

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПОЕЗДА VELARO RUS

В. А. Гапанович

старший вице-президент ОАО «РЖД»

А. С. Назаров

начальник департамента технической политики ОАО «РЖД»

А. Н. Яговкин

начальник отдела моторвагонного подвижного состава для организации скоростного и высокоскоростного пассажирского сообщения Департамента технической политики ОАО «РЖД»

Е. Г. Янченко

заместитель начальника отдела моторвагонного подвижного состава для организации скоростного и высокоскоростного пассажирского сообщения Департамента технической политики ОАО «РЖД»

С. В. Шулындин

главный специалист отдела моторвагонного подвижного состава для организации скоростного и высокоскоростного пассажирского сообщения Департамента технической политики ОАО «РЖД»

О. Н. Назаров

заведующий отделением «Тяговый подвижной состав» ОАО «ВНИИЖТ»

ПРЕДИСЛОВИЕ

20 ноября 2008 года в порт Усть-Луга был доставлен первый высокоскоростной поезд серии Velaro RUS (всего планируется поставить восемь поездов) производства компании Siemens AG. Электропоезда этой серии планируется использовать на линиях Москва—Санкт-Петербург и Москва—Нижний Новгород. Поезда будут выполнены в двух модификациях — одно- (четыре состава типа В1) и двухсистемными (четыре состава типа В2) для контактной сети 3 кВ постоянного и 25 кВ/50 Гц переменного тока, соответственно.

Концепция поездов базируется на платформе Velaro компании Siemens AG, которая является усовершенствованной модификацией поездов ICE 3. Поезда Velaro RUS приспособлены к условиям эксплуатации в России, а их конструкция учитывает все требования российских стандартов. Наряду с адаптацией под ширину колеи 1520 мм потребовалось создание соответствующих систем вентиляции и охлаждения,

а также использование многочисленных специальных материалов.

Испытания первого поезда пройдут на различных участках: на экспериментальном кольце ст. Щербинка Московской железной дороги, на высокоскоростном полигоне Октябрьской железной дороги (участок Мстинский мост—Окуловка), на скоростном полигоне Белореченская—Майкоп Северо-Кавказской железной дороги и на участке Горьковской железной дороги.

В ПОЕЗД БЫЛА ИНТЕГРИРОВАНА И СООТВЕТСТВУЮЩИМ ОБРАЗОМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНА РОССИЙСКАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ КЛУБ-У

После завершения испытаний и процедуры сертификации поезда начнут выполнять пассажирские перевозки. Первый поезд планируется ввести в эксплуатацию в декабре текущего года.

АДАПТАЦИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В РОССИИ

Требования к электропоезду были согласованы между ОАО «РЖД» и компанией Siemens AG и изложены в Техническом задании. ОАО «РЖД» для сопровождения проектных работ и проверки принимаемых технических решений на соответствие российским требованиям привлекло к работе профильные российские научно-исследовательские институты.

Согласно российским нормативам, машинист, управляющий поездом на протяжении более трех часов, должен иметь возможность работать стоя. В стандартной модификации поездов компании Siemens AG предусматривалась только возможность управления сидя, а высота потолка кабины машиниста составляла 1450 мм. Поэтому форма головной части Velaro RUS была реконструирована таким образом, чтобы машинист ростом 1900 мм мог управлять поездом стоя. Дополнительно в кабине машиниста были созданы условия для присутствия и работы в ней одновременно двух человек, как это принято в России.

В поезд были интегрированы и соответствующим образом усовершенствованы российская система обеспечения безопасности движения КЛУБ-У и система технологической радиосвязи. Для технологической радиосвязи локомотивной бригады применяется трехдиапазонная система, которая использует традиционные российские частоты 2 МГц, 160 МГц и 460 МГц. В купе начальника поезда установлена двухдиапазонная система радиосвязи, работающая на частотах 160 МГц и 460 МГц.

На головных вагонах поезда была установлена используемая на железных дорогах России автосцепка СА-3. Учтены требования российских норм по сопротивлению кузова и сцепки ударной нагрузке.

Система отопления доработана под напряжение 3 кВ с тем, чтобы в случае выхода из строя бортовой сети поезд мог отапливаться напрямую от контактной сети.

ОПИСАНИЕ ПОЕЗДА, ЕГО ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Односистемный поезд В1



Двухсистемный поезд В2

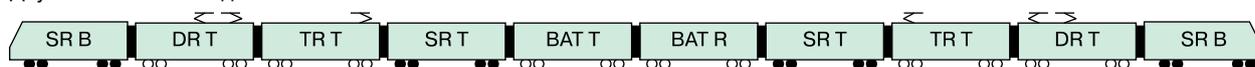


Рис. 1. Схема распределения вагонов в составе поезда

На рис. 1 представлено распределение вагонов в составе поезда. При проектировании большое значение придавалось модульному исполнению вагонов. Односистемный поезд В1 может быть сформирован путем снятия тяговых компонентов двухсистемного поезда.

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

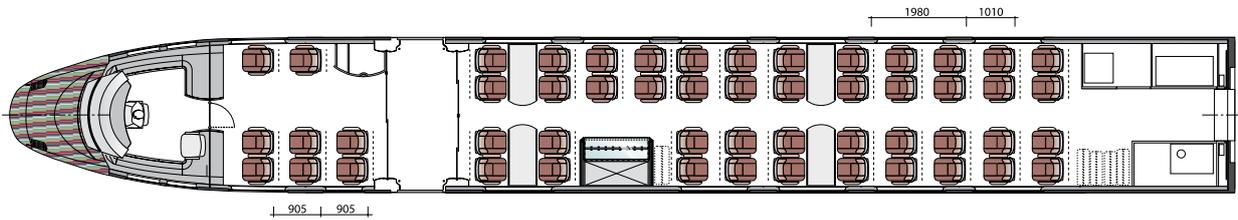
- SR B** — головной вагон бизнес-класса с тяговым преобразователем
- DR T** — дроссельный вагон туристического класса с двумя сетевыми фильтрами
- SR T** — вагон туристического класса с преобразователем
- TR T** — вагон туристического класса с трансформатором
- MW T** — вагон туристического класса
- BAT T** — вагон туристического класса с аккумуляторной батареей
- BAT R** — вагон туристического класса с быстро и аккумуляторной батареей

Табл. 1. Основные параметры поездов В1 и В2

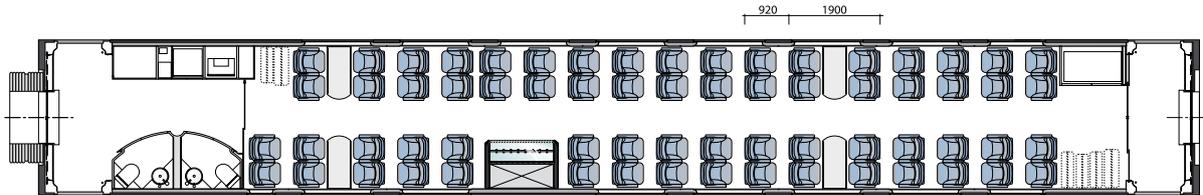
Тип поезда	В1	В2
Длина поезда	250 м	
Ширина вагона	3 265 мм	
Длина кузова головного вагона	25 535 мм	
Длина кузова среднего вагона	24 175 мм	
Материал кузова вагона	алюминий	
Ширина колеи	1 520 мм	
Максимально допустимая нагрузка на ось	170 кН	180 кН
Вес поезда, с пассажирами	662 т	678 т
Номинальное напряжение	3 кВ пост. ток	25 кВ перем. ток, 3 кВ пост. ток
Максимальная электрическая тяговая мощность на колесе во время движения и торможения	8 МВт	
Максимальное начальное тяговое усилие	328 кН	
Ускорение при трогании с места, поезд с пассажирами при скорости до 60 км/ч	0,43 м/с ²	0,42 м/с ²
Максимальная эксплуатационная скорость	250 км/ч	
Количество посадочных мест	604	
Диапазон эксплуатационных температур	(-50 °С) -40 °С...+40 °С	
Высота пола над верхним уровнем головки рельса	1360 мм	
Обслуживаемая высота платформ	от 1100 мм до 1300 мм	
Срок эксплуатации	30 лет	

КОМПОНОВКА ВАГОНОВ

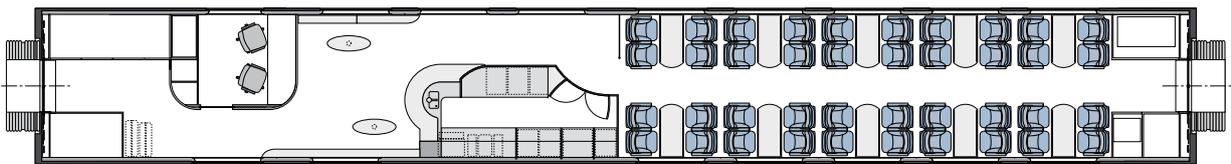
Головной вагон SR бизнес-класса / 52 посадочных места



Средний вагон DR/SR туристического класса / 66 посадочных мест



Средний вагон ВАТ с бистро / 40 посадочных мест



Средний вагон ВАТ туристического класса / 64 посадочных места

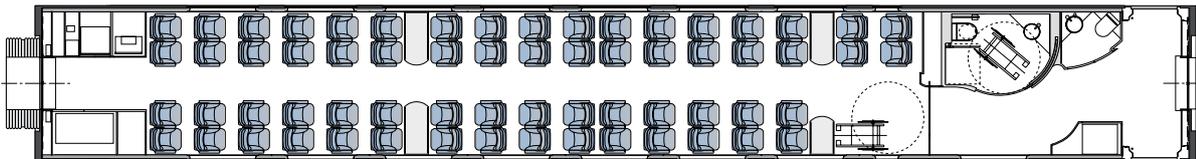


Рис. 2. Схема компоновки вагонов поезда

Компоновка вагонов поезда представлена на рис. 2.

Благодаря размещению компонентов преобразования тяговой и вспомогательной эксплуатационной мощности в подвагонном пространстве и на крыше поезда, внутренние объемы на протяжении всей длины поезда используются исключительно для размещения пассажиров и персонала поезда.

В среднем вагоне центральной части поезда расположены бистро и купе начальника поезда. В купе начальника поезда находится рабочее место работников охраны.

Плавающая плита пола во внутренней части всех пассажирских салонов, имеющая низкие показатели ударного шума, снабжена ковровым

покрытием. Боковые стены изготовлены из ударопрочного, устойчивого к повреждениям стеклопластика.

Климатическая установка, расположенная на крыше в конце каждого вагона, снабжена системой забора наружного воздуха, в подвагонном пространстве находится устройство для вытяжки воздуха. Благодаря оптимальной подаче и распределению воздуха, климатическая установка обеспечивает комфортное тепло зимой и прохладу летом. Это достигается за счет того, что в результате переключения воздушных каналов летом прохладный воздух поступает в вагон со стороны потолка и пола, а зимой нагретый воздух поступает со стороны боковых стен вагона и пола.

Для воздуха, поступающего в климатическую установку, предусмотрена очистка и дезинфицирование.

В каждой из кабин машиниста установлена отдельная климатическая установка, а также дополнительный обогрев ниш для ног и пола.

Большие боковые окна в пассажирском салоне (размером 1310×660 мм) не открываются, они выполнены из травмобезопасного изолирующего стекла и снабжены солнцезащитными жалюзи.

СИСТЕМА ИНФОРМИРОВАНИЯ ПассаЖИРОВ И ВНУТРИПОЕЗДНАЯ СВЯЗЬ

В каждом вагоне находится переговорное устройство, доступ к которому имеет проводник. В головных вагонах дополнительно установлено переговорное устройство для машиниста, а в купе начальника поезда — переговорное устройство, с которого можно делать объявления по всему поезду.

Начальник поезда имеет доступ к системе информирования пассажиров. С ее помощью

Внутреннее освещение выполнено непрямым. Это означает, что большая часть лучей направлена на стены и потолок, и пассажирский салон освещается рассеянным светом.

Все сиденья в пассажирском салоне имеют регулируемые спинки, откидные столики, подлокотники и опоры для ног. На спинках сидений установлены съемные подголовники и сменные защитные платки. Сиденья бизнес-класса имеют кожаную обивку, сиденья туристического класса — тканевую.

осуществляется управление наружными и внутренними информационными табло, на которых отображается необходимая для пассажиров информация.

Пассажиры имеют возможность вызова проводника с помощью кнопки, находящейся на их месте. Аналогичные кнопки установлены в туалетах.

КОНСТРУКЦИЯ КУЗОВА ВАГОНА



Остов кузова вагона представляет собой цельнонесущую сварную облегченную алюминиевую монококовую конструкцию. Он изготовлен из крупногабаритных прессованных профилей.

Головная часть состоит из комбинации фасонных профилей и листового алюминия, сваренных между собой. На остове кузова через приварные точки и профили крепятся все остальные узлы поезда.

Под лобовым стеклом кабины машиниста находится усиленная парапетной стенкой поперечная диафрагма, которая служит опорной поверхностью для ударопоглощающих элемен-

тов. Совместно с поглощающими энергию элементами сцепки они могут принимать на себя энергию соударения величиной приблизительно 2 МДж, противопокатный брус имеет энергопоглощающие опоры.

Хорошая термоизоляция кузова с температурным коэффициентом $k = 1,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ во время движения достигается благодаря внутренней теплоизоляции и термическому разъединению закрепленных на кузове важнейших проводников тепла.

Проводимые испытания на соударение доказывают, что прочность кузовов вагонов отвечает российским требованиям. Прочность в зоне пассажирского салона и кабины машиниста рассчитана на стандартную нагрузку в 2000 кН. Вне пассажирских зон, в так называемых «жертвенных» зонах, ее значение превышает 1500 кН.

Установленные по обеим сторонам вагонов наружные двери одностворчатые, горизонтально-прислонно-сдвижного типа с электрическим приводом, ширина прохода составляет 900 мм, а высота 2050 мм.

Расстояние от оси автосцепки головных вагонов до уровня головки рельсов составляет 1100 мм, а расстояние от оси межвагонных сцепок до уровня головки рельсов — 995 мм.

Межвагонные переходы, предназначенные для работы на высоких скоростях движения, обеспечивают низкий уровень шума внутри себя, устойчивы к внешним атмосферным воздействиям. Межвагонный переход охватывает межвагонную сцепку и электрические кабели.

ТОРМОЗНАЯ СИСТЕМА

Поезд Velaro RUS имеет пневматические фрикционные тормоза с тормозными дисками на колесах моторных тележек, на каждой оси немоторных тележек по три тормозных диска.

Во время движения поезда дополнительно используется режим электродинамического торможения. Он обеспечивает более высокую, по сравнению с пневматическим тормозом, степень использования коэффициента трения равного 0,15.

При использовании только пневматических фрикционных тормозов при полностью загруженном поезде и предположительном коэффициенте трения равном 0,13 может быть достигнута значительная тормозная дистанция 2430 м (250 км/ч) и 1000 м (160 км/ч).

Компрессоры расположены в вагонах с преобразователем SR T. Безмасляные, специально доработанные для эксплуатации в российских условиях, компрессоры обеспечивают воздухом

наряду с тормозной и другие системы, такие как: система пневмоподвешивания тележек, устройство управления микроклиматом, система управления дверьми, стеклоочистители, токоприемники, тифон.

Управление торможением происходит по принципу автоматического пневматического тормоза с электрическим управлением, при котором тормозное усилие нарастает при падающем давлении в тормозной магистрали. Благодаря этому возможна буксировка поезда только при использовании пневматического энергоснабжения, без использования электроэнергии.

Для улучшения динамики управления автоматическими пневматическими тормозами в поезде предусмотрена электропневматическая управляющая магистраль и распределительные клапаны с электропневматическим дополнительным устройством.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЕЗДОМ

Система электронного управления централизованно управляет важнейшими процессами в поезде, выполняет задачи контроля и диагностики. Основой системы электронного управления поездом является сеть поездной связи (TCN — Train Communication Network).

TCN представляет собой стандартную иерархическую двухступенчатую коммуникационную сеть. Данная сеть состоит из проводной шины поезда (WTV — Wired Train Bus) и многофункциональной поездной шины (MVB — Multifunction Vehicle Bus). В обеих системах используется последовательная шина передачи данных. Применяется скрученная и экранированная двухпроводная проводка, которая для MVB в целях обеспечения возможности резервирования выполнена в двойном количестве (2x2 линии в одном кабеле MVB).

По причине необходимости резервирования и пожарной безопасности кабели шин проложены через весь поезд, отдельно друг от друга. Проводная шина поезда WTV соединяет друг с другом отдельные блоки многофункциональной поездной шины (тяговые блоки). Она обеспечивает обмен данными между ведущим и ведомым блоками, а также независимую связь между блоками MVB.

Внутри блока MVB данные с соответствующего центрального блока управления Master в головном вагоне передаются через отдельно установленную, резервную многофункциональную поездную шину на подсистемы отдельных вагонов соответствующего тягового блока (го-

ловной вагон, вагон с трансформатором, вагон с преобразователем и средний вагон являются, с точки зрения системы управления, блоком MVB).

Блок MVB состоит из отдельных сегментов MVB, которые посредством репитера MVB в каждом вагоне подключаются к главной линии Backbone. За исключением головного вагона, в котором два сегмента установлены с целью резервирования, каждый вагон реализуется как сегмент MVB.

Функциональная схема системы управления поездом представлена на рис. 3, где приняты следующие сокращения:

Центральный блок управления	ЦБУ
Интерфейс «человек-машина» машиниста поезда	Tf-MMI
Комплексное локомотивное устройство безопасности унифицированное КЛУБ-У	КЛУБ-У
Модули ввода/вывода	Compact I/O
Установка пожарной сигнализации	BMA
Блок управления приводом	БУП
Сигнализация, централизация и блокировка СЦБ	СЦБ
Электромагнитная совместимость ЭМС	EVB
Блок управления тормозом	БУТ
Кухня	Galley
Зарядное устройство аккумуляторной батареи	BLG
Интерфейс «человек-машина» начальника поезда	Zub-MMI
Система информирования пассажиров СИП	FIS
Тяговый блок 1	TE 1

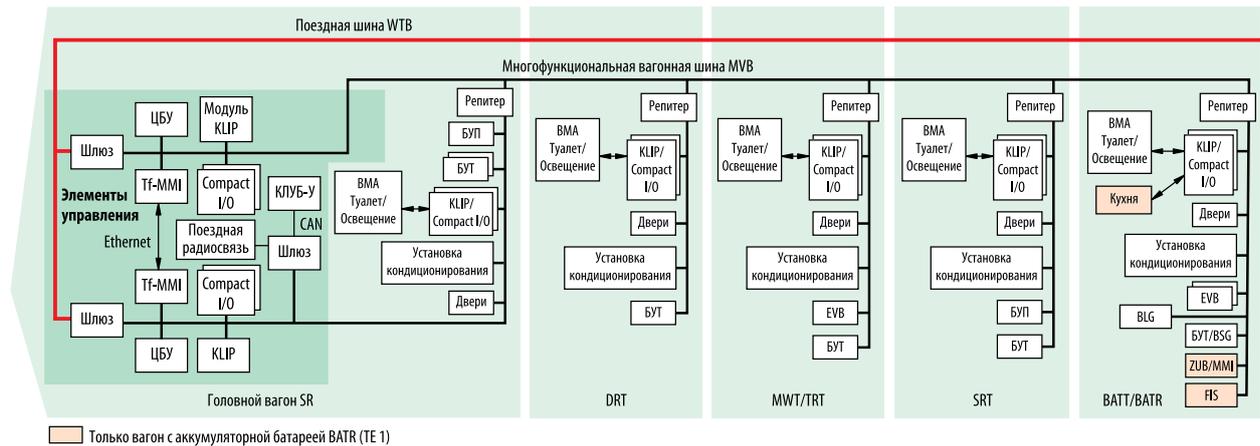


Рис. 3. Функциональная схема системы управления поездом



С помощью аббревиатуры SIBAS® (система автоматизации железнодорожного движения компании Siemens AG) обозначаются приборы управления компании Siemens AG, предназначенные для использования на железнодорожном транспорте и подключаемые к MVB.

Все комплексные электронные приборы производят самодиагностику, результаты которой они посредством MVB передают на центральную систему диагностики поезда. Кроме того, у обслуживающего персонала есть возможность с помощью последовательного интерфейса считывать подробные данные диагностики непосредственно на самом приборе. Центральные диагностические данные, в зависимости от вида



информации, отображаются на дисплее машиниста или начальника поезда. Затем данные, имеющие отношение к техобслуживанию поезда, еще во время движения передаются посредством связи GSM обслуживающему техническому персоналу, с тем, чтобы по прибытии поезда могли сразу быть предприняты меры по устранению неисправности, либо замене неисправного конструктивного элемента.

ЦБУ (центральный блок управления) выполняет важнейшие функции контроля и диагностики всего поезда. К ним относятся:

- контроль и управление высоковольтными выключателями;
- контроль и управление токоприемниками;
- оценка данных системы распознавания напряжения сети (только в двухсистемных поездах);
- формирование заданных параметров тяги для блоков управления приводами (БУП);
- управление бортовой сетью;
- формирование команд и управляющих сигналов для различных приборов управления (например: блоков управления дверьми, управления тормозами);
- контроль петель безопасности, установки пожарной сигнализации и диагностика тележек;
- сортировка цифровых и аналоговых входных и выходных сигналов через децентрализованные станции ввода и вывода (SIBAS®-KLIP — модульная система ввода/вывода компании Siemens AG, MVB-Compact I/O — модуль ввода/вывода MVB);
- управление режимами работы поезда;
- самодиагностика ЦБУ, а также диагностика связи по проводной и многофункциональной поездной шинам;
- распознавание и контроль конфигурации электропоезда;
- проверка допустимости действий машиниста по управлению электропоездом (это означает, что ЦБУ должен контролировать и блокировать недопустимые состояния системы, в том числе основную функцию взаимодействия отдельных узлов через шину).

ТЯГОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

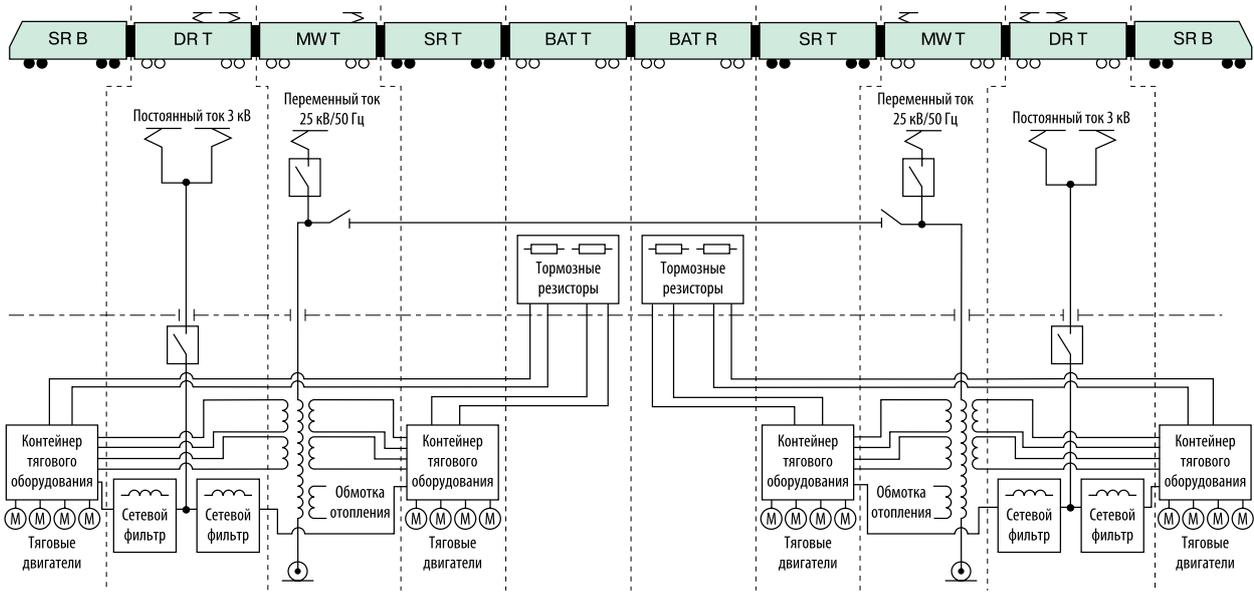


Рис. 4. Функциональная схема тягового оборудования двухсистемного поезда типа B2

Тяговые компоненты поезда Velaro RUS распределены по всем десяти вагонам поезда (рис. 4, 5). В обеих половинах поезда находится автономно функционирующая тяговая установка, каждая из которых, в свою очередь, содержит в себе два идентичных тяговых блока (рис. 6). В каждый тяговый блок входят один тяговый преобразователь, включая блок управления приводом (БУП), четыре параллельно подключенных тяговых двигателя, один узел тормозных сопротивлений, а также ввод для преобразователей собственных нужд (ПСН) на тяговом промежуточном контуре. В случае выхода из строя одного из тяговых блоков он отсоединяется, не влияя на работу оставшегося оборудования. Тем самым поезд может продолжать движение на 75% установленной на нем тяговой и электрической мощности торможения.

Благодаря равномерному распределению тяговых блоков по всему подвагонному пространству, с одной стороны, достигается равномерное распределение весовых нагрузок по всему электропоезду, и, с другой стороны, обеспечивается оптимальное использование коэффициента сцепления.

Тяговая мощность на колесе составляет 8000 кВт (рис. 7). Снятие соответствующей мощности с контактной сети при скорости в 250 км/ч в режиме работы 3 кВ постоянного тока является высоким требованием для токоприемника.

Характеристики тягового и тормозного усилия для различных режимов работы представлены на рис. 7—9.

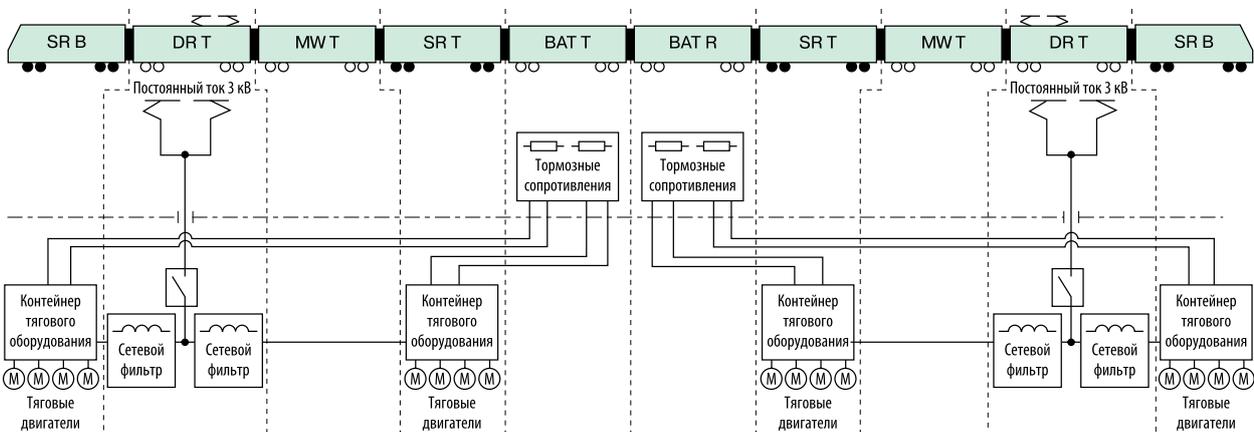


Рис. 5. Функциональная схема тягового оборудования односистемного поезда типа B1

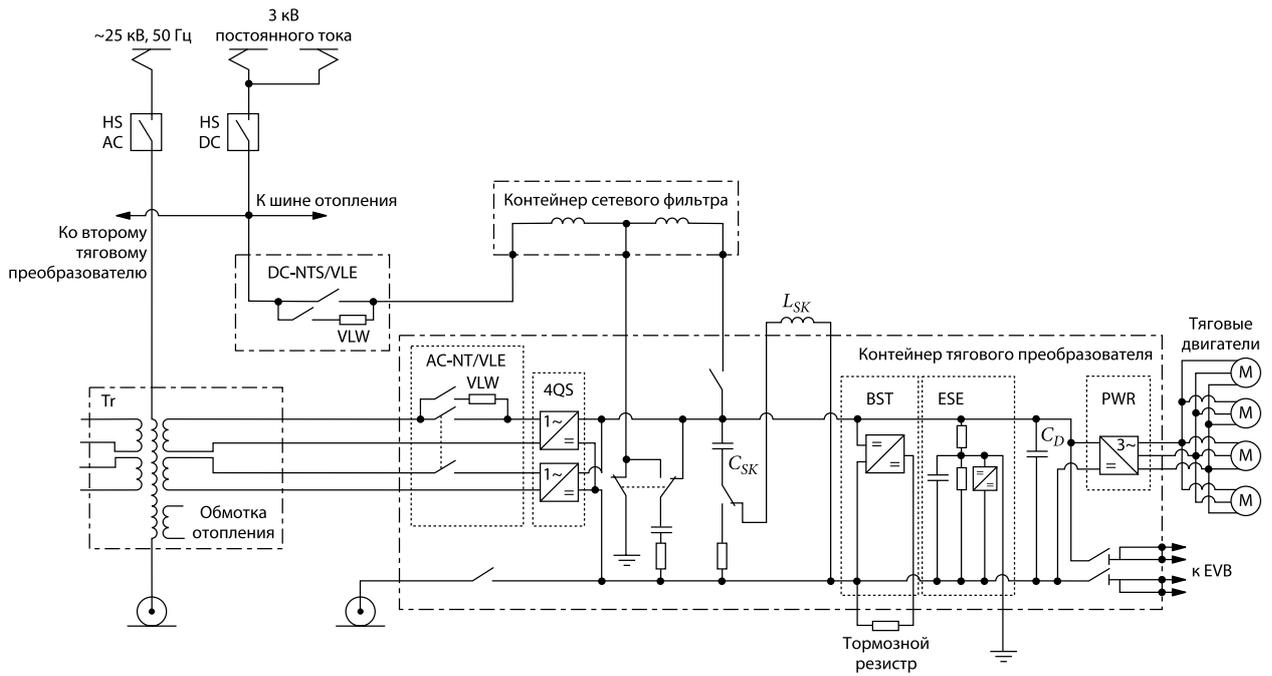


Рис. 6. Функциональная схема тягового блока

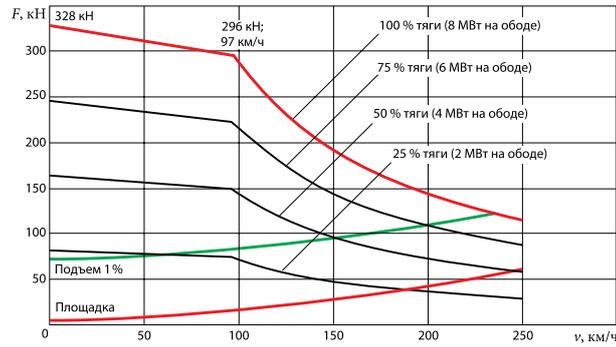


Рис. 7. График тягового усилия для одно- и двухсистемных поездов

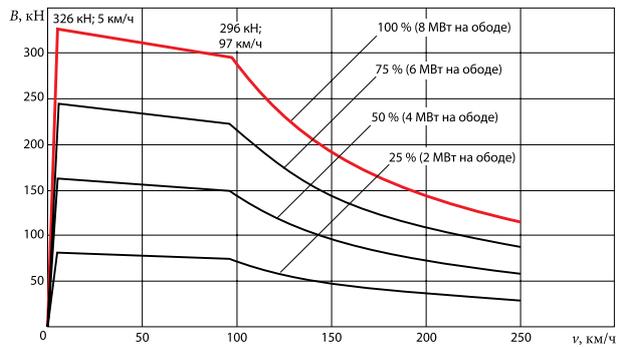


Рис. 8. График тормозного усилия (рекуперативный) для одно- и двухсистемных поездов

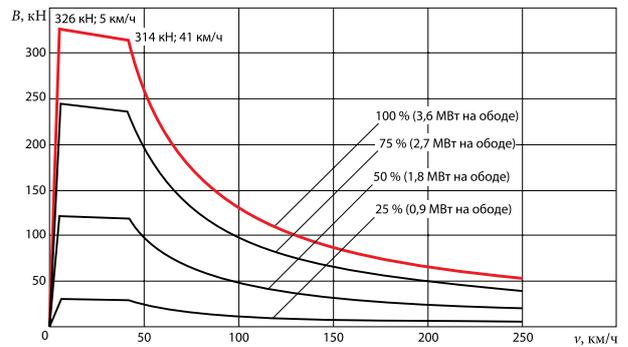


Рис. 9. График тормозного усилия (реостатный) для одно- и двухсистемных поездов

СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Силовое оборудование спроектировано для работы от контактной сети 25 кВ / 50 Гц переменного тока и 3 кВ постоянного тока. Обе системы напряжения полностью электрически независимы друг от друга и установлены на четырех вагонах двухсистемного поезда из десяти.

Система переменного тока электропоезда оснащена двумя токоприемниками, каждый из которых установлен на вагоне с трансформатором. Они связаны между собой через крышевую проводку. В обычном режиме движение осуществляется только с одним поднятым токоприемником. Крышевая проводка разветвляется за главным вакуумным выключателем и в случае неисправности защищена главными выключателями.

Система постоянного тока оснащена четырьмя токоприемниками. Они попарно размещены на дроссельных вагонах. В обычном режиме движение происходит при двух поднятых токоприемниках. Энергоснабжение двух частей поезда происходит раздельно, то есть между силовым оборудованием дроссельных вагонов отсутствует высоковольтная проводка, передающая мощность.

Поскольку в системе переменного тока обе части поезда электрически связаны между собой, то в случае отказа или пожара гарантировано сохранение способности электропоезда к движению, поскольку электрика затронутой части поезда отсоединяется посредством крышевого разъединителя. В системе постоянного тока при отказе одного токоприемника можно использовать второй, установленный на том же вагоне.

Токоприемники

Сеть переменного тока

На поезде Velaro RUS используются токоприемники типа SSS400+ (рис. 10), принадлежащие к семейству токоприемников компаний Siemens/Schunk, которые можно использовать до 400 км/ч и выше. Именно к токоприемникам при высокоскоростном движении предъявляются особенно высокие требования по динамическим и аэродинамическим свойствам.

Длина полоза адаптирована к имеющимся российским условиям и составляет 1950 мм. Токоприемник может использоваться в обоих направлениях движения.

Сеть постоянного тока

При работе от постоянного тока применяется токоприемник SSS87 с контактными вставками для постоянного тока. Этот токоприемник уже многие годы успешно используется на высоко-



Рис. 10. Токоприемник типа SSS400+

скоростном поезде ICE® T, BR 411/415. Длина полоза составляет 2000 мм.

Главный выключатель

Для работы в системе переменного тока используется разработанный фирмой Secheron вакуумный главный выключатель, имеющий обозначение MACS (рис. 11). Данный выключатель приводится в действие не с помощью сжатого воздуха, а имеет собственный электрический привод.

MACS является усовершенствованной формой успешно используемого на протяжении многих лет главного выключателя BVAC. Максимальная отключающая способность составляет 18 кА. В связи с необходимостью использования при температуре до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в главный выключатель интегрирован обогрев.

В системе 3 кВ сети постоянного тока используется главный выключатель UR 26 фирмы Secheron.

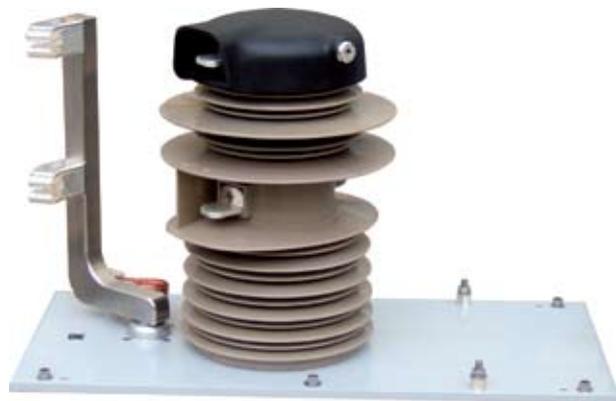


Рис. 11. Главный выключатель переменного тока MACS фирмы Secheron

Главный трансформатор

Для работы в сети 25 кВ переменного тока / 50 Гц поезд Velaro RUS имеет в распоряжении два главных трансформатора (рис. 12), установленных в подвагонном пространстве вагонов MW T. Трансформатор, имея расчетную мощность 5460 кВт, рассчитан на эксплуатацию поезда с максимальной скоростью 300 км/ч.

На вторичной стороне у трансформатора имеются четыре тяговые обмотки в 1550 В / 1300 кВА каждая и одна обмотка обогрева в 2990 В / 260 кВА.



Рис. 12. Главный трансформатор

Индуктивность рассеивания трансформатора спроектирована так, что предельные значения для тока помех соблюдаются без дополнительных сетевых фильтров.

Охлаждающая установка и трансформатор жестко закреплены вместе в общей несущей раме, которая упруго подвешивается к вагону.

Охлаждающая установка состоит из теплообменника, грязеотделительной решетки и двух вентиляторов с переключающимися полюсами. С помощью переключения полюсов, а также подключения и отключения отдельных вентиляторов поддерживается низкий уровень шума и обеспечивается возможность регулирования уровня охлаждения в зимний период в зависимости от потребности. В качестве охлаждающей жидкости используется минеральное масло, обладающее высокой вязкостью при температуре -50°C .

Контроль работы трансформатора осуществляется с помощью электрической дифференциальной защиты, контроля циркуляции масла и регистрации температуры. Кроме того, установленное между трансформатором и уравнительным масляным резервуаром реле Бухгольца реагирует на скопление газа, потерю масла, а также на сильные масляные потоки.

Сетевой фильтр постоянного тока

С целью соблюдения требований к допустимому образованию тока помех, а также к входному сопротивлению в режиме постоянного напряжения применяются сетевые фильтры. Каждый тяговый преобразователь имеет собственный фильтр.

Особое требование при расчете фильтра представляет минимизация противодействия в низкочастотном диапазоне 25 Гц и 50 Гц. Оба магнитно разделенных между собой дросселя со стержневым магнитопроводом рассчитаны на номинальный ток 740 А и размещены в отдельном, интенсивно вентилируемом контейнере в подвагонном пространстве вагона DR T. Входящие в комплект конденсаторы фильтра находятся в тяговом преобразователе и используются при режиме эксплуатации от переменного тока в качестве конденсаторов поглощающего контура или дополнительных конденсаторов промежуточного контура.

Тяговый преобразователь

Четыре преобразователя (рис. 13) размещены в подвагонных пространствах вагонов SR B и SR T. Тяговый блок состоит из двух четырехквadrантных регуляторов (4QS), промежуточного контура напряжения, импульсного инвертора (PWR), тормозного регулятора и поглощающего контура.



Рис. 13. Тяговый преобразователь

В качестве силовых полупроводников применяются 6,5 кВ биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) в многократно используемых, охлаждаемых водой фазовых элементах, которые обеспечивают компактность преобразователя при небольшом весе. Управление преобразователем и его регулировку осуществляет блок управления приводом (БУП), относящийся к новейшему поколению приборов семейства Sibas® 32 [2].

Привод

Поезд Velaro RUS содержит в общей сложности 16 узлов привода, которые состоят из тягового двигателя, муфты и редуктора (рис. 14). На каждую колесную пару моторной тележки

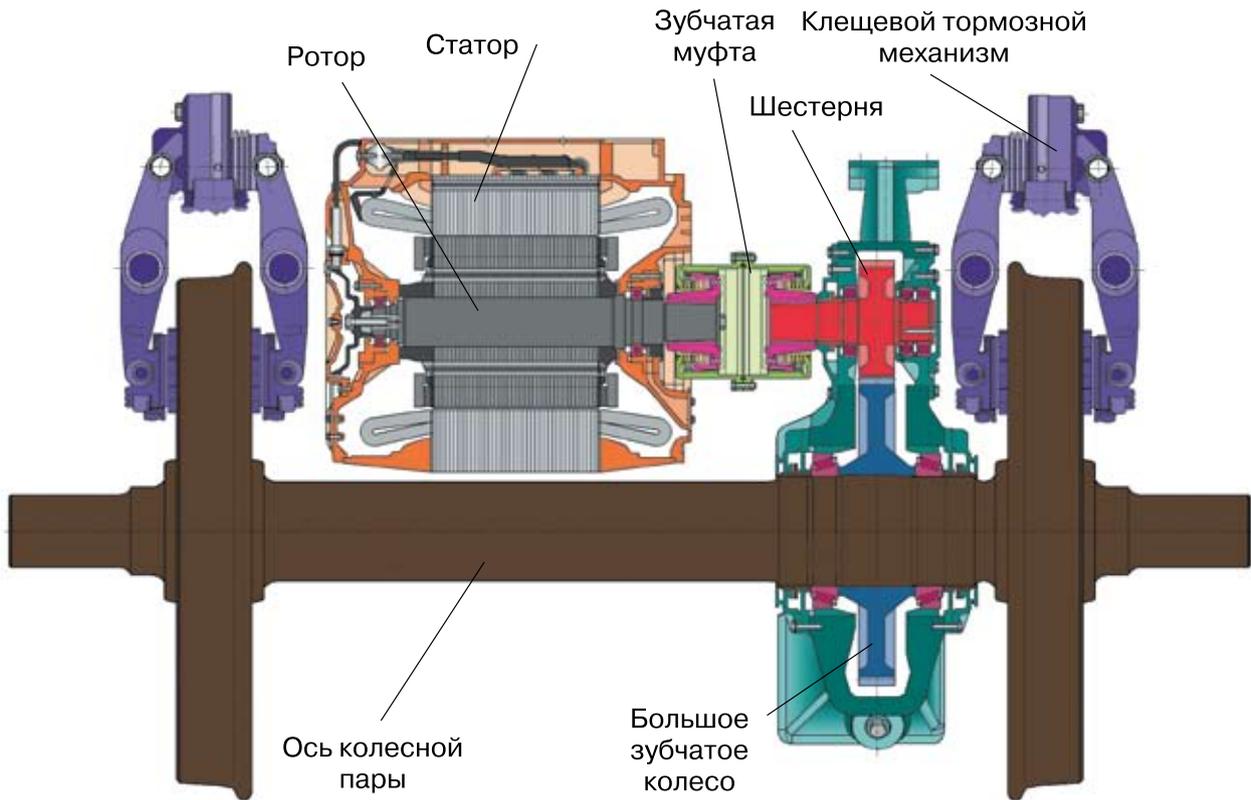


Рис. 14. Схема узла привода

приходится один тяговый двигатель. Тяговые двигатели закреплены на несущих балках моторных тележек, оси двигателей расположены параллельно осям колесных пар. Несущие балки имеют поперечно- и крутильно-упругую развязку, что позволяет уменьшить неподдресоренную массу, повысить плавность хода, снизить нагрузки на верхнее строение пути.

Тяговый двигатель выполнен в виде четырехполюсного трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, вал ротора имеет пакет сердечника с роторными стержнями, которые на концах соединены короткозамкнутыми кольцами. Расчетная мощность тягового двигателя 510 кВт.

Оба двигателя, установленные в тележке, с помощью общего вентилятора обдуваются необходимым объемом воздуха. Вентилятор соответствующего размера размещен в подвагонном пространстве, в защитном поддоне, и забирает воздух из защитного поддона. Воздух проходит через вентилятор, направляется по встроенным в днище вагона каналам и поступает к тележке.

Возникающие в процессе эксплуатации смещения вала тягового двигателя и редуктора компенсируются зубчатой муфтой с бочкообразными зубьями. С учетом максимально допустимого числа оборотов тягового двигателя для достижения максимальной скорости в 300 км/ч передаточное число редуктора выбрано равным 3,033.

Тормозное сопротивление

Поезд Velaro RUS имеет реостатный тормоз с суммарной мощностью на колесе 3600 кВт (рис. 9). Она необходима только тогда, когда невозможно использование электродинамического тормоза.

Два интенсивно вентилируемых тормозных сопротивления (рис. 15) монтируются в корпусе и размещаются на крыше вагона с аккумуляторной батареей. На каждый тяговый преобразователь приходится по одному тормозному сопротивлению.



Рис. 15. Тормозное сопротивление

Энергообеспечение собственных нужд

Вся бортовая сеть, то есть вспомогательное оборудование тяги, отопление, климатическая установка, освещение, производство сжатого воздуха и т. д., снабжаются от промежуточных контуров тягового преобразователя (рис. 16).



Таким образом, при работе от контактной сети постоянного или переменного тока исключается переключение энергообеспечения собственных нужд. При движении по нейтральным вставкам в контактной сети бортовая сеть может снабжаться путем подачи тяговыми двигателями электроэнергии в рекуперативном режиме.

Важным моментом является высокая готовность бортовой сети, особенно при температуре до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Энергообеспечение бортовой сети переменного тока происходит посредством двух обычных преобразователей собственных нужд (ПСН) и двух сдвоенных ПСН. Каждый ПСН имеет выходную мощность в 160 кВА. Таким образом, суммарная установленная мощность поезда составляет 960 кВА. При выходе из строя одного из ПСН бортовая сеть может эксплуатироваться дальше без потерь мощности, питающее напряжение составляет 440 В / 60 Гц трехфазного переменного тока.

Отопление снабжается частично из поездной сборной шины, а частично от контактной сети (постоянного тока), либо через обмотку обогревателя трансформатора (переменного тока).

Энергообеспечение собственных нужд 110 В постоянного тока с резервированием от аккумуляторной батареи для системы управления поездом происходит через два зарядных устройства аккумуляторных батарей, каждое по 60 кВт, питающихся через бортовую сеть переменного тока.

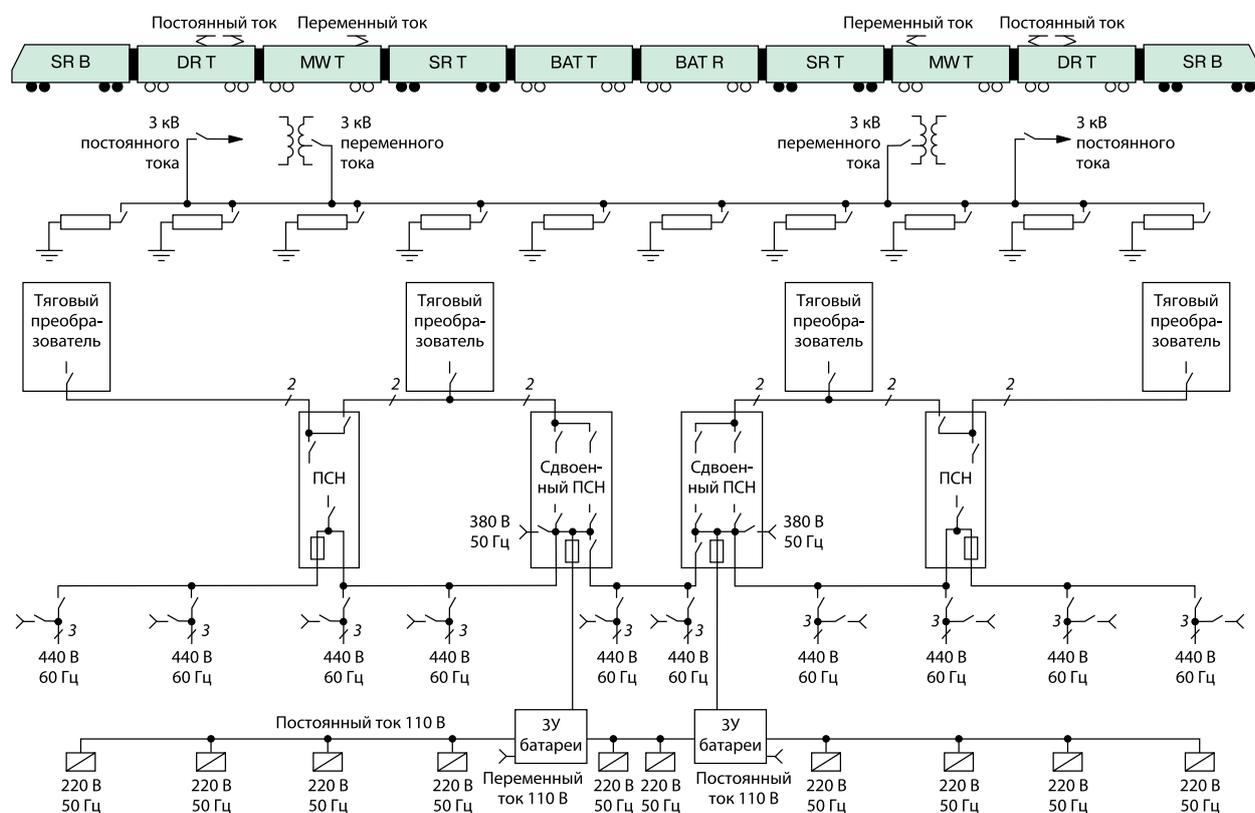


Рис. 16. Функциональная схема энергообеспечения собственных нужд



Рис. 17. Преобразователь собственных нужд

Питание от внешнего источника происходит централизованно от обоих сдвоенных ПСН. Для увеличения мощности (отопление / климатическая установка) каждый вагон может по отдельности подключаться к источнику внешнего питания. Выходные напряжения шести ПСН синхронизированы и делают возможной разделительную сцепку и одновременное питание трехфазной поездной сборной шины.

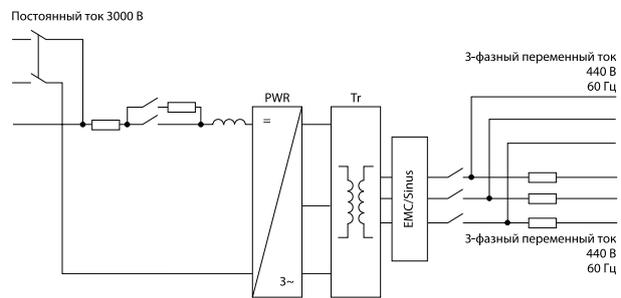


Рис. 18. Схема стандартного преобразователя собственных нужд

Преобразователь собственных нужд (ПСН)

ПСН поезда Velaro RUS выполнен по технологии IGBT с воздушным охлаждением (рис. 17), импульсный инвертор (PWR) питается непосредственно из тягового промежуточного контура. Мощная трехфазная поездная шина 440 В / 60 Гц снабжается посредством параллельной

работы всех шести PWR (импульсных инверторов), развязка по напряжению осуществляется посредством трехфазного трансформатора с синус- и ЭМС-фильтром на выходе. Каждый ПСН имеет собственное зарядное устройство и в случае неисправности может быть отключен, не влияя на другие ПСН и преобразователи (рис. 18). ■



ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ

ТЕХНИКА®

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

№1 (5) февраль 2009

Тема номера:

**Транспортное машиностроение:
ПОИСК УСТОЙЧИВОСТИ**

тенденции • аналитика • статистика