоматики.

Работа источника

Субблок ИПК получает питание непосредственно от аккумуляторной батареи. Он формирует гальванически развязанные напряжения вторичного питания, а так же выполняет функцию стабилизации напряжения **80В** на уровне **70В**, при снижении входного напряжения вплоть до **30В**. Поэтому остальные потребители питаются стабилизированным напряжением **80В**. С выхода **СБИПК** напряжение **80В** поступает на клеммную рейку и распределяется на аппараты контейнера.

СБИПК преобразует поступающее на его входы напряжение **80В** постоянного тока. Электронные блоки создают четыре разных уровня гальванически развязанного напряжения для питания устройств контейнера тягового привода: **24В, +24В и -24В** для питания датчиков, **15В** для питания драйверов. Каждый канал имеет защиту от снижения и превышения выходного напряжения и от тока короткого замыкания. Срабатывание защиты в любом канале выходного напряжения приводит к полному отключению всех выходных каналов напряжений. Восстановление защиты производится повторной подачей напряжения питания на источник.

На передней панели источника горизонтально расположены зеленые светодиоды, которые сигнализируют о том, что выходные напряжения источника находятся в допустимых пределах:

- индикатор наличия напряжения **+24 в** для БУТП-2;
- индикатор наличия напряжения **+24 в** для датчиков контейнера и ДЧВ;
- индикатор наличия напряжения **+15 в** для питания драйверов;
- индикатор наличия напряжения **- 24 в** для датчиков.

Красные светодиоды расположены вертикально, которые сигнализируют о том, что входное и внутреннее напряжения источника находятся в допустимых пределах:

- индикатор входного напряжения **-80 в**
- индикатор напряжения **+12 в** внутреннего питания.

На передней панели также вертикально расположены красные светодиоды, сигнализирующие о срабатывании защиты по соответствующему каналу источника. Внешние разъёмы и шпилька заземления установлены на верхней крышке источника.

Панель промежуточных реле (ППР)

Панель предназначена для управления электрическими цепями включения ЛК и ЗК по командам БУТП-2, а также для формирования сигналов направления движения и признака управления для БУТП по командам БКВУ и с пульта машиниста.

Панель представляет из себя текстолитовую плиту с установленными на ней электромеханическими реле, с электрическими и электронными компонентами. На панели установлены четыре реле типа РТ16. Два малогабаритных реле для связей с БКВУ установлены на печатной плате. Связь панели



Рис. 47. ППР

реле с электрическими цепями контейнера осуществляется через разъем.

Панель реле получает питание: 80в от бортовой сети через БУТП-2 и 24в - от блока управления вагоном.

Функции реле и электронных компонентов.

К1 - промежуточное реле (1) исполняют команды направления движения «Вперед», поступающей с БКВУ.

К2 - промежуточное реле (2) команды направления движения «Назад», поступающей с БКВУ.

К3 - промежуточное реле (3) цепи управления линейным контактором ЛК.

К4 - промежуточное реле (4) цепи управления зарядным контактором ЗК.

К5 - реле (5) выбора цепей управления направлением движения от основного или резервного реверсора.

К6- диодная сборка (6) - формирует сигнал резервного управления.

CAN2.0A - последовательный протокол связи с эффективной поддержкой распределения контроля в реальном времени и с очень высоким уровнем безопасности. Основное назначение: организация передачи информации в сложных условиях, таких как среды с высоким уровнем различного рода помех. Этот протокол передачи применяется в автомобильной электронике, машинных устройствах управления, датчиках при передаче информации со скоростями до 1 Мбит/сек.

3.4. Отсек № 4. Датчиков тока

В отсеке расположены три датчика тока в фазах А, В и С, на выходе силового инвертора датчики ДТа, ДТб, и ДТс, а также датчики напряжения: ДН_{Uab} и ДН_{ca}.

Датчики напряжения установлены на скобе, расположенной в верхней части отсека. В отсеке датчиков (с выходом наружу) размещена ответная часть соединителя для подсоединения кабеля питания двигателя вентилятора МСИ и клемма его заземления. Подсоединение 12 проводов четырех двигателей вагона

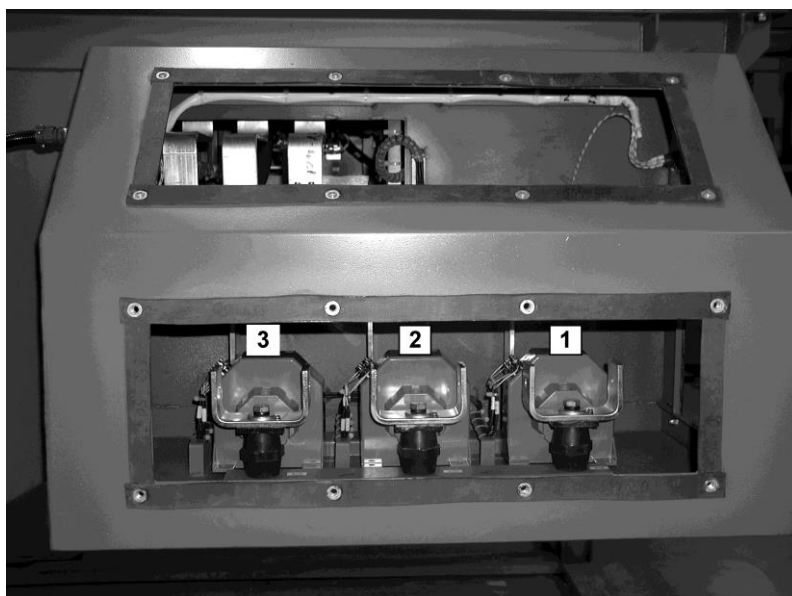


Рис. 48. Датчики тока

ДТа – измеряет ток в фазе «А» на выходе силового инвертора. Используется для управления тяговыми двигателями.

ДТб – измеряет ток в фазе «В» на выходе силового инвертора. Используется для управления тяговыми двигателями.

ДТс – измеряет ток в фазе «С» на выходе силового инвертора. При слишком большом токе инвертор отключается.

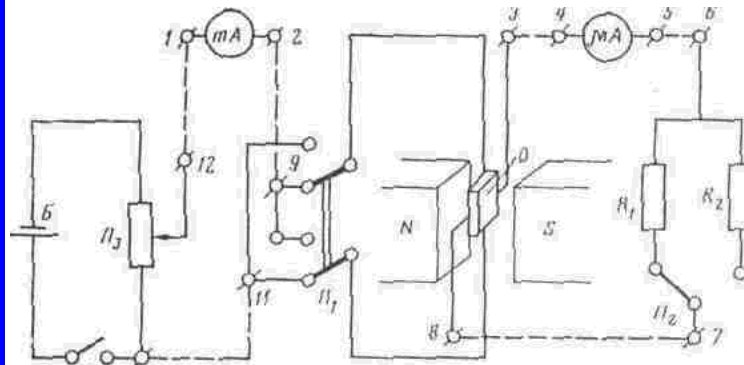
Датчик тока состоит из преобразователя тока, первичной силовой шины и крепежных накладок, которые фиксируют преобразователь на силовой шине с помощью двух болтов. Силовые кабели подключаются к шине, проходящей через центр датчика.

Провода управления крепятся к четырём клеммам.

Работа датчика.

Датчик тока представляет собой измерительный преобразователь, работа которого основана на эффекте Холла. Датчик имеет гальваническую развязку между силовой и вторичной (управляющей) цепями датчика тока (ДТ). С выхода датчика снимается ток, величина которого прямо пропорциональна величине тока, текущего в первичной цепи.

Эффект Холла — явление возникновения поперечной разности потенциалов (*называемой также Холловским напряжением*) при помещении проводника с постоянным током в магнитное поле. Открыт **Эдвином Гербертом Холлом** в 1879 году в тонких пластинках золота.



В простейшем рассмотрении эффект Холла выглядит следующим образом. Пусть через металлический брусок в слабом магнитном поле B течёт электрический ток под действием напряжённости E . Магнитное поле будет отклонять носители заряда (для определённости электроны) от их движения вдоль или против электрического поля к одной из граней бруска. При этом критерием малости будет служить условие, что при этом электрон не начнёт двигаться по спирали. Таким образом, сила Лоренца приведёт к накоплению отрицательного заряда возле одной грани бруска и положительного возле противоположной.

3.5. Отсек № 5. Модуля силового инвертора – (МСИ)

Модуль силового инвертора преобразует входное напряжение контактной сети постоянного тока в 3-фазное напряжение переменного тока для питания тяговых двигателей вагона. В состав МСИ также входит чоппер тормозного реостата тягового привода.

Силовой инвертор.

В отсеке расположены конденсатор сетевого фильтра С-1 (1), силовой инвертор (2) и панель вентиляторов (3). Конденсатор расположен над модулем силового инвертора и зафиксирован скобами. Инвертор установлен в отсеке под конденсатором на торцевых направляющих уголках. Уголки имеют ролики для удобства установки и извлечения модуля.

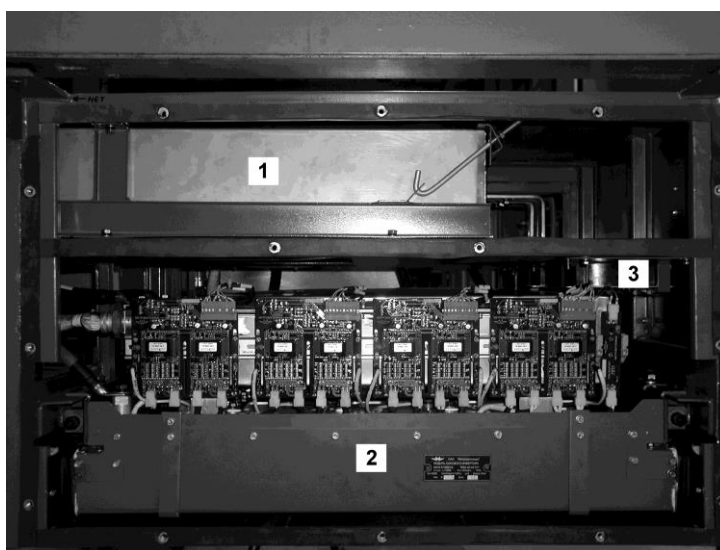


Рис. 48. Отсек модуля силового инвертора

В нижней части модуля сделан воздушный канал, который позволяют воздуху, продуваемому вентилятором, обдувать радиатор. Доступ к выводам модуля возможен через отсек БИПВ и центральный отсек.

Для принудительного обдува конденсаторов сетевого фильтра С-1 и С-2 установлена панель питания вентиляторов. На панели установлены два плоских вентилятора типа «центрифуга», такой вентилятор забирает воздух сверху и гонит его вниз в продольном направлении, снимая тепло с нижней поверхности конденсатора С-1 и верхней поверхности конденсатора С-2 модуля силового инвертора.



Рис. 49. IGBT модуль

(!) Трёхфазный инвертор состоит из двенадцати IGBT-модулей, соединённых параллельно. Реостатный чоппер состоит из четырех IGBT¹ (БТИЗ) модулей, так же соединённых параллельно.

В чоппере нижний транзистор полумоста в работе не используется, постоянно закрыт и выполняет роль обратного диода.

¹ БТИЗ – биполярный транзистор с изолированным затвором.

Транзистор ПТ7 работает в качестве реостатного тормозного чоппера, управляемого БУТП. Транзистор модуля ПТ8 всегда заперт, и модуль используется только в качестве обратного диода тормозного резистора.

Когда требуется перейти в режим реостатного торможения, транзистор ПТ7 начинает работать с частотой 1200 Гц и переменной скважностью, тем самым, рассеивая тормозную энергию в тормозном резисторе R_t . Реостатное торможение необходимо, когда тяговая сеть не может принять ток рекуперации. При этом напряжение на конденсаторе сетевого фильтра составляет 925В.

Скважность (в физике, электронике) — один из классификационных признаков импульсных систем, определяющий отношение его периода следования (повторения) к длительности импульса. Величина, обратная скважности и часто используемая в англоязычной литературе, называется коэффициентом заполнения (англ. Duty cycle).

Особое внимание следует уделить взаимосвязи термина скважность и коэффициента заполнения. Скважность (S) - величина безразмерная. В англоязычной документации коэффициент заполнения (D), как правило, измеряется в процентах. Но это разные представления одного и того же. И чтобы не было путаницы в вопросе, необходимо понимать, что имеется в виду. Скважность (S) - это отношение периода следования импульсов к длительности импульса, а коэффициент заполнения (D) - это отношение длительности импульса к периоду их следования. Т.е. - это обратные величины.

Реостатный тормозной чоппер также используется в режиме тяги в качестве закорачивающей цепи при превышении напряжения тяговой сети свыше 1000 В.

МСИ содержит электронное оборудование, установленное на основании – охладителе (1). Обратная поверхность охладителя снабжена ребрами для эффективного отвода тепла. IGBT – модули имеют изолированное основание и поэтому установлены прямо на заземленном основании – охладителе через специальную теплопроводящую пасту. Два изолированных токоотвода соединяют силовые транзисторы между собой по входному напряжению.

Каждый IGBT модуль включает в себя по два транзистора и обратных диода. Все IGBT установлены на охладителе с принудительной вентиляцией.

Основные технические характеристики:

- выходное напряжение длительное **0-530В**;
- частота коммутации ШИМ инвертора **2400Гц**;
- частота коммутации ШИМ тормозного чоппера **1200Гц**;
- частота входного 3-х фазного напряжения питания двигателей **1-120Гц**;
- номинальная мощность **1000 кВт**;
- напряжение цепей управления **15В +/- 5%**;
- масса **210 кг**.

По обеим сторонам охладителя расположены угловые крепления (2), при помощи которых модуль закреплен внутри блока тягового инвертора. Крепления снабжены роликами (3), для упрощения изъятия модуля из отсека.

Ребра охладителя забраны в металлический кожух (4), который образует вентиляционный канал для принудительного воздушного охлаждения. Модуль устанавливается в контейнер таким образом, что вентиляционный канал МСИ через резиновое уплотнение (5) стыкуется с воздушным каналом вентилятора охлаждения.

Модуль инвертора имеет низковольтный разъем (6) цепей управления. Подключение силовых цепей осуществляется через шины (7). В держателе этих шин установлены датчик напряжения на конденсаторе сетевого фильтра (8) и защитный варистор (9).

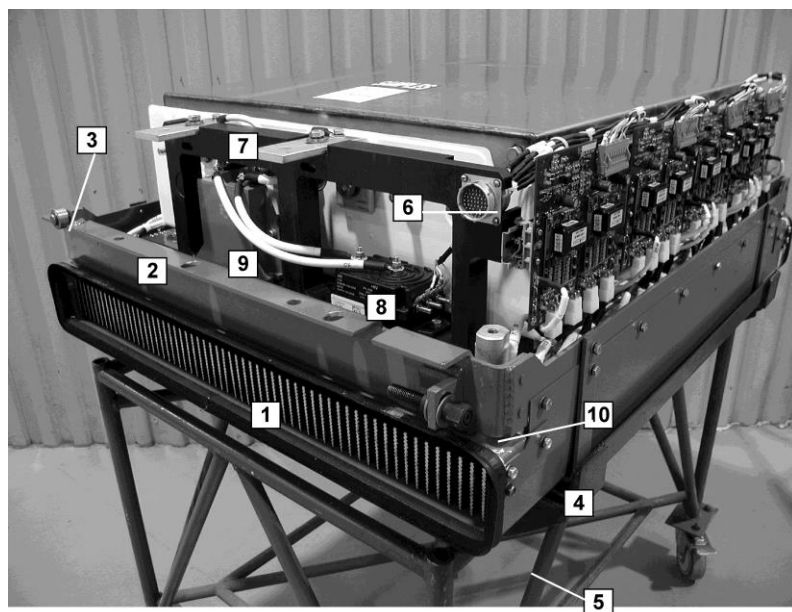


Рис. 50. Модуль силового инвертора

Для защиты тягового оборудования от перенапряжений в контактной сети, параллельно конденсатору фильтра модуля силового инвертора включен дополнительный варистор **Rogr2**.

Модуль силового инвертора оборудован датчиком температуры, который подает сигнал о перегреве в блок управления тяговым приводом. **Датчик состоит из двух термостатов, установленных на радиаторе и соединенных последовательно.**

Настроен на уставку температуры срабатывания +85 градусов (размыкает контакты) – БУТП отключается, при снижении температуры до +70 – контакты замыкаются и БУТП включается снова.

Модуль силового инвертора обслуживается на вагоне. Содержание обслуживания – осмотр и очистка. Периодичность – 1 год.

Управление силовым инвертором осуществляется блоком БУТП-2, который формирует импульсы управления транзисторами МСИ. Управление силовым инвертором осуществляется по методу широтно-импульсной модуляции. БУТП подает управляющие импульсы на IGBT- модули, расположенные в МСИ (сигналы «Упр.+А»; «Упр.-А»; «Упр.+В»; «Упр.-В»; «Упр.+С»; «Упр.-С»). IGBT-модули инвертора включаются и отключаются по сигналам БУТП для преобразования постоянного входного тока в переменный выходной. БУТП так же подает команды на управление IGBT- модулями реостатного тормоза («Упр.ТТ»). Эти команды подаются так же по принципу ШИМ для поддержания максимального напряжения **925В** на конденсаторе сетевого фильтра.

Датчик напряжения.

Предназначен для формирования электрических сигналов, пропорционально измеряемому напряжению, и передаче их в БУТП в качестве сигналов обратных связей для управления силовым инвертором и защиты тягового привода от перегрузок. Датчик является неразъемным устройством. Резистор первичной обмотки расположен в корпусе датчика. Силовые кабели, провода управления и провода заземления подключаются к семи клеммам.

Датчик напряжения на конденсаторе сетевого фильтра интегрирован в конструкцию МСИ и измеряет напряжение на конденсаторе сетевого фильтра тягового привода.



Рис. 51. Датчик напряжения

Работа датчика.

Датчик напряжения представляет собой измерительный преобразователь, основанный на эффекте Холла. Датчик имеет гальваническую развязку между первичной (силовой) и вторичной (управляющей) цепями. С выхода датчика снимается ток, величина которого прямо пропорциональна величине напряжения, приложенного к первичной цепи.

Конденсатор сетевого фильтра.

Конденсатор сетевого фильтра состоит из конденсаторов C1 и C2 и является малоиндуктивным источником напряжения для силового инвертора и реостатного тормозного чоппера.

Конденсатор C1 установлен в отсеке контейнера, конденсатор C2 включен в конструкцию модуля силового инвертора МСИ-3. Конденсаторы включены параллельно и служат малоиндуктивным источником питания для силового инвертора и реостатного тормозного чоппера. **Диагностика предотказного состояния каждого конденсатора обеспечивается применением датчика превышения внутреннего давления.** Сигналы с датчиков поступают в БУТП. Вместе Lф, C1 и C2 образуют LC-фильтр низких частот

Каждый конденсатор состоит из пачки металлизированных полипропиленовых обкладок, заключенных в стальной прямоугольный корпус. Обкладки соединены параллельно, снабжены предохранительными вставками. Обкладки разделены на сегменты для предотвращения возгорания при нагрузках и перегреве. Металлизированные полипропиленовые обкладки являются самовосстанавливающимися. Конденсатор является неразъемным устройством.



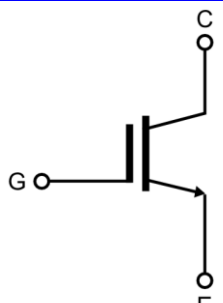
Рис. 52. Конденсатор сетевого фильтра

Для лучшей отдачи тепла конденсатор заполнен специальным маслом. Конденсатор имеет клемму заземления.

Контейнер тягового инвертора содержит два конденсатора фильтра (СФ1 и СФ2). Внешние электрические соединения производятся к четырем клеммам.

Основные технические характеристики:

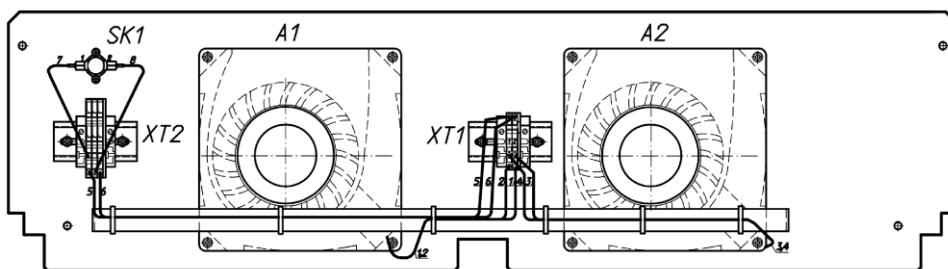
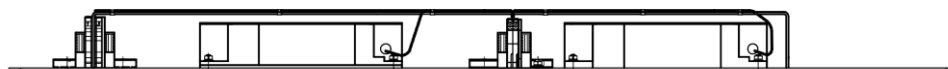
- емкость конденсатора С1 – 16000 мкФ;
- емкость конденсатора С2 – 24000 мкФ;
- номинальное напряжение постоянного тока – 950В;
- броски напряжения постоянного тока - до 1300В;
- масса конденсатора С1 - 50 кг.



Биполярный транзистор с изолированным затвором (БТИЗ, англ. Insulated-gate bipolar transistor, IGBT) - трёхэлектродный силовой полупроводниковый прибор, сочетающий два транзистора в одной полупроводниковой структуре: биполярный (образующий силовой канал) и полевой (образующий канал управления). Каскадное включение транзисторов двух типов позволяет сочетать их достоинства в одном приборе: выходные характеристики биполярного (большое допустимое рабочее напряжение) и входные характеристики полевого (минимальные затраты на управление). Управляющий электрод называется затвором, как у полевого транзистора, два других электрода — эмиттером и коллектором, как у биполярного.

Выпускаются как отдельные БТИЗ, так и силовые сборки (модули) на их основе, например, для управления цепями трёхфазного тока. Основное применение БТИЗ — это **инверторы**, импульсные регуляторы тока, **частотно-регулируемые приводы**.

Панель вентиляторов.



Панель вентиляторов исключает застой нагретого воздуха в месте установки конденсаторов МСИ и конденсатора сетевого фильтра КТИ. Вентиляторы питаются постоянным напряжением 24В, имеют мощность 4,9 Вт, скорость вращения 2550 об/мин. и производительность 87,5 куб.м.

Рис. 53. Панель вентиляторов

Панель вентиляторов представляет собой металлическую пластину, на которой установлены вентиляторы (А1 и А2), термостат SK1 и клеммник – соединитель XT1 и XT2.

Панель вентиляторов получает питание 24 В от СБИПК контейнера через термостат. Замыкание контактов термостата происходит при температуре на его корпусе 10С. Размыкание происходит при температуре 2С. **Получив питание, вентиляторы работают непрерывно.**

Вентилятор инвертора.

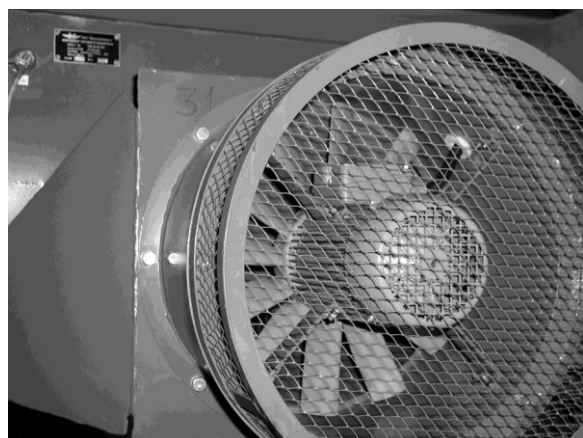


Рис. 54. Вентилятор инвертора

Вентилятор предназначен для охлаждения радиатора МСИ. Вентилятор крепится своим фланцем выходного сопла к фланцу наружного воздуховода контейнера тягового инвертора. Представляет собой вентилятор осевого типа. С максимальной частотой вращения **2810 об/мин** и двигателем мощностью **1,1 кВт**. Двигатель вентилятора трехфазный, асинхронный.

Работа вентилятора.

Двигатель вентилятора вращает крыльчатку, создавая поток воздуха в воздуховоде контейнера тягового инвертора через ребра радиатора охлаждения МСИ.

Выход воздуха осуществляется в выходное отверстие в днище контейнера тягового инвертора. Вентилятор работает постоянно как в тяговом и в тормозном режимах, так и на стоянке поезда. При скорости движения вагона меньше 10 км/час блок питания вентиляторов переводит его в работу на скорости вращения **1400 об/мин**, что позволяет несколько снизить шум от работы вентиляторов при подъезде к станции и стоянке поезда на станции.

3.6. Отсек № 6. Блока инверторов питания вентиляторов (БИПВ).

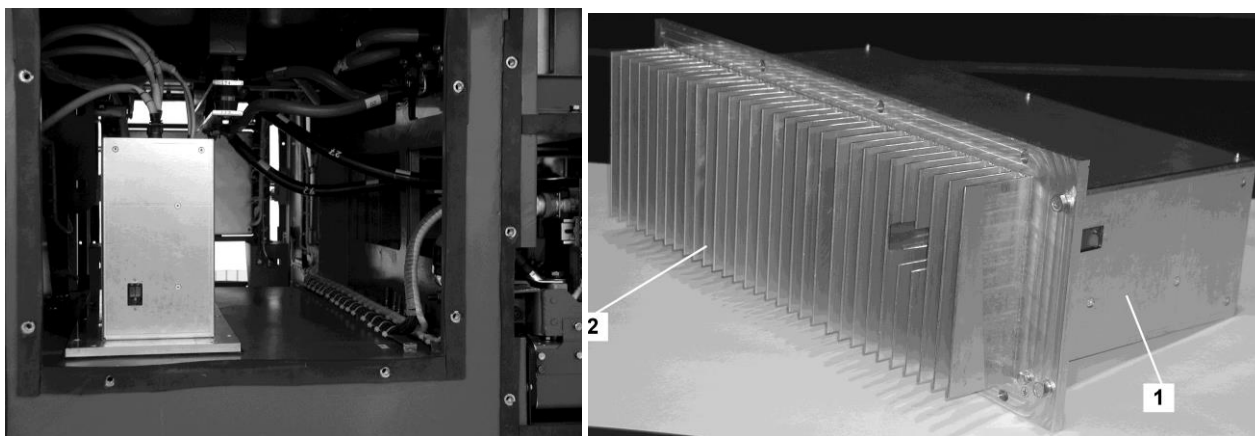


Рис. 55. Блока инверторов питания вентиляторов

Предназначен для питания двигателей вентиляторов охлаждения тормозного резистора и МСИ. Блок установлен внутри КТИ и имеет, следовательно, как принудительное – воздушный канал принудительного охлаждения МСИ продлен в отсек БИПВ, так и естественное охлаждение. Что существенно снижает тепловую напряженность блока. Выход воздуха осуществляется через воздуховод в конце днища отсека. Внешние кабели высокого напряжения и цепей управления подключаются с задней стороны корпуса.

БПВ состоит из электрических и электронных компонентов, размещенных в стальном корпусе (1). Корпус имеет вентиляционные отверстия и алюминиевый радиатор (2), установленный в передней части. БПВ устанавливается таким образом, что корпус находится внутри КТИ, в то время, как радиатор выходит наружу через днище отсека, в продолжение канала воздушного охлаждения МСИ, чем достигается герметизация отсека и хорошее охлаждение ребер радиатора набегающим потоком воздуха. На радиаторе расположен болт для подключения внешнего кабеля заземления.



Рис. 56. БИПВ

На задней стенке БИПВ расположены: держатель предохранителя бортовой сети **80В SF-2** и держатель предохранителя силовой цепи питания **750В SF-1**. На боковой поверхности блока расположены световые цифровые индикаторы и сигнальные светодиоды.

Напряжение **750 В** в тяговой сети подводится к блоку питания вентиляторов. При наличии питания от бортовой сети **80В БПВ** всегда включен. Если в контактной сети присутствует силовое напряжение, то **БПВ** может формировать два независимых канала трехфазного напряжения **220В** переменного тока для питания асинхронных двигателей вентиляторов **МСИ** и тормозного

резистора. Блок питания в своем составе имеет понижающий чоппер и два независимых инвертора. **Каждый инвертор преобразует входное напряжение постоянного тока в 3-фазное напряжение 220 в, частотой 25/50 Гц. Мощность каждого инвертора 1,1 кВт.**

При снижении скорости ниже **10 км/ч** БПВ переходит в экономичный режим, фиксируя частоту выходного напряжения на уровне **25 Гц**. Переход из экономичного режима в рабочий осуществляется при наборе скорости выше **10 км/ч**. При этом одновременно оба канала БПВ начинают формировать выходное напряжение с увеличивающейся амплитудой и частотой. **В рабочий режим сначала включается вентилятор инвертора, а затем, с выдержкой времени в 2с. – вентилятор резистора.**

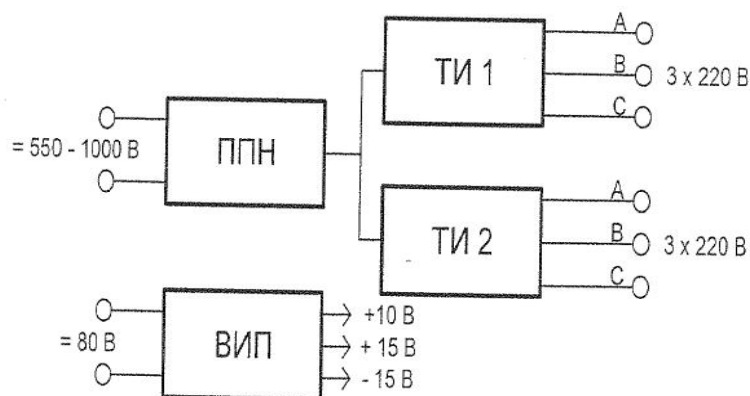


Рис. 57. Функциональная схема БПВ

При этом понижающий преобразователь преобразует постоянное напряжение **550 – 1000в** в стабилизированное постоянное напряжение 350в, а трехфазные инверторы преобразуют его в регулируемое ШИМ- напряжение.

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ, англ. pulse-width modulation (PWM)) - процесс управления мощностью, подводимой к нагрузке, путём изменения СКВАЖНОСТИ импульсов, **при постоянной частоте.**

На базе перечисленных блоков в составе БПВ сформированы два канала питания двух асинхронных двигателей вентиляторов:

- привод вентилятора обдува инвертора (**1-й канал**);
- привод вентилятора обдува резистора (**2-й канал**).

При этом каждый канал реализован на отдельном инверторе, а понижающий преобразователь является общим для обоих каналов.

Питание собственных нужд БПВ (блоки управления, драйверы, датчики тока и напряжения и т.д.) осуществляется от вторичного источника питания (**ВИП**).

Каждый канал БПВ имеет самостоятельную систему управления, защиты и сигнализации, представляя собой функционально законченный узел. Включение, регулирование и выключение каналов осуществляется дистанционно по заданному алгоритму. Все каналы преобразователя обеспечивают плавные пуск, регулировку и остановку двигателей вентиляторов.

Инвертор - устройство для преобразования постоянного тока в переменный с изменением величины напряжения. Обычно представляет собой генератор периодического напряжения, по форме приближённого к синусоиде, или дискретного сигнала.

Инверторы напряжения могут применяться в виде отдельного устройства или входить в состав источников и систем бесперебойного питания аппаратуры электрической энергией переменного тока.

3.7. Отсек № 7. Выключателя быстродействующего (ВБ).

Выключатель быстродействующий предназначен для защиты электрооборудования тягового привода от токов короткого замыкания. Отсек снабжен вентиляционной решеткой для доступа воздуха.

Выключатель является расцепителем максимального тока прямого действия, не содержащего каких-либо электронных цепей управления. Включение выключателя производится путем подачи управляющего напряжения по определенному алгоритму на его катушку.

Выключатели оснащаются расцепителями непосредственного действия для токов протекающих в двух направлениях. Настройка уставки срабатывания расцепителя осуществляется независимо для каждого направления протекания тока, в рамках установленного диапазона настройки.

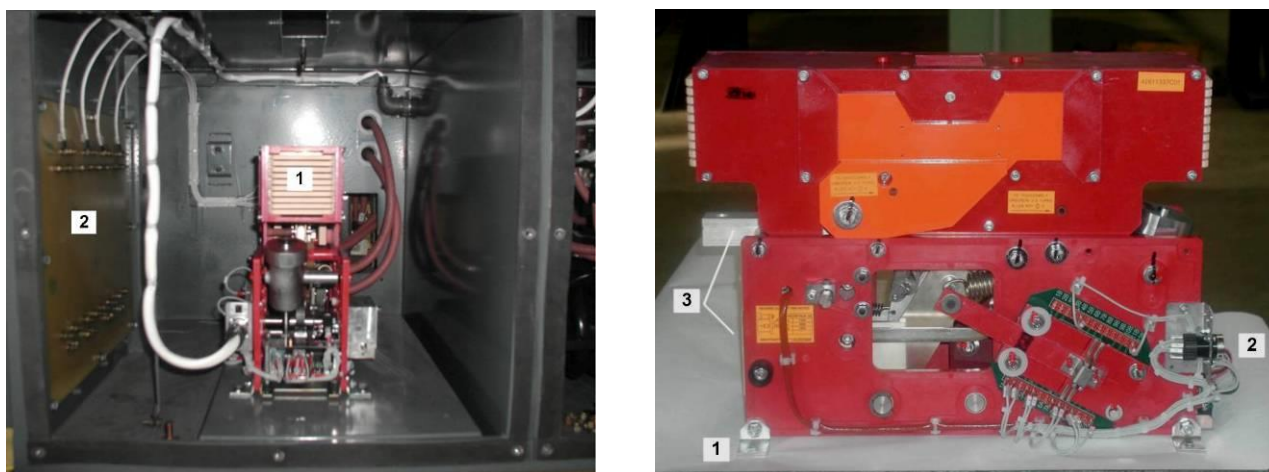


Рис. 58. Выключатель быстродействующий

Механизм привода быстродействующего выключателя IR2015SV производства Microelettrica scientifica (приведен на рисунке) – независимый, со свободным расцеплением, с приводом от электромотора. Главные контакты удерживаются в закрытом положении посредством электромагнитной удерживающей катушки.

Для формирования этого алгоритма служит панель управления выключателем, (2) которая по командам БУТП обеспечивает:

- формирование включающего импульса напряжения катушки;
- перевод ВБ в режим электрического удержания с током 5% от тока замыкания;
- выключение ВБ путем прерывания тока удержания.

Выключатель быстродействующий закреплен в стальном сварном каркасе при помощи 4-х болтов (3) и двух поддерживающих изолированных шпилек (1). Два круглых соединителя служат для передачи сигналов управления выключателем и сигналов вспомогательных контактов ВБ.

Подключение силовых внешних кабелей осуществляется к шинам выключателя.

Работа выключателя.

Включение ВБ осуществляется БУТП с выдержкой времени (5 -10сек.), после включения аккумуляторной батареи и подачи напряжения (54-82в) на контейнер тягового привода, так как в блоке управления тяговым приводом формируется команда управляющему реле системы управления ВБ на его включение.

Если, в результате какой-либо неисправности быстродействующий выключатель не включился, то БУТП автоматически повторяет три попытки включения ВБ, после чего формируется сигнал «Блокировка ВБ», запрещающий дальнейшее включение выключателя, и на монитор машиниста выдается сигнал о неисправности тягового привода («Неисправность ТП»). При отключении быстродействующего выключателя ВБ в процессе работы привода по сигналу БУТП или по сигналу его собственной защиты от тока КЗ БУТП автоматически производит повторное включение ВБ. Выдержка времени на повторное включение (4,5 - 5,5сек), но не более трех раз в течение 30 сек, после чего формируется сигнал «Блокировка ВБ». При выключении ВБ линейный контактор (ЛК) выключается.

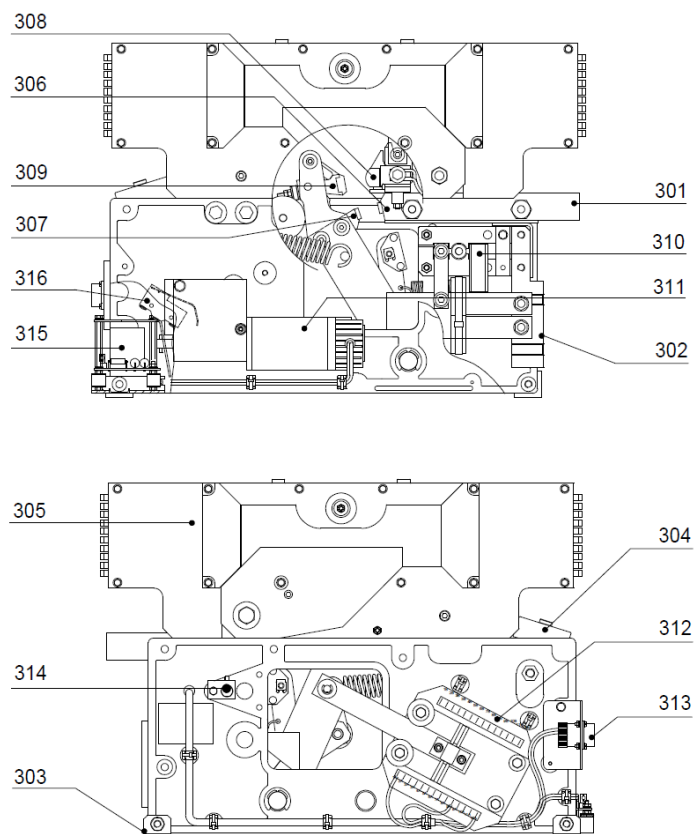


Рис. 59. Устройство ВБ

301 - Верхний силовой контакт	306 - Неподвижный главный контакт	311 - Электромотор
302 - Нижний силовой контакт	307 - Подвижный главный контакт	312 - Вспомогательные контакты
303 - Кронштейн крепления выключателя	308 - Неподвижный дугагасительный контакт	313 - Низковольтный разъем
304 - Демпфер	309 - Подвижный дугагасительный контакт	314 - Шток установки расцепителя
305 - Дугагасительная камера	310 - Удерживающий соленоид	315 - Плата управления
		316 - Концевой выключатель

Срабатывание ВБ по команде БУТП.

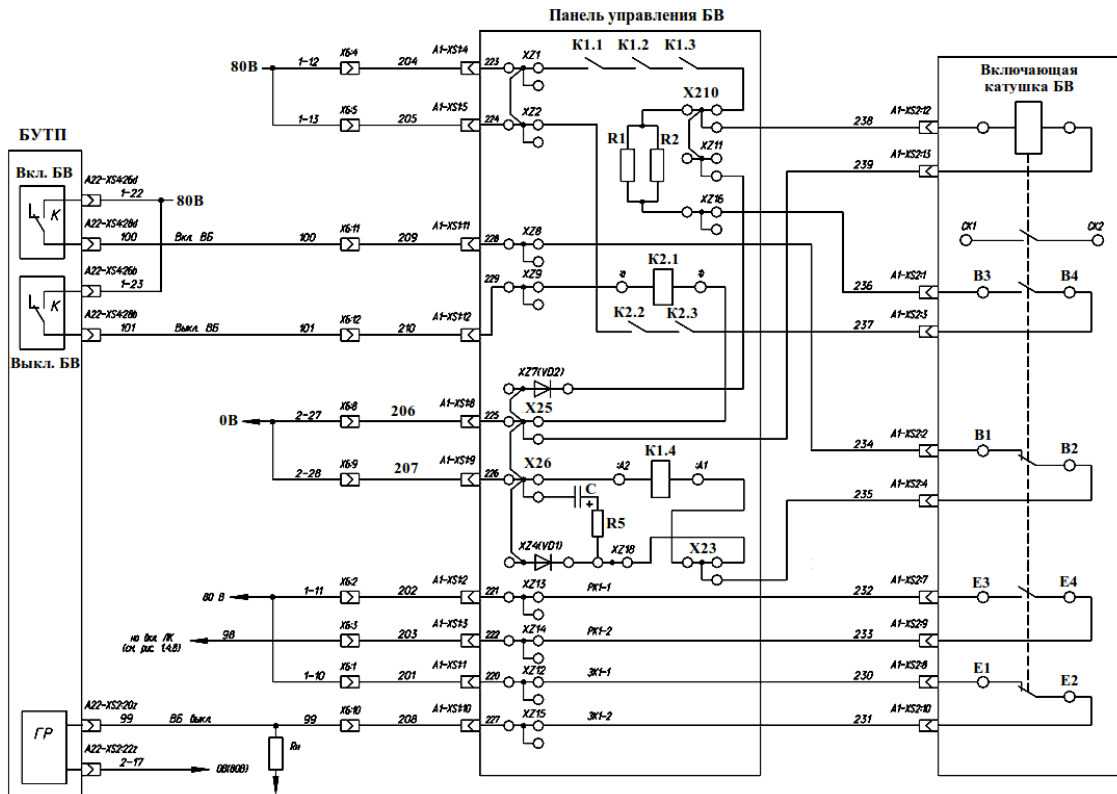
При поступлении сигнала с БУТП-2 на систему управления ВБ на его отключение с катушки электромагнита снимается питание, при этом якорь вместе с управляющей рейкой и изолированным наконечником силой возвратной пружины отрывает подвижный рычаг от неподвижного контакта – происходит отключение выключателя.

Срабатывание ВБ при перенапряжении в контактной сети.

При появлении повышенного напряжения в контактной сети БУТП, в первую очередь, по сигналам электронной защиты включает чоппер тормозного резистора. Если при этом напряжение по каким-либо причинам не понижается БУТП дает команду через систему управления ВБ на принудительное его отключение.

При срабатывании дифференциальной защиты в режиме тяги (в силовой схеме смотри датчики ДТ1 и ДТ2) дают сигнал БУТП, который принудительно отключает ВБ.

На левой боковой стенке отсека установлена панель разрядного резистора конденсатора сетевого фильтра. На дальней стенке отсека установлен датчик входного тока в цепи силового питания контейнера.



Для того, чтобы включить БВ, в БУТП необходимо одновременно включить контакты «К» реле «Вкл. БВ» и реле «Выкл.БВ».

Через контакт реле «Вкл. БВ» получит питание катушка **K1.4** и одновременно происходит заряд конденсатора **C** через резистор **R5** по цепи: +80В – контактор «Вкл. БВ» в БУТП – НЗ контакты **B1** и **B2** на панели управления БВ – **X23** – 2 параллельные цепи: **1.** **X23** – катушка **K1.4** – **X26** **2.** **X23** – **R5** – **C+**; далее: обкладка **C-** питания от **X26** – 207 провод – 0В.

*Катушка **K2.1** включившись, замыкает контакт **K2.2** и **K2.3** подготавливая вторую цепь (цепь удержания) к работе.*

Катушка **K1.4** включившись, замыкает контакты **K1.1**, **K1.2**, **K1.3** и получает питание **включающая катушка БВ** по цепи: +80В – **K1.1** – **K1.2** – **K1.3** – включающая катушка БВ – **X25** – 0В.

Включающая катушка БВ, получив питание, размыкает контакты **B1** и **B2** и замыкает контакты **B3** и **B4**, так же размыкаются контакты **E1** и **E2** и замыкаются **E3** и **E4**.

При размыкании контактов **B1** и **B2** снимается напряжение с катушки **K1.4**, *но она остается во включенном состоянии, так как на нее в течение 0,5с будет разряжаться конденсатор C* для обеспечения выдержки на включение контактов **B3** и **B4**. Контакты **B3** и **B4** включились и **включающая катушка БВ** получает питание через резисторы **R1** и **R2** по цепи: +80В – **K2.2** – **K2.3** – **B3** – **B4** – **R1** параллельно **R2** – **X210** – включающая катушка БВ – **X25** – 0В.

Отключается контактор **K1.4** т.к. истощается заряд конденсатора **C**. Отключились контакты **K1.1**, **K1.2**, **K1.3** в цепи питания **включающей катушки БВ**.

Таким образом:

- **БВ** включился и перешел в режим удержания.
- Через разомкнувшиеся контакты **E1** и **E2** БУТП получает информацию о вкл. состоянии БВ.
- Через замкнувшиеся контакты **E3** и **E4** получают питание цепи управления **ЛК**, *подготавливая условия для включения ЛК.*

Схема включения БВ производства Microelettrica Scientifica IR2015SV.

Обычно при включении аккумуляторной батареи и подачи бортового питания на контейнер, происходит автоматическое, без задержек, включение БВ. Однако впоследствии был реализован алгоритм включения, при котором включение БВ происходит по команде машиниста при нажатии соответствующей кнопки на пульте, либо при переходе в режим резервного управления.

Аппаратная реализация алгоритма приведена на схеме, где ГР – гальваническая развязка, К – выходное реле БУТП.

Включение БВ производится с помощью реле «Вкл. БВ» в БУТП. При его включении в блок управления БВ подается напряжение 80В. Электромотор привода БВ включается и главные контакты БВ замыкаются. Далее выключатель остается включенным при помощи электромагнитной удерживающей катушки.

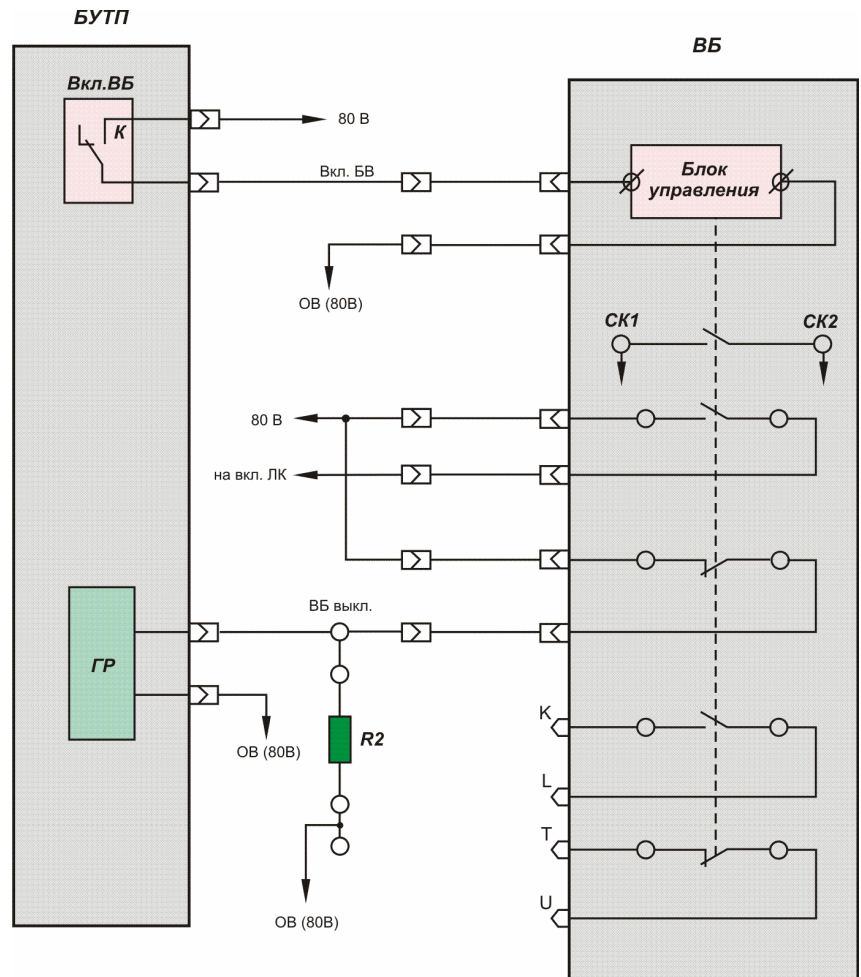


Рис. 61. Схема включения БВ

Для контроля за состоянием БВ используются его размыкающие блок – контакты. Если БВ выключен, то на вход БУТП подается напряжение 80В, система информируется о разомкнутом состоянии БВ. После включения БВ блок - контакты замыкаются, цепь питания ГР в БУТП замыкается и формируется сигнал о замкнутом состоянии БВ. Резистор R2 предназначен для обеспечения необходимого тока нагрузки блок – контактов.

Система управления контролирует включенное состояние БВ и, если БВ не взвелся, автоматически повторяет три попытки его включения, выключая и вновь включая реле «Вкл. БВ». После третьей неудачной попытки включения, формируется сигнал «Блокировка БВ», и на монитор машиниста выдается информация о неисправности тягового привода.

Во время работы в случае необходимости может происходить отключение БВ по собственной токовой защите при протекании недопустимо больших токов, так и по команде системы управления тяговым приводом при сбойных ситуациях или при обнаружении неисправностей в узлах и аппаратах привода.

В первом случае, при срабатывании токового реле, система управления автоматически производит включение выключателя с выдержкой времени 60с, требуемой для восстановления условий нормального гашения дуги. При этом система управления допускает только два повторных срабатывания БВ по токовой защите, после чего считается, что в тяговом приводе произошло короткое замыкание силовых цепей и формируется сигнал «Блокировка БВ».

Во втором случае, при возникновении сбоя в работе привода, система управления выключает реле «Вкл. БВ» в БУТП. Тем самым замыкается цепь питания блока управления БВ и выключатель замыкает свои силовые контакты. После выключения БВ с выдержкой времени 4,5 – 5,5с. автоматически происходит повторное включение БВ.

Машинист имеет возможность отключения БВ на конкретном вагоне по команде на мониторе машиниста. При отключении БВ всегда отключается ЛК, поскольку в цепь питания управляющей катушки ЛК включены нормально разомкнутые блок – контакты выключателя.

3.7.1. Разрядный резистор.

Разрядный резистор конденсатора фильтра обеспечивает безопасный разряд конденсатора фильтра перед проведением технического обслуживания.

Резисторы обеспечивают разряд конденсатора сетевого фильтра (С) от номинального линейного напряжения 750в постоянного тока до напряжения менее 50 в за время около двух-пяти минут, что обеспечивает безопасность проведения профилактических работ при ремонте.

Разрядный резистор имеет естественное охлаждение, устанавливается снаружи отсека БВ и крепится болтами. Номинальная мощность разрядного резистора 600 Вт. Резистор конденсатора фильтра состоит из восьми постоянных проволочных резисторов сопротивлением **2,2 кОм +/- 10** каждый. Общим сопротивлением **1,1 кОм**. Масса резистора 8 кг. Каждый резистор закреплен в специальном металлокерамическом держателе, установленном на стеклотекстолитовую электроизоляционную панель.



Рис. 62. Разрядный резистор

3.8. Отсек № 8. Центральный.

Отсек предназначен для монтажа в нем силовых шин и кабелей высоковольтных узлов.

Шины крепятся к верхней крышке отсека к поддерживающим кронштейнам через изоляторы.

Так же в отсеке расположен защитный варистор **Rогр1**. *Варистор ($R_{огр1}$) - нелинейный полупроводниковый резистор предназначен для защиты тягового оборудования от перенапряжения.* Варистор включен параллельно конденсатору сетевого фильтра Сф. Кроме этого, в отсеке расположены: датчик обратного тока в цепи силового питания контейнера и датчик температуры воздуха.

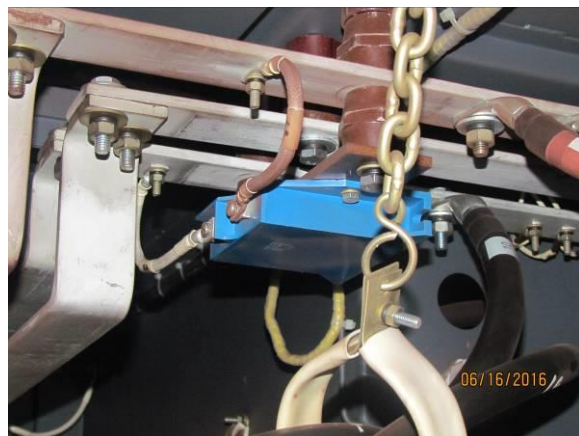


Рис. 63. Защитный варистор

Варисторы (англ. vari(able) переменный (resi)stor — резистор) - это полупроводниковые резисторы, в которых используется эффект уменьшения сопротивления полупроводникового материала при увеличении приложенного напряжения, за счет чего они являются наиболее эффективным (и дешевым) средством защиты от импульсных напряжений любого вида.

Отличительной особенностью варистора является симметричная, резко выраженная нелинейная вольт-амперная характеристика. За счет этого варисторы позволяют просто и эффективно решать задачи защиты различных устройств от импульсных напряжений.

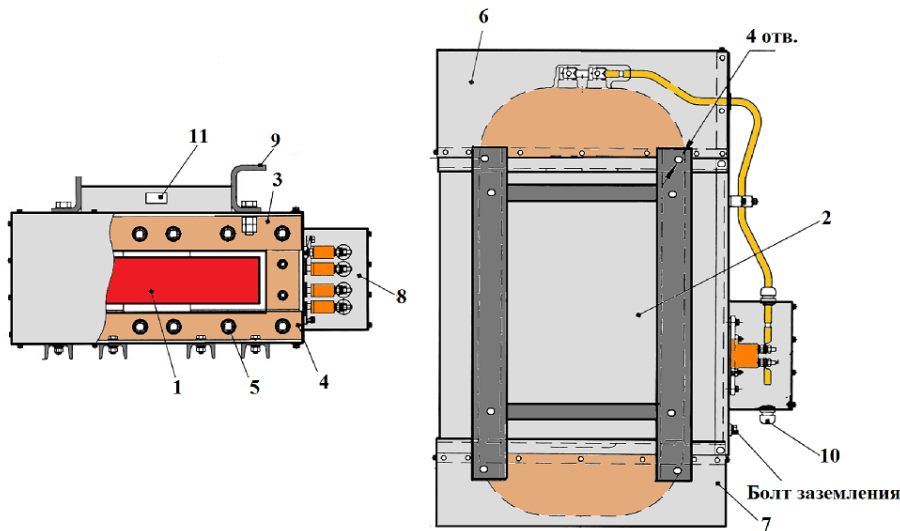
Варистор включается параллельно защищаемому оборудованию и при нормальной эксплуатации находится под действием рабочего напряжения защищаемого устройства. В рабочем режиме ток через варистор пренебрежимо мал, и он в этих условиях представляет собой изолятор.

При возникновении импульса напряжения варистор благодаря нелинейности вольт-амперной характеристики резко уменьшает свое сопротивление до долей Ома и шунтирует нагрузку, защищая ее, и рассеивая поглощенную энергию в виде тепла. В этом случае через варистор кратковременно может протекать ток, достигающий нескольких тысяч ампер. После гашения импульса напряжения он вновь приобретает очень большое сопротивление.

Силовой электромонтаж внутри контейнера выполнен в отсеке с помощью медных шин и кабелей, закрепленных на высоковольтных изоляторах. Провода управления соединяются с аппаратурой контейнеров посредством специальных разъемов, наконечников и зажимов.

4. Дроссель сетевого фильтра.

Дроссель сетевого фильтра совместно с конденсатором сетевого фильтра составляют LC-фильтр низких частот. Эта цепочка уменьшает колебания тока, создаваемые инвертором и тем самым уменьшают помехи, передающиеся в сеть, а также защищает тяговое оборудование от бросков напряжения в контактной сети.



Дроссель состоит из медной катушки (1), которая крепится на магнитопроводе бронестержневого типа. Магнитопровод выполнен из шихтованной стали и стянут в пакет уголками (3), (4) и шпильками (5). Кожухи (6) и (7) служат для защиты выступающих частей катушки от механических повреждений. Для герметизации подвода

Рис. 64. Дроссель сетевого фильтра

герметизации подвода

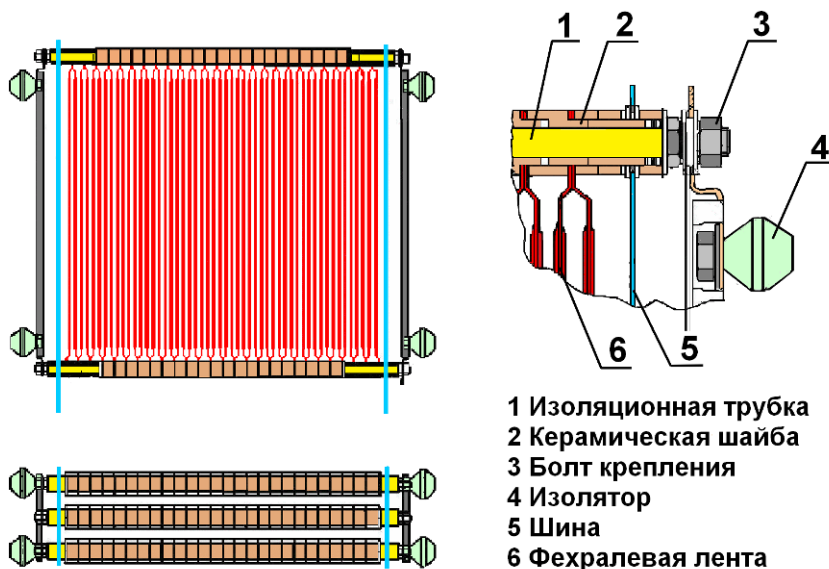


внешних кабелей имеется клеммная коробка (8). К раме вагона дроссель крепится с помощью скоб (9) четырьмя болтами. Подвод внешних кабелей к клеммам дросселя производится через четыре кабельных ввода (10). *Масса дросселя 840 кг.*

LC-фильтр - Основное назначение фильтра состоит в том, чтобы исключить прохождение сигналов определенного диапазона частот и в то же время обеспечить передачу сигналов другого диапазона частот.

5. Тормозной резистор.

Предназначен для гашения электрической энергии торможения, поступающей от тягового привода, когда тяговая сеть не может принимать эту энергию. Крепится к раме вагона отдельно от контейнера тягового инвертора.



- 1 Изоляционная трубка
- 2 Керамическая шайба
- 3 Болт крепления
- 4 Изолятор
- 5 Шина
- 6 Фехралевая лента

Рис. 65. Тормозной резистор

Номинальное сопротивление тормозного резистора при температуре - **0,44 Ом**. Номинальное (максимальное) напряжение резистора **925в (1200в)**, максимальная температура нагрева резистивных элементов **700 С**, масса резистора - **255 кг**.

Тормозной резистор состоит из трёх секций, соединённых последовательно. Каждая секция состоит из трёх резисторных элементов, соединённых параллельно.

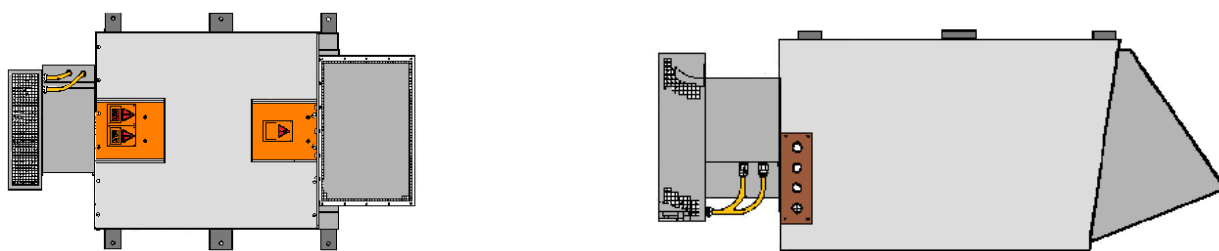


Рис. 66. Тормозной резистор в коробе

Основной частью каждого элемента являются проводящие ленты, соединённые точечной сваркой. Элемент крепится к боковой пластине при помощи двух болтов 3, изолирующих трубок 1 и керамических шайб 2. Каждая секция закреплена на изоляторах 4 по 4 с каждой стороны на боковых крышках корпуса. Внешние кабели подключаются к шинам 5, приваренным к резисторным элементам.

Тормозной резистор охлаждается вентилятором, закрепленным на фланец в конце блока резистора. При работе вентилятор продувает через резистор воздух, который охлаждает его. *Сигнал о перегреве тормозного резистора формируется системой управления, при срабатывании датчика перегрева, расположенного на корпусе вентилятора тормозного резистора, при этом отключается БВ и запрещается дальнейшее включение тягового привода. Срабатывание (размыкание контактов) происходит при температуре 60С. После охлаждения резистора штатная работа привода не восстанавливается.*

Во входном сопле установлена решётка, чтобы предотвратить попадание в вентилятор посторонних предметов. Сопло для выхода охлаждающего воздуха расположено на другом конце резистора и оборудовано защитной решёткой. Вентилятор снабжён датчиком вращения



Рис. 67. Короб и секция тормозного резистора

Работа тормозного резистора.

Модуль тягового инвертора оснащён реостатным тормозным резистором (чоппером), который гасит электрическую энергию, вырабатываемую генераторами при электрическом торможении, когда тяговая сеть не принимает энергию. При этом ток, вырабатываемый генераторами, замыкается через тормозной резистор.

6. Тяговые двигатели.

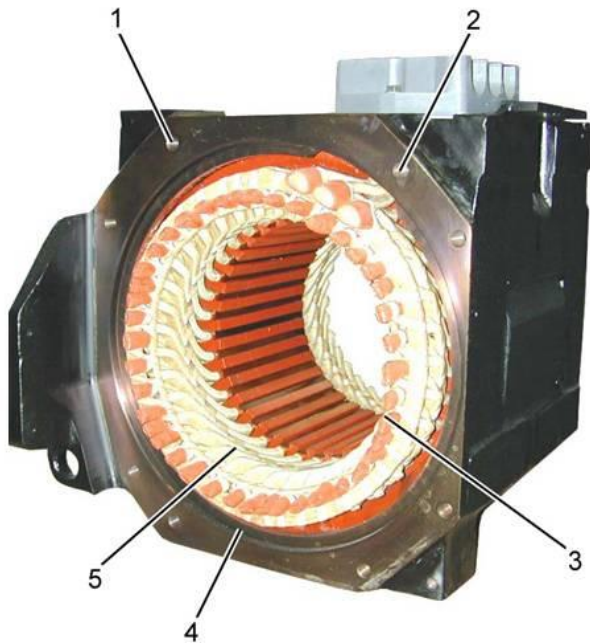
Впервые конструкция трёхфазного асинхронного двигателя была разработана, создана и опробована нашим русским инженером М. О. Доливо-Добровольским в 1889 году. Конструкция асинхронного двигателя оказалась очень удачной и является основным видом конструкции этих двигателей до настоящего времени. Широкое применение асинхронных двигателей объясняется их достоинствами по сравнению с другими двигателями: высокая надёжность, возможность работы непосредственно от сети переменного тока, простота обслуживания.

Асинхронной машиной называется машина переменного тока, у которой только первичная обмотка получает питание от электрической сети, а вторая обмотка замыкается накоротко или на электрическое сопротивление. Токи во вторичной обмотке появляются в результате электромагнитной индукции. Их частота зависит от угловой скорости вращения ротора.

Тяговые двигатели, установленные на вагонах 81-760/761 асинхронные, трехфазные, четырехполюсные с короткозамкнутым ротором. Электродвигатели относятся к классу самовентилируемых.

Охлаждение тягового двигателя осуществляется по принципу самовентилиации. Использование вентилятора нагнетателя поддерживает повышенное внутреннее давление, что снимает необходимость использования фильтра для удаления пыли. Пыль, содержащаяся в воздухе, выбрасывается через специальное отверстие центробежной силой нагнетающего вентилятора, отделяясь при этом охлаждающего воздуха внутри двигателя, что снижает проникновение пыли внутрь двигателя. *Дополнительный вентилятор небольшого размера установлен для охлаждения блока датчика скорости («НИТАСИ» (HS35533-01RB)).*

Асинхронная электрическая машина характеризуется тем, что при ее работе возбуждается вращающееся магнитное поле, которое вращается асинхронно относительно скорости вращения ротора.



Двигатели могут работать как электродвигателями, так и генераторами (Принцип обратимости электрических машин).

В режиме двигателя электрическая энергия, потребляемая от контактной сети, преобразуется в механическую развивая, при этом вращающий момент на валу двигателя.

В генераторном режиме двигатель преобразует, приведенную к валу механическую энергию от вращения колесных пар в электрическую, которая может быть вновь возвращена в контактную сеть (рекуперативное торможение).

При отсутствии рекуперации энергия гасится на тормозном реостате (сопротивлении).

Рис. 68. Статор

Тяговый двигатель состоит из: статора, ротора, двух подшипниковых щитов, вентилятора.

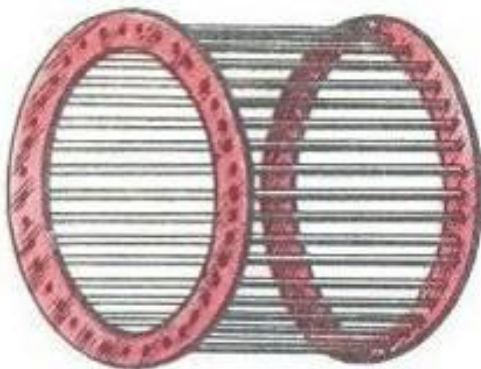


Рис. 69. «Беличья клетка»

Статор 5 (неподвижная часть) – предназначен для укладки в него двухслойной обмотки. *Основное назначение обмотки статора – создание в машине вращающегося магнитного поля.* Обмотка статора представляет собой трехфазную обмотку, проводники которой равномерно распределены по окружности статора и пофазно уложены в пазах с угловым расстоянием 120°. Фазы обмотки статора соединяют по стандартным схемам «треугольник» или

«звезда» и подключают к сети трехфазного тока. *Сердечник статора набирается из листовой электротехнической стали и запрессовывается в*

станину. Магнитопровод статора перемagnичивается в процессе изменения (вращения) магнитного потока обмотки возбуждения, поэтому его изготавливают из электротехнической стали для обеспечения минимальных магнитных потерь.

Имеет форму полого цилиндра, собранного из пластин электротехнической стали, толщиной 0,5мм, изолированных друг от друга слоем лака, что обеспечивает уменьшение потерь от вихревых токов. Фазные обмотки, которые возбуждают вращающее магнитное поле, размещаются в пазах на внутренней стороне сердечника статора. Обмотка статора подсоединяется к 3-х фазному источнику переменного тока – инвертору.

Ротор 4 (вращающаяся часть) – короткозамкнутый. Короткозамкнутая обмотка ротора, часто называемая **«беличьей клеткой»** из-за внешней схожести конструкции. В машинах большой мощности «беличью клетку» выполняют из медных стержней, концы которых сваривают в короткозамыкающие медные кольца. Стержни этой обмотки вставляют в пазы сердечника ротора без какой-либо изоляции. Сердечник ротора набирается из листов электротехнической стали, на внешней стороне которых имеются пазы. В них закладывается обмотка ротора. Обмотка ротора бывает двух видов: **короткозамкнутая** и **фазная**. Соответственно этому асинхронные двигатели бывают с короткозамкнутым ротором и фазным ротором (с контактными кольцами). Магнитопровод ротора выполняется аналогично магнитопроводу статора - из электротехнической стали.

Ротор тягового двигателя «HITACHI» (HS35533-01RB) изготовлен из алюминия методом литья под давлением. Материал ротора - чистый алюминий, заливаемый в жидком виде под давлением в пазы, изготовленные из холоднокатаной углеродистой стали толщиной 0.5 мм. Вал двигателя выполнен из хромированной молибденовой стали (SCM435). Радиальные вентиляторы охлаждающего воздуха изготовлены литьём из алюминиевого сплава и фиксируются на валу болтами.

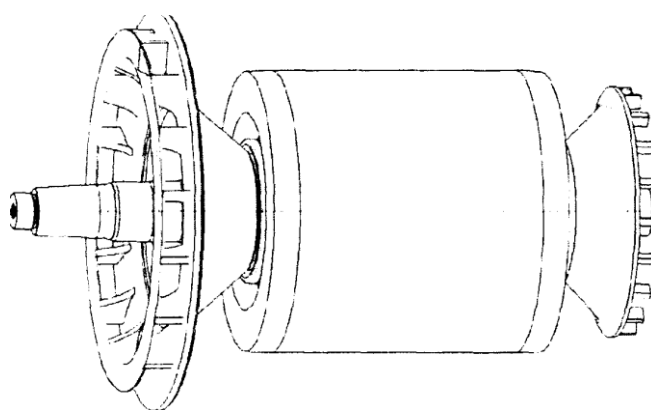


Рис. 70. Ротор

Ротор насажен на вал тягового двигателя. Вал тягового двигателя изготавливается из высоколегированной стали и имеет несколько шеек различной длины и диаметров для посадки на них подшипниковых щитов, сердечника ротора и зубчатого колеса для импульсного датчика частоты вращения (ДЧВ). Подшипниковые щиты устанавливаются в статор с двух сторон. Подшипники щитов опираются на вал тягового двигателя.

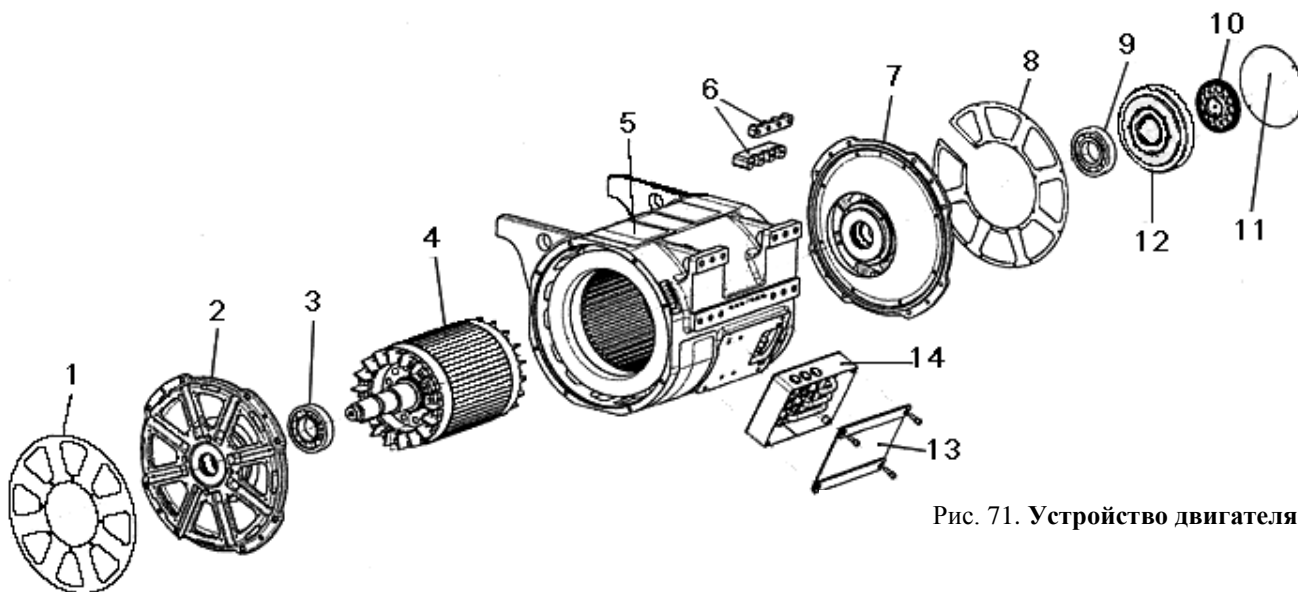


Рис. 71. Устройство двигателя

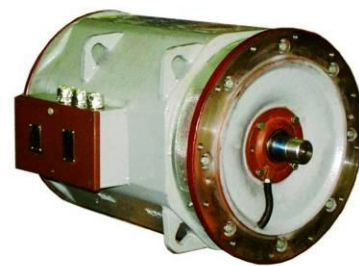
- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1 Защитная сетка с пластиной | 6 Клица | 11 Пластина |
| 2 Щит подшипниковый (сборка) | 7 Щит подшипниковый (сборка) | 12 Крышка подшипниковая |
| 3 Подшипник роликовый | 8 Защитная сетка с пластиной | 13 Крышка коробки выводов |
| 4 Ротор | 9 Подшипник шариковый | 14 Коробка выводов |
| 5 Статор | 10 Колесо зубчатое | |

Асинхронные двигатели для вагонов метрополитена, выпускаемые разными заводами-изготовителями, конструктивно аналогичны, т.к. созданы на основе двигателя ТАД 280М 4У2 производства АЭК «Динамо». Двигатели имеют принципиально одинаковое устройство: габариты, конструкционные размеры, обмоточные данные и др.

Впервые в отечественном массовом производстве применение асинхронных двигателей в качестве тяговых было применено на вагонах метрополитена моделей 81-740/741 и на части вагонов модели 81-720/721, а в дальнейшем на вагонах модели 81-760/761. Отечественной промышленностью налажен выпуск асинхронных электродвигателей для вагонов метрополитена.



ДАТМ2



ДАТЭ170

Рис. 72.

Устройство тягового двигателя.

В настоящее время вагоны могут комплектоваться двигателями:

- ТАД 280М 4У2 производства АЭК «Динамо»; ДАТЭ–170 4У2 производства «ООО Электротяжмаш-Привод» г. Лысьва; ТАДВМ-280 4У2 производства ОАО «НИПТИЭМ» г. Владимир; ДАТМ-2У2 производства «ОАО Псковский электромашиностроительный завод»; ДТА 170 У2 АО «Рижский электромашиностроительный завод»; ТА 280 4МУ2 производства «ОАО ELDIN» (Ярославский электромашиностроительный завод).



Рис. 73. ДАТМ – 2У2 ДТА – 170 У2 ТАДВМ - 280 4У2

Питание электродвигатели получают от преобразователей в составе КАТП-1 или КАТП-2 производства «ОАО Метровагонмаш». Первые комплекты асинхронного привода на вагонах метрополитена были иностранного производства «HITACHI» (HS35533-01RB) и «ALSTOM».

Вентиляция.

По конструкции двигатель является самовентилируемым.

Под действием вращающегося вентиляторного колеса наружный воздух поступает через отверстия в подшипниковом щите, обтекает лобовые части обмотки статора как со стороны соединений, так и со стороны привода, а так же сердечники статора и ротора и выбрасывается наружу через вентиляционные отверстия станины со стороны привода.



Рис. 74. Клеммная коробка

Основные параметры двигателя:

Мощность часового режима – **170 кВт**

Номинальный режим работы – повторно-кратковременный **S 2-60 мин.**

(с длительностью рабочего периода неизменной нагрузки **60 мин.**)

Номинальное линейное напряжение – **530 В**

Номинальная частота тока – **43 Гц**

Максимальная частота тока – **120 Гц**

Номинальный линейный ток – **237 А**

Номинальная частота вращения – **1290 об/мин.**

Максимальная частота вращения – **3600 об/мин.**

Номинальное скольжение – не менее **1,5 %**

КПД – **0,92**

Перегрузочная способность ($M_{\max}/M_{\text{ном}}$) – **3,5**

Шаг по пазам обмотки статора **1-12**

Масса двигателя – **765 кг.**

Возможные неисправности тяговых асинхронных двигателей.

Неисправность, внешние проявления.	Вероятная причина.
При подаче на двигатель напряжения через выключатель – двигатель не включается.	Отсутствие напряжения на двигателе. Неисправен коммутационный аппарат
Низкое сопротивление изоляции, ниже 1,5 МОм.	Повышенное увлажнение изоляции, механическое повреждение изоляции, естественное старение изоляции из-за нарушения режимов работы двигателя.
Повышенный нагрев обмоток статора.	Двигатель перегружен, нарушен режим работы двигателя, засорение вентиляционных решеток, межвитковое замыкание в статоре.
Перегрев подшипников.	Загрязнение смазки, избыток или недостаток смазки, загрязнение подшипников при сборке, некачественная сборка подшипникового узла, установленный подшипник по радиальному зазору не соответствует установленному изготовителем, разрушение деталей подшипника.

6.1. Датчик частоты вращения ротора двигателя (ДЧВ)

Датчик предназначен для измерения числа оборотов вала якоря тягового двигателя.



Рис. 75. Датчик частоты вращения ротора двигателя

Измерительная головка установлена рядом с зубчатым колесом на не приводном конце вала двигателя. Чувствительный измерительный элемент головки определяет момент прохождения зубца рядом с ним. *Каждый раз, когда зубец колеса проходит перед элементом, выход датчика меняет состояние. Таким образом, на выходе датчика образуется последовательность*

электрических импульсов, частота следования которых пропорциональна частоте вращения вала двигателя.

Датчик частоты вращения ротора двигателя устанавливается на каждом тяговом двигателе. Сигналы ДЧВ о частоте вращения двигателей используются в блоке управления тяговым приводом (БУТП-2) для управления силовым инвертором и защиты привода от буксования и юза.

Датчик состоит из измерительной головки в стальной оболочке (1), проводника (2) и разъема соединителя. Стальная оболочка с фланцем крепления позволяет устанавливать датчик в специальный корпус на тяговом двигателе.

7. Защита силовых цепей тягового привода

Основными аварийными режимами работы тягового привода являются:

- срыв в работе регуляторов тока и напряжения из-за сбоя в системе управления или плохого токосъема энергии с контактного рельса;
- замыкание на корпус одной из точек силовой цепи из-за нарушения или пробоя изоляции;
- выхода из строя транзистора силового инвертора.

Во всех случаях могут возникнуть аварийные сверхтоки, приводящие к повреждению электрического оборудования.

(!) Задачей устройств защиты является быстрое отключение силовой цепи для ограничения развития аварийных сверхтоков на уровне, не приводящем к выходу из строя силовых полупроводниковых приборов тягового привода.

В качестве основного аппарата защиты в тяговом приводе используется выключатель быстродействующий **QF-1** типа **UR6-31** с уставкой максимальной токовой защиты **1500А**. БВ отключает токи короткого замыкания в силовых цепях привода в режиме тяги и рекуперативного торможения.

Дополнительно в своем составе тяговый привод содержит устройства электронной защиты:

- от перегрузки по току в цепи питания;
- от перенапряжений в контактной сети;
- от перегрузки инвертора по выходному току;
- от замыканий силовой цепи на землю;
- от перегрева инвертора и тормозного реостата.

Электронная защита предназначена для предотвращения развития аварийных сверхтоков и напряжений в силовой цепи тягового привода в нештатных режимах работы на уровне, когда контролируемые параметры превосходят рабочие значения, но еще не достигли уставок аппаратной защиты. При срабатывании любой из защит БУТП выключает силовой инвертор тягового привода, снимая импульсы управления транзисторами модуля силового инвертора.

При перенапряжении в контактной сети **свыше 1000В** *первый уровень электронной защиты* в любом режиме работы привода включает чоппер тормозного резистора, если рост напряжения не прекращается, то *второй уровень электронной защиты* принудительно выключает БВ по цепи управления в следующих случаях:

- если ток в звене постоянного тока в режиме выбега или стоянки превышает **100А** на время **более 3с**, то БВ тягового привода выключается и блокируется;
- если при стоянке (**V=0**) зафиксировано два случая срабатывания тормозного чоппера, то БВ тягового привода выключается и блокируется;
- если при стоянке (**V=0**) зафиксировано два случая срабатывания электронной защиты по входному току, то БВ тягового привода выключается и блокируется;

Решение о включении привода в работу по повагонному управлению принимает машинист.

Дифференциальная защита работает только в режиме тяги и так же сопровождается принудительным выключением БВ. (!) Если срабатывание БВ произойдет 3 раза в течение 5 минут, то такой привод считается неисправным. При этом БУТП запрещает дальнейшее включение привода. Его повторное включение можно осуществить только снятием и повторной подачей питания 80В на контейнер тягового привода.

Защита от перегрева инвертора включается, когда температура на радиаторе охлаждения модуля силового инвертора превысит 85 градусов. Выключение этого вида защиты произойдет при снижении температуры до 70 градусов.

Защита от перегрева тормозного реостата включается при поступлении с блока питания вентилятора в БУТП сигнала о неисправности вентилятора тормозного реостата. При этом БУТП запрещает режим электрического торможения тягового привода. **Если срабатывание этого вида защиты произойдет 12 раз за 5 минут, то такой привод считается неисправным.** При этом БУТП запрещает дальнейшее использование привода. Его включение возможно только после снятия и подачи питания 80В на контейнер тягового привода.

Защита от юза и боксования

Работа устройств защиты от боксования и юза разбивается на три этапа:

1. своевременное выявление процесса боксования и юза;
2. быстрое вмешательство в процесс регулирования с целью снижения задания силы тяги и тормозных усилий, а так же частоты вращения колесных пар путем уменьшения токов двигателей без изменения режима работы привода;
3. восстановления тяги (торможения) после прекращения боксования (юза) с более медленным темпом нарастания тока тяговых двигателей до заданного значения.

Для быстрого выявления склонности колесных пар к боксованию нужно знать частоту вращения колесных пар и линейную скорость вагона.

Тогда на основании сравнения частоты вращения каждой колесной пары с линейной скоростью вагона, можно определить моменты начала и окончания процессов боксования и юза.

В БУТП линейная скорость вагона определяется с помощью математического моделирования. **Исходной информацией для вычисления линейной скорости вагона являются сигналы датчиков частоты вращения роторов 4-х тяговых двигателей вагона.**

При выходе скорости колесной пары за допустимые линейной скоростью вагона пределы, формируется сигнал защиты, который является командой на автоматическое снижение уставки задания тока привода.

После прекращения боксования или юза, система защиты с более медленным темпом восстанавливает заданное значение тяговой или тормозной уставки тока.

8. Работа силовой цепи на различных режимах

Подготовка к работе и включение тягового привода.

Для управления БУТП-2 и вагонным оборудованием используются блоки, входящие в систему «Витязь» и устройства вагонов:

- бортовой компьютер поездного управления (БКПУ);
- бортовой компьютер вагонного управления (БКВУ);
- пульт машиниста основной (ПМО) с контроллером машиниста;
- контроллер реверса;
- пульт машиниста вспомогательный (ПМВ).

Формирование команд управления режимами движения поезда поступающих от контроллера машиниста и блоков УПИ-1 и УПИ-2 производят БКПУ и БКВУ.

БКПУ формирует команды на основании: команд АРС (разрешение или запрет тягового режима, требование торможения); признаков неисправности формируемых алгоритмом функциональной диагностики (двери открыты, прижат стояночный тормоз, неисправность БКВУ и т.д.); команд управления от контроллера машиниста и блоков УПИ-1 и УПИ-2, реверса. БКПУ обеспечивает связь (передачу и прием сигналов) с БКВУ каждого вагона по поездной шине.

БКВУ обеспечивает: обмен информации с БКПУ, формирование управляющих команд для БУТП-2, управление вагонным оборудованием, управление электропневматическими тормозами (вентилей удержания).

БУТП-2 выполняет функции по управлению: силовым инвертором, БВ, контакторами, электронной защиты силовых цепей тягового оборудования.

БУТП-2, получив питание, переходит в состояние готовности к получению команд от БКВУ о направлении движения, включении тягового или тормозного режимов в зависимости от полученной команды.

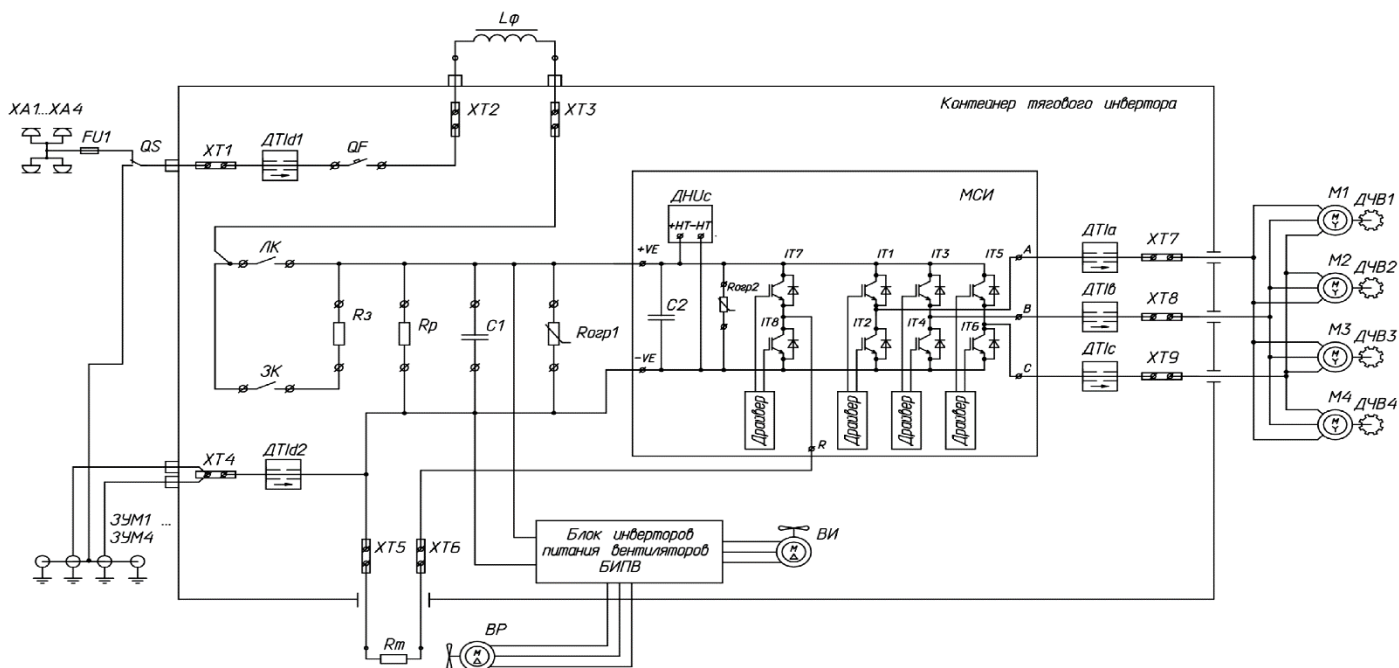


Рис. 76. Схема силовых цепей

Тяговый режим. Пуск тяговых двигателей.

При включении напряжения бортовой сети блок управления электроприводом БУТП инициализируется и включает выключатель быстродействующий ВБ и зарядный контактор ЗК. При включении главного разъединителя и наличии напряжения сети происходит заряд конденсатора фильтра C_f через зарядный резистор R_3 и дроссель сетевого фильтра L_f . При напряжении на C_f близком к напряжению сети БУТП включает линейный контактор ЛК и размыкает ЗК. После установки основного контроллера реверса ОКР в положение «Вперед» или «Назад» привод готов к обработке команд управления тягой.

При переводе рукоятки контроллера машиниста (КМ) в одно из ходовых положений **Ход1 - 4** - задаются токовые уставки соответственно - **150А, 200А, 260А, 330А**, которые автоматически корректируются при загрузке вагона и в процентном отношении составляют соответственно **40, 60, 75, 100%** от максимального тока на один двигатель. Каждая уставка тока автоматически корректируется в соответствии с загрузкой вагона по сигналам БКВУ. Задание тока двигателей осуществляется плавно с определенным темпом. Сигнал о переводе рукоятки **КМ** в ходовое положение через **УПИ-1, БКПУ, БКВУ** поступает в блок управления тяговым приводом (**БУТП**).

В начале пуска асинхронных двигателей тиристорные ключи переключаются с частотой **1-2 Гц**. При этом к обмотке статора двигателей подводится напряжение, составляющее **2-5%** напряжения контактного рельса. Регулирование подводимого напряжения обеспечивается путем изменения коэффициентов заполнения тиристорных ключей (**широтно-импульсная модуляция**). По мере разгона вагонов постепенно повышается напряжение на обмотках статора асинхронных двигателей и увеличивается частота тока в них. Последнее осуществляется путем повышения частоты работы тиристорных ключей, импульсы управления на которые начинают поступать чаще.

При пуске момент на валу двигателей поддерживается постоянным. Мощность, развиваемая тяговым приводом, постепенно увеличивается до максимального значения. Затем мощность привода поддерживается на максимальном уровне и уменьшается магнитный поток двигателей. В конце регулирования с ростом частоты вращения роторов двигателей мощность, реализуемая тяговым приводом, постепенно уменьшается.

Во всех режимах напряжение на конденсаторе входного фильтра имеет достаточный уровень, что обеспечивает устойчивую работу автономного инвертора. В связи с этим процесс

электрического торможения может начинаться независимо от наличия напряжения в контактной сети.

Переход из режима тяги в режим торможения осуществляется путем изменения частоты работы инвертора в сторону уменьшения. При этом двигатели переходят в генераторный режим, инвертор выполняет функции управляемого выпрямителя. Для работы двигателей в режиме торможения с установленной мощностью в цепь обмоток двигателей включен тормозной резистор R_T , на котором рассеивается часть тормозной энергии в диапазоне высоких скоростей. При отсутствии в сети потребителей рекуперированная энергия через тормозной преобразователь (чоппер) поступает в тормозной резистор и рассеивается в нем.

Проезд неперекрываемых токоразделов.

Для обеспечения благоприятного протекания переходных процессов в тяговом приводе при проезде неперекрываемых токоразделов предусмотрено автоматическое выключение тягового привода по сигналу датчика сетевого тока привода. При $I_d < 30$ А привод выключается (снимаются импульсы управления с транзисторов силового инвертора).

Если при проезде неперекрываемого токораздела напряжение на конденсаторе сетевого фильтра станет меньше **530 В**, то линейный контактор размыкается и включается зарядный контактор. При появлении сетевого напряжения происходит заряд конденсатора фильтра до напряжения сети через зарядный контактор, последующее включение линейного контактора и автоматическое включение силового инвертора.

Если напряжение на конденсаторе фильтра не успевает снизиться до **530 В**, то дозаряд конденсатора происходит без зарядного резистора. Время на повторное автоматическое включение привода в тягу не превышает **2.5 сек**.

В режиме электрического торможения, при отсутствии рекуперации, линейный контактор размыкается, поэтому, если до токораздела тяговый привод вошел в режим реостатного торможения, то проезд токораздела не окажет никакого влияния.

Переход из тяги в выбег.

При установке контроллера машиниста в позицию «**Выбег**» в соответствии с сигналами **БКВУ** блок управления приводом производит быстрое снижение тока двигателей с последующим снятием управляющих импульсов с силовых транзисторов **МСИ**. Выключение производится по специальному алгоритму, обеспечивающему эффективное снижение остаточных э.д.с. двигателей с целью возможности быстрого перехода в любой другой режим. Линейный контактор остается включенным.

Режим тяги с выбега.

В этом режиме вводится дополнительная функция – ограничение темпа нарастания сигнала задания напряжения на двигателях до значения, соответствующего текущей скорости движения вагона. Такой алгоритм входа в тягу призван обеспечить плавное, без рывков нарастание реализуемой мощности двигателей, особенно на высоких скоростях движения поезда.

Резервное управление.

Резервное управление осуществляется только в режиме тяги и независимо от команд управления **БКВУ**. В общем случае **БКВУ** может быть вообще выключен. После установки резервного контроллера реверса **РКР** в положение «**Вперед**» или «**Назад**» привод готов к отработке команд управления тягой по резервному управлению от кнопок «**Ход 1**» и «**Ход 2**».

Режим электрического торможения. Вход и работа привода в тормозном режиме.

Если с **БКВУ** приходит сигнал «**Рекуперация отключена**» линейный контактор размыкается, отключая тяговый привод от сети. За счет работы двигателей в генераторном режиме напряжение на конденсаторе **Сф** возрастает до величины **925 В**, после чего в работу вступает тормозной чоппер, рассеивая генерируемую энергию в тормозном резисторе. Начиная со скорости движения вагона **15 км/ч** до скорости **5 км/ч** заданное значение напряжения на конденсаторе фильтра линейно снижается до **600 В** для улучшения формы фазных токов двигателей. При достижении минимальной скорости электрического торможения (**5 км/час**) тяговый привод автоматически выключается. При этом снимаются импульсы управления с транзистора чоппера и

транзисторов силового инвертора, происходит заряд конденсатора фильтра до напряжения сети через зарядный контактор и последующее включение линейного контактора.

Рекуперация - Рекуперация (от лат. *recuperatio* - обратное получение, возвращение), возвращение части материала или энергии, расходуемых при проведении того или иного технологического процесса, для повторного использования в том же процессе.

При движении вагона на высоких скоростях (более 45 км/ч) напряжение асинхронных генераторов задается постоянным и максимально допустимым для двигателей – **650 В**. При снижении скорости вагона, когда поддержать такое значение напряжения невозможно, БУТП регулирует напряжение генераторов, поддерживая постоянное значение потока статора в функции заданной уставки тока.

При торможении с максимальной скорости с заданным машинистом максимальным тормозным током двигателей («Тормоз 3», полная загрузка вагона) система регулирования начиная со скорости **55 км/ч** автоматически линейно снижает величину тока задания до **260 А** в точке **20 км/ч**.

Регулирование тока статора ТАД в тормозном режиме осуществляется силовым инвертором путем изменения скважности ШИМ управления транзисторами. Предусмотрены три тормозные позиции «Тормоз 1», «Тормоз 2», «Тормоз 3», которые в процентном отношении составляют соответственно **40, 65, 100%** от максимального тока на один двигатель. Каждая уставка тока автоматически корректируется в соответствии с загрузкой вагона по сигналам БКВУ.

При истощении электрического торможения в зоне низких скоростей или при отказах в цепях электрического тормоза происходит автоматическое замещение электрического торможения пневматическим.

Если рекуперация включена, (!) то линейный контактор остается включенным и в тормозном режиме. При этом электрическая энергия торможения передается потребителям, подключенным к контактной сети.

Это системы питания собственных нужд составов, поезда находящиеся в режиме тяги, другие потребители. При рекуперативном торможении входное напряжение привода (напряжение на конденсаторе сетевого фильтра) определяется напряжением контактной сети, и, в общем случае, оно всегда меньше напряжения **925 В**, которое формируется на входе привода при реостатном торможении. Поэтому, чтобы предотвратить снижение тормозной мощности при низких напряжениях в контактной сети, в поездную систему управления заложен **следующий алгоритм формирования команды управления рекуперацией:**

1. При работе в тяге и выбеге в привод должна поступать команда на отключение рекуперации с тем, чтобы быстро перейти в тормозной режим реостатного торможения по команде АРС независимо от напряжения в контактной сети.

2. Если команда на торможение поступает с контроллера машиниста, то, независимо от тормозной уставки, анализируется величина напряжения в контактной сети (U_c). При этом:

- если $U_c > 750 В$ в привод должна поступать команда на включение рекуперации;
- если $920 В \leq U_c \leq 750 В$ в привод должна поступать команда на выключение рекуперации.

При отсутствии достаточных потребителей в контактной сети или при проезде неперекрываемого токораздела входное напряжение привода повысится до величины **925 В**, после чего в работу вступает тормозной чоппер, рассеивая генерируемую энергию в тормозном резисторе. При этом линейный контактор привода остается включенным. Таким образом осуществляется режим следящего рекуперативно – реостатного торможения.

Переход из торможения в выбег.

При установке контроллера машиниста в позицию «Выбег» в соответствии с сигналами БКВУ блок управления приводом производит быстрое снижение тока двигателей с последующим снятием управляющих импульсов с транзистора чоппера и силовых транзисторов МСИ. Выключение производится по специальному алгоритму, обеспечивающему эффективное снижение остаточных э.д.с. двигателей с целью возможности быстрого перехода в любой другой режим. После выключения МСИ происходит заряд конденсатора фильтра до напряжения сети через зарядный контактор и последующее включение линейного контактора. При выходе из рекуперативного торможения привод сразу готов к включению в тягу, поскольку напряжение на конденсаторе фильтра равно сетевому напряжению и линейный контактор замкнут.