

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Бурдасов Б. К., Нестеров С. А.
ОАО «Конвертор», г. Саранск,
ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск,
тел. (8342) 29-06-05, E-mail: nesterov@mrsu.ru

Аннотация. В статье приведен обзор существующих систем электроснабжения пассажирских вагонов. Приведены требования к системам электроснабжения, описаны системы напряжения, используемые на железных дорогах России и ряда европейских стран, стандартизированные Международным союзом железных дорог. Приведен обзор схмотехнических решений и описаны компоненты системы электроснабжения пассажирского вагона, включая односистемные и многосистемные блоки электроснабжения на тиристорах и IGBT транзисторах.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, пассажирский вагон, электроснабжение, системы напряжения, блок электроснабжения EBV, тиристор, IGBT транзистор, аккумуляторная батарея.

Введение. Общие сведения о пассажирских вагонах

Пассажирский железнодорожный вагон предназначен для размещения пассажиров при их перевозке с обеспечением необходимых удобств в составе пассажирских поездов. Пассажирский вагон — основная часть пассажирского вагонного парка, в состав которого входят также вспомогательные вагоны пассажирского парка: вагоны-рестораны, багажные и почтовые вагоны. Пассажирский вагон по способу перемещения разделяются на следующие типы:

- *несамоходные* (вагоны локомотивной тяги), используемые в дальнем и межобластном сообщении, составляют основную часть (более 70 процентов) пассажирского парка.
- *самоходные*, являющиеся, как правило, составными единицами поездов постоянного формирования мотор-вагонного подвижного состава — электросекций и дизель-поездов.

В зависимости от дальности следования поездов в них используют различные пассажирские вагоны: спальные, купейные или плацкартные (открытого типа), с креслами или жёсткими местами для сидения.

Системы обеспечения жизнедеятельности пассажирского вагона включают:

- Внутреннее обустройство (интерьер). Предназначено для удобного размещения пассажиров и багажа в вагонах и создания необходимых условий для работы проводника. Внутреннее обустройство подразделяется на несъёмное, т. е. постоянно находящееся на вагоне (мебель, столики, поручни, ступеньки), и съёмное (постельные принадлежности, веники, коврики, пылесосы, вёдра).
- Системы безопасности: сигнализация утечек тока на корпус,
- Водоснабжение. Предназначено для обеспечения пассажиров питьевой водой, удовлетворения их бытовых нужд, пополнения системы отопления между заправками.
- Освещение: основное (люминесцентное), дежурное, служебное, аварийное (лампы накаливания).
- Система отопления. Предназначена для поддержания установленного температурного режима внутри вагона, вне зависимости от температуры окружающей среды и скорости движения воздуха. Кроме того, система отопления должна подогревать воздух, подаваемый в вентиляционную установку, обеспечивать подогрев воды в системе горячего водоснабжения, а также обогревать головки водоналивных и сливных труб.
- Вентиляция и кондиционирование воздуха. Предназначена для обеспечения необходимого воздухообмена и подпора воздуха в вагон, препятствующего проникновению пыли, а также неочищенного воздуха, зимой не подогретого, а летом - не охлаждённого через неплотности ограждения.

На пассажирских вагонах смонтировано следующее *оборудование*:

- Внутреннее
- Климатическое
- Санитарно-техническое

К *внутреннему оборудованию* пассажирского вагона относятся устройства, составляющие интерьер вагона и выполняющие его планировку в соответствии с назначением (перегородки между помещениями, облицовка стен, пола и потолка, места для лежания или сидения пассажиров, размещения багажа, а также окна, двери, различная арматура). Каждый пассажирский вагон имеет систему электроснабжения, обеспечивающую питание электроэнергией всех его потребителей (устройства отопления, освещения).

К *климатическим устройствам* пассажирского вагона относится комплекс оборудования — установки отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, необходимые для обеспечения в вагоне нормальных температурных условий и воздухообмена.

В *санитарно-техническое оборудование* пассажирского входят санитарные узлы и система водоснабжения.

Системы электроснабжения пассажирских вагонов

Существует четыре основные системы электроснабжения пассажирских вагонов, которые отличаются типом источника питания и способом подачи электроэнергии в вагон:

- автономная
- смешанная
- централизованная
- централизованная высоковольтная

Автономная система. Система распределения смонтирована на распределительном щите в служебном купе проводника. На вагонах с автономной системой электроснабжения имеется полный комплект устройств, необходимых для работы:

- источник питания
- потребители
- система распределения энергии.

Источник питания предназначен для получения электрической энергии. На пассажирском вагоне имеется как минимум два источника питания:

- аккумуляторная батарея
- генератор постоянного тока.

При движении питание производится от генератора. Вал генератора приводится во вращение с помощью механической передачи, которая называется приводом генератора. У большинства пассажирских вагонов генератор начинает работать на скорости около 35 км/ч. Если скорость движения меньше, то питание осуществляется от аккумуляторной батареи. В качестве генераторов используют следующие виды электрических машин:

- генераторы постоянного тока (на более старых вагонах)
- генераторы переменного тока

Мощность любого генератора составляет примерно:

- 8 – 12 киловатт для вагонов без кондиционера
- 32 киловатта для вагонов с кондиционером (приводом генератора является редуктор от средней части оси колесной пары)

Если скорость движения поезда мала или он не движется, то напряжение на выходе генератора равно нулю. Если поезд движется с высокой скоростью, то напряжения генератора становится выше ЭДС аккумуляторной батареи. При этом ток в аккумуляторной батарее меняет направление и она становится одним из потребителей (накапливает электрическую энергию). Обратный диод предотвращает разряд аккумулятора через обмотку неработающего генератора, когда поезд не движется.

При автономной системе электроснабжения номинальное напряжение составляет:

- 52 В для вагонов без кондиционирования

- 110 В для вагонов с кондиционированием

Автономная система с генератором переменного тока. Генератор переменного тока подключается к аккумуляторной батарее через трёхфазный выпрямитель. Все потребители рассчитаны на постоянный ток, как и в предыдущей системе.

Смешанная система электроснабжения. При смешанной системе электроснабжения у пассажирского вагона имеются все те источники питания, что и при автономной. Дополнительно к ним имеется подвагонная высоковольтная магистраль, по которой высокое напряжение (3000 вольт) подаётся от электровоза, если поезд следует по электрифицированному участку. 3000 вольт на каждом вагоне используют только для питания комбинированного отопления. ТЭНы, расположенные в отопительном котле, при подключении к ним напряжения 3000 вольт нагреваются и нагревают теплоноситель (вода, тосол). Теплоноситель циркулирует по отопительным трубам и отапливает вагон.

На вагонах со смешанной системой электроснабжения имеется два рабочих напряжения:

- низкое (54/110 В)
- высокое (3000 В)

Централизованная система электроснабжения с вагоном-электростанцией. При такой системе электроснабжения подвагонные генераторы с приводом от колёсной пары не устанавливаются. На вагонах имеется только аккумуляторная батарея небольшой ёмкости. Чтобы заряжать аккумулятор, в состав поезда включают специальный вагон, не предназначенный для перевозки пассажиров. Этот вагон называют вагон-электростанция. Внутри находятся мощные генераторные установки. Энергии, вырабатываемой этими генераторами, достаточно для питания всех вагонов поезда.

Вагоны-электростанции бывают мотор-генераторными и дизель-генераторными. Мотор-генераторные электростанции работают в составе скоростного поезда «Аврора».

Для подачи электроэнергии от вагона-электростанции к каждому вагону на таких поездах предусматривается подвагонная магистраль с напряжением 380 вольт.

Централизованная высоковольтная система питания. Такая система используется на поездах «Невский экспресс», «Красная стрела», «Столичный экспресс» и «Сапсан». При такой системе вместо генератора под вагоном установлен специальный блок электроснабжения (БЭВ), состоящий из электронных преобразователей. Питание 3000 вольт, поступающее от электровоза, преобразуется в переменный ток и понижается до необходимого уровня, а затем используется для питания потребителей.

Обзор схемотехнических решений

Применение в пассажирских вагонах электрических компонентов оборудования началось в конце XIX в. Основной задачей в тот период было обеспечение электрического освещения в вагонах. Реализованные решения, использовавшиеся многие десятилетия, основывались на применении электрического генератора с приводом от колесной пары и аккумуляторных батарей. С развитием электрификации железных дорог появилась возможность применения в вагонах электрического отопления. Для этого в поезде предусматривалась сборная электрическая шина, напряжение в которую подавалось от локомотива. Учитывая исторически сложившиеся условия, МСЖД установил для стран Европы три вида напряжения, используемого для питания систем отопления вагонов. В соответствии с этим вагоны оснащались электромеханическими переключающими устройствами для перевода системы отопления на нужное напряжение.

В начале 1970-х годов в связи с ростом требований пассажиров к уровню комфорта вагоны стали оборудовать установками кондиционирования воздуха. Мощность применявшихся генераторов в большинстве случаев была недостаточной для питания этих установок. Исключение представляли генераторы вагонов, которые поставляла бывшая компания Deutsche Waggonbau в Россию. Их мощность достигала 50 кВ·А. Это решение, однако, не

было оптимальным, так как потребляемая в вагонах мощность постоянно растет, а генераторы к тому же вырабатывают электрическую энергию только во время движения поезда. В связи с этим дальнейшие разработки базировались исключительно на системе питания электрических устройств вагонов от поездной сборной шины. В соответствии с уровнем техники того периода все потребители подключались через трансформаторы, статические зарядные устройства и инверторы малой мощности. В установках кондиционирования воздуха для привода компрессоров применялись сдвоенные двигатели постоянного тока. Некоторые из этих компонентов в процессе эксплуатации проявили себя как неэффективные, особенно в отношении эксплуатационных расходов. Так, инверторы работали на пределе мощности, а двигатели постоянного тока требовали частых осмотров с заменой угольных щеток.

Развитие силовой электроники в конце XX в. позволило создать мощные статические преобразователи, пригодные для эксплуатации на подвижном составе.

Особые требования к системам электроснабжения

Устройства электроснабжения пассажирских вагонов значительно проще по сравнению со вспомогательными агрегатами и компонентами локомотивов и мотор-вагонных поездов. Наиболее мощными потребителями в вагонах являются система отопления и холодильный агрегат установки кондиционирования воздуха. За счет их общая потребляемая мощность вагона может составлять 50 – 100 кВт·А.

В отношении вагонных систем электроснабжения существуют следующие особые требования, которые в наибольшей степени касаются вагонов, используемых в международных сообщениях:

- автоматическое переключение на любое из стандартных напряжений поездной шины;
- возможность работы в поездах с тепловозной тягой;
- соответствие нагрузочной способности требованиям Международного союза железных дорог (МСЖД);
- обеспечение диапазона высших гармоник и величины импеданса соединительной линии, нормированных документом МСЖД 550, и наличие линии дистанционного управления, предусмотренной документом МСЖД 558.

Питающее напряжение.

В пассажирских поездах, обращающихся только на сети Германии, используются вагоны с системой электроснабжения, рассчитанной только на одно напряжение. Это же можно сказать и о поездах, обращающихся на внутренних линиях железных дорог Австрии и Швейцарии. Речь идет о напряжении 1000 В переменного тока частотой 16,7 Гц. В поездах с тепловозной тягой в поездную шину может подаваться напряжение 1000 В частотой 22 Гц. Установки электроснабжения вагонов, используемых в международных сообщениях, должны работать на разных системах напряжения. В табл. 1 приведены системы, стандартизированные МСЖД для использования в ряде стран Европы. Напряжения этих систем на линиях переменного тока подаются в сборную поездную шину от главного трансформатора локомотива, а на линиях постоянного тока — непосредственно от контактной сети.

Таблица 1

Системы напряжения, стандартизированные документом МСЖД 550		
Страны	Напряжение, В	Частота, Гц
<i>Переменный ток</i>		
Германия, Швейцария, Австрия, Норвегия, Швеция	1000	16,7; 50
Франция, Испания, Дания, Венгрия, Румыния	1500	50
<i>Постоянный ток</i>		
Нидерланды	1500	
Италия, Польша, Словения, часть сети Чехии и Словакии	3000	

Кроме указанных в таблице четырех систем напряжения, стандартизированных МСЖД, существует еще система 3000 В переменного тока частотой 50 Гц. Она используется

в Чехии и Словакии, а также в большинстве стран бывшего СССР. Это напряжение подается с трансформатора локомотива в сборную шину вагона.

В эксплуатации, как правило, имеется необходимость предварительного обогрева вагона в зимнее время и охлаждения в летнее. Для этого используется питание от стационарных железнодорожных систем или от сетей электроснабжения общего пользования. На сетях многих железнодорожных компаний для этой цели существуют специальные установки, обеспечивающие подачу напряжения 1000 В однофазного переменного тока частотой 50 Гц или трехфазного 400 В, 50 Гц. Для подключения трехфазной системы тока в нижней части боковой стенки пассажирских вагонов имеется специальный разъем. Особые требования существуют для системы питания вагонов от тепловоза. Здесь нормируются не только напряжение и частота, но также и форма кривой напряжения:

- напряжение 1000 В переменного тока частотой 16,7 Гц — форма кривой от синусоидальной до прямоугольной согласно документу МСЖД 626;
- 1500 В переменного тока частотой 50 Гц — от синусоидальной до прямоугольной формы кривой согласно документу МСЖД 626;
- 1000 В переменного тока частотой 22 Гц — от синусоидальной до прямоугольной в поездах на тепловозной тяге в Германии.

Поскольку на тепловозах электрическая энергия для питания вагонов не может вырабатываться главным генератором, здесь в основном используются статические преобразователи. В связи с этим в поездную шину подается напряжение, кривая которого может иметь не только синусоидальную форму, но также трапецеидальную и прямоугольную. Частота при этом остается стабильной. Указанная форма кривых имеет особое значение для процессов регулирования входных цепей системы электроснабжения вагонов.

Компоненты системы электроснабжения пассажирского вагона

Основные компоненты системы электроснабжения вагона показаны на рис. 1. Это сборная поездная шина (а), выключатель с устройством заземления (б), блок электроснабжения (в), аккумуляторная батарея и панель с предохранителями (г), распределительный шкаф (д). Виды нагрузки в вагонах разных типов отличаются незначительно. Наибольшие отличия имеют место в таких специализированных вагонах, как вагон-ресторан из-за наличия кухни или спальня вагон, где имеются сервисное купе и нередко душ.

Выключатель с заземляющим устройством. Этот выключатель служит для надежного отделения электрического оборудования вагона от сборной поездной шины и заземления этого оборудования. Использование этого компонента, обеспечивающего безопасность персонала и пассажиров, предписано МСЖД. Он может быть исполнен в двух вариантах:

- выключатель смонтирован в отдельном кожухе вне контейнера с устройствами системы электроснабжения;
- выключатель интегрирован в общий контейнер системы электроснабжения вагона.

Второй вариант исполнения предпочтительнее, так как в этом случае уменьшаются общий объем и масса системы электроснабжения, улучшаются условия технического обслуживания. Такой выключатель может иметь многосистемное исполнение.

Блок электроснабжения. Блок электроснабжения (EVB) преобразует напряжение сборной шины в другие виды напряжения, которые необходимы для питания вагонных нагрузок. В этом блоке также осуществляется преобразование частоты. От него в первую очередь получают питание не требующие ухода экономичные асинхронные двигатели, используемые в установках кондиционирования воздуха, и агрегаты для зарядки аккумуляторных батарей. Кроме того, от этого блока может получать питание пониженным напряжением система отопления. Благодаря этому имеется возможность отказаться от опасных в эксплуатации отопительных регистров, питаемых высоким напряжением.

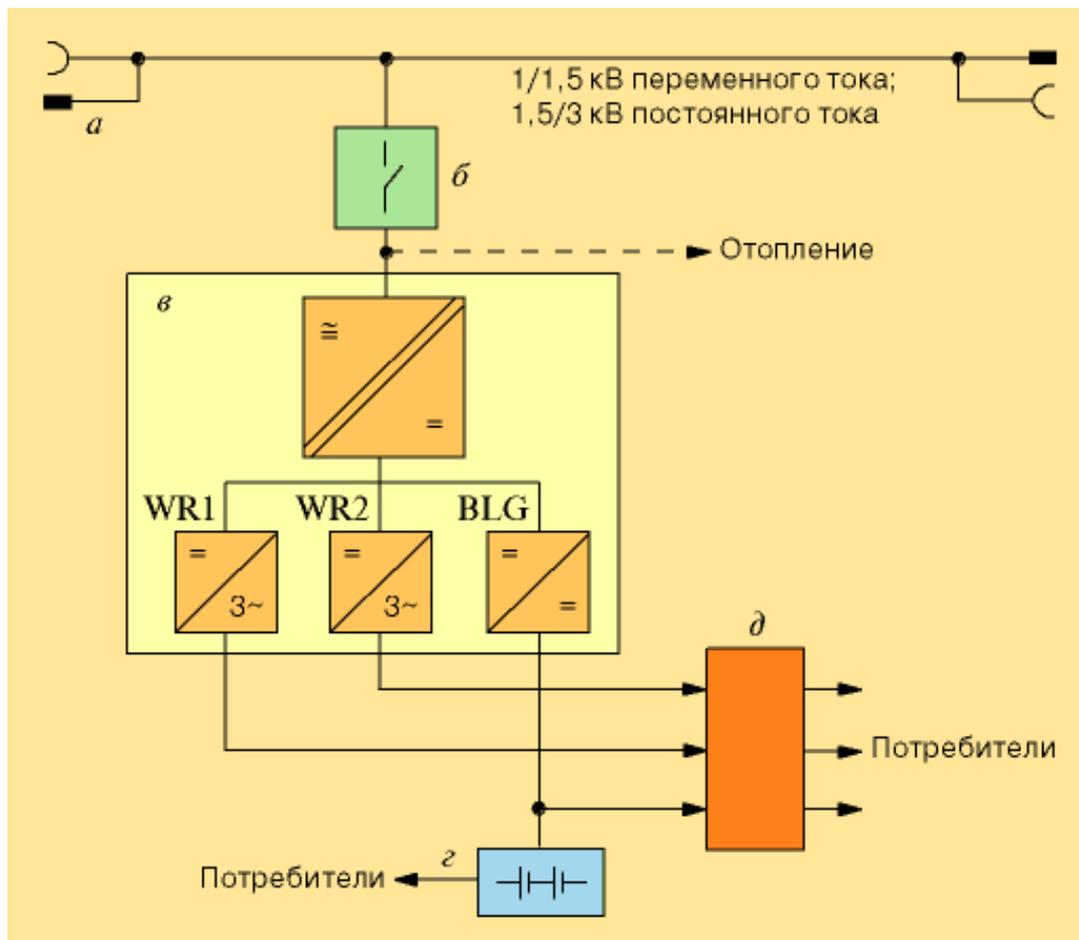


Рис. 1. Функциональная схема устройства электроснабжения пассажирского вагона: *а* — поездная шина электроснабжения; *б* — выключатель с заземляющим устройством; *в* — блок электроснабжения *EVВ*; *г* — потребители постоянного тока; *д* — потребители переменного тока.

Таблица 2

Мощность, потребляемая в пассажирском вагоне	
Установка кондиционирования воздуха и электрическое отопление, кВ·А	30 – 50
Кухня, кВ·А	10 – 30
Подогрев воды, кВт	1,5 – 20
Зарядный агрегат, кВт	6 – 12
Магнитно-рельсовый тормоз, кВт	4,8
Освещение, кВт	1 – 2

В современных пассажирских вагонах используется напряжение переменного тока двух видов — фиксированной и регулируемой частоты. Последнее применяется для питания приводных двигателей отдельных компонентов установки кондиционирования, частота вращения которых должна регулироваться. Это достигается изменением частоты питающего напряжения. Предпочтение отдается трехфазной системе с фиксированными значениями напряжения (400 В) и частоты (50 Гц) или регулируемым напряжением (U) и частотой (f) с постоянной величиной соотношения U/f . В табл. 3 приведены основные системы напряжения, используемые в пассажирских вагонах.

Потребители постоянного тока получают питание в основном напряжением 24 и 110 вольт. В некоторых странах применяют другие напряжения постоянного тока, например 36 В в Швейцарии, 50 В в России.

Таблица 3

Системы напряжения, применяющиеся в пассажирских вагонах		
Потребитель	Система напряжения	Особенности
Компрессор холодильной установки, вентиляторы	Переменного тока, трехфазная	Регулируемой или фиксированной частоты
Основное и вспомогательное отопление	Переменного тока, одно- или трехфазная	Альтернатива сборной поездной шине
Приточный вентилятор	Переменного тока, трехфазная	Резервирован аккумуляторными батареями
Вентилятор защиты от перепадов давления	то же	
Холодильники в буфете или вагоне-ресторане	Переменного тока, одно- или трехфазная	
Прочее кухонное оборудование	то же	Частично резервировано батареями
Подогрев воды в специализированных вагонах	Переменного или постоянного тока	Душ в спальном вагоне
Потребители постоянного тока, аккумуляторные батареи	24 или 110 В постоянного тока	

Тиристорный блок электроснабжения (EVВ). Технические решения для блока EVВ, найденные в 1970-х и 1980-х годах, легли в основу современных установок. В то время для питания потребителей переменного тока в основном использовали трансформаторы сетевой частоты, а для потребителей постоянного тока — статические преобразователи на тиристорах. Такие преобразователи применялись как при постоянном, так и при переменном напряжении в сборной поездной шине. Выходные преобразователи, например трехфазные инверторы для питания холодильного агрегата системы кондиционирования воздуха и для зарядного агрегата, также были построены на базе тиристорной техники. Дальнейшее развитие силовой электроники позволило заменить обычные тиристоры запираемыми (GTO). Для регулирования устройств силовой электроники использовались аналоговые схемы. В конце 1980-х годов системы управления стали строить на базе микропроцессорных компонентов. С этого момента в Германии и Австрии началось широкое внедрение статических преобразователей на базе тиристоров GTO для блоков EVВ вагонных систем электроснабжения.

Блок EVВ на базе транзисторов IGBT. С появлением биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) компания Siemens в 1993 г. начала разработку EVВ на базе этих новейших компонентов силовой электроники. Так, для Федеральных железных дорог Австрии (ÖBB) компания разработала и изготовила 59 новых блоков EVВ (рис. 2), которыми были оснащены пассажирские вагоны серии IC Modular. Разделение потенциалов здесь, как и в предыдущих решениях, реализовано с помощью трансформатора сетевой частоты.

Входной преобразователь представляет собой четырехквadrантный регулятор (4QS) на транзисторах IGBT. Выходные преобразователи (трехфазный инвертор и зарядный агрегат) также построены на базе IGBT и получают регулируемое напряжение питания от входного регулятора 4QS.

Многосистемный блок EVВ на транзисторах IGBT. В начале 1990-х годов компанией Siemens был создан блок EVВ, который отличался от предыдущего тем, что был рассчитан на питающее напряжение четырех видов. Во входном звене, представляющем собой высоковольтный преобразователь (рис. 3), в качестве элементной базы также использованы IGBT. Для разделения потенциалов здесь вместо обычного трансформатора применен высокочастотный трансформатор.

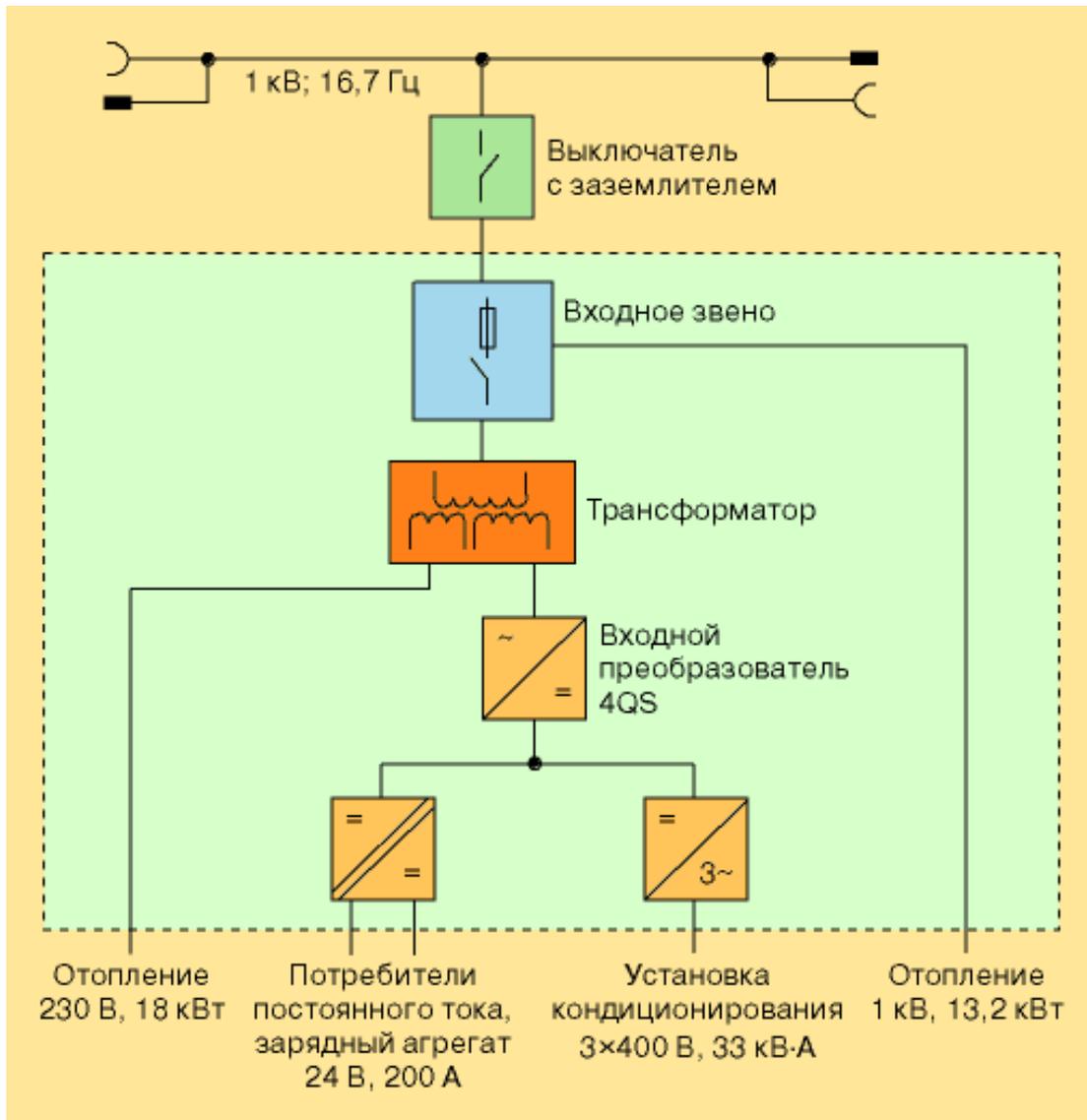


Рис. 2. Функциональная схема блока EVB для вагона IC Modular.

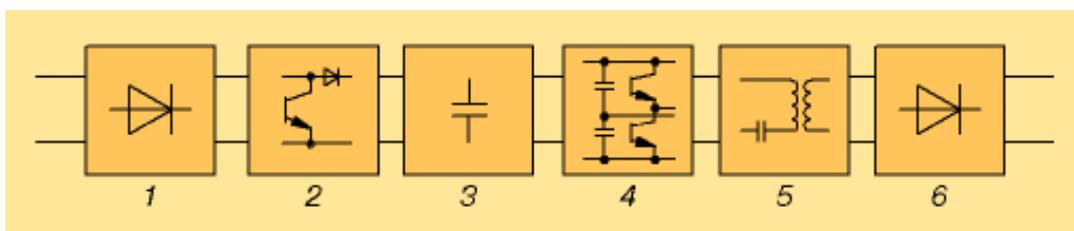


Рис. 3. Функциональная схема высоковольтного преобразователя: 1 — входной выпрямитель; 2 — регулятор; 3 — батарея конденсаторов промежуточного звена постоянного напряжения; 4 — инвертор; 5 — трансформатор повышенной частоты; 6 — выходной выпрямитель.

Благодаря технике IGBT и высокочастотному трансформатору массу блока EVB удалось уменьшить на 40 % по сравнению с односистемным EVB предыдущей разработки. При этом объем стал меньше на 60 %, а коэффициент мощности возрос с 0,88 до 0,95 и выше. Благодаря размещению звена, разделяющего потенциалы, во входном высоковольтном преобразователе удалось с минимальными затратами реализовать блок EVB с шестью выходными преобразователями. В середине 1990-х годов четырехсистемный EVB был опробован в системе электроснабжения пассажирского вагона серии Vmz железных дорог Германии (DBAG). В табл. 4 приведены сравнительные характеристики блоков EVB для вагонов IC Modular и Vmz.

Таблица 4

Технические данные блоков EVB для вагонов серий IC Modular и Bvmz		
Параметр	IC Modular	Bvmz
Входное напряжение, В/Гц	1000/16,7 и 50	1000/16,7 и 50; 1500/50; 1500 и 3000 постоянного тока
Номинальная мощность, кВ·А	42	45
Коэффициент мощности	Более 0,98	
Общий КПД	Более 0,9	Более 0,91
Эксплуатационный диапазон температур, °С	От – 25° до + 40°	
Размещение	Под кузовом	
Охлаждение	Принудительное воздушное	
Масса, кг	2100	1300
Размер, мм	2400×2510×615	2020×2380×615

Модульная система. Блоки EVB представляют собой модульные системы, включающие в себя:

- входные преобразователи, питаемые переменным или постоянным током, а также одно-, двух- или многосистемные;
- одно- или трехфазные инверторы различной мощности;
- зарядные агрегаты с разными системами выходного напряжения и разной мощностью;
- микропроцессорные системы управления с интерфейсами RS232 и MMS, связанные с поездной информационной шиной MVB;
- устройства аварийного запуска для включения установки при глубоком разряде или отсутствии аккумуляторной батареи;
- компоненты для обеспечения работы системы с питанием от стационарной сети;
- программные продукты SIBMON для диагностики и визуализации.

Модульная система снижает затраты и покрывает потребность не только в блоках EVB для пассажирских вагонов всех серий, но также и во вспомогательных преобразователях для мотор-вагонных поездов, электровозов, тепловозов и вагонов трамвая. Устройства электроснабжения, базирующиеся на модульных системах, компания Siemens поставляет под торговой маркой SIBEST.

В табл. 5 в хронологическом порядке приведены данные о блоках EVB, поставленных компанией Siemens на железные дороги разных стран. В 2002 г. система была оптимизирована с учетом пожеланий заказчиков. Для ÖBB в рамках обновления парка пассажирских вагонов потребовался четырехсистемный EVB с высокой степенью резервирования. Компания Siemens разработала такой блок и начала его выпускать в 2003 г. (рис. 4). Контрактом предусмотрена поставка 258 ед. четырехсистемных EVB мощностью 51 кВ·А. В новых вагонах ÖBB, для которых предназначен этот блок, принцип резервируемости предусмотрен не только для EVB, но и для установки кондиционирования воздуха.

Таблица 5

Поставки блоков EVB на железные дороги некоторых стран			
Вид EVB	Объем поставки, ед.	Мощность, кВ·А	Железнодорожная компания
Односистемный	59	42	Железные дороги Австрии (ÖBB)
	334	70	ICE2 для DBAG
Пятисистемный	35	51	Железные дороги Чехии (CD)
Четырехсистемный SIBEST	2	51	Железные дороги Хорватии (HZ)
	7		Железные дороги Словении (SZ)
Двухсистемный	36	70	Российские железные дороги (RZD)
Односистемный SIBEST	280	54–74	Железные дороги Греции (OSE)
Четырехсистемный SIBEST	42	80	Немецкие ж.д. (DBAG), спальный вагон
	258	51	Железные дороги Австрии (ÖBB)
Пятисистемный SIBEST	26	51	Железные дороги Чехии (CD)

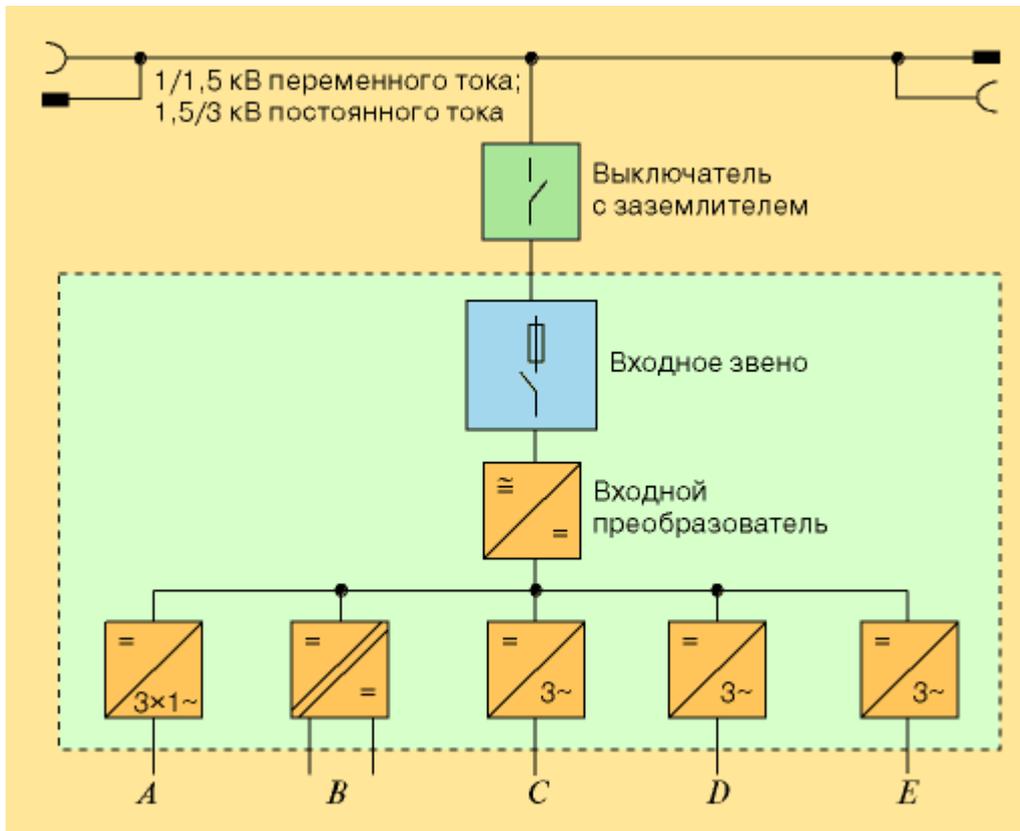


Рис. 4. Схема четырехсистемного EVB для вагона серии Vmz: A — основное и дополнительное отопление: напряжение 230 В переменного трехфазного тока, мощность 30 кВ·А; B — потребители постоянного тока, зарядный агрегат: 24 В; C — холодильный агрегат: 400 В трехфазного тока, мощность 30 кВ·А; D — вентиляторы системы кондиционирования воздуха: 230 В трехфазного тока, мощность 4 кВ·А; E — вентиляторы защиты от перепадов давления: 400 В трехфазного тока, мощность 33 кВ·А

Особенности блоков EVB.

При разработке устройств электроснабжения пассажирских вагонов учитываются существующие стандарты и рекомендации, а также пожелания компаний-перевозчиков и пассажиров. В рамках допуска многосистемного блока EVB к эксплуатации проведены испытания, позволившие определить субъективное восприятие уровня шума, излучаемого этим блоком. Причиной возникновения этого шума было взаимодействие тактовой частоты тиристорных IGBT с электромагнитными компонентами. Проведенная оптимизация позволила снизить разницу уровней боковых частот 3,15 кГц с 18 до 4 дБ. Тем самым была устранена причина возникновения доминирующей составляющей шума, имевшей характер свиста. На рис. 6 показаны уровни шума, генерированного многосистемным EVB до оптимизации и после нее.

Аккумуляторная батарея

Вагонная аккумуляторная батарея обеспечивает питание потребителей, связанных с обеспечением безопасности, а также устройств, предназначенных для создания комфортных условий в пассажирских салонах. Однако без зарядки батареи могут обеспечивать питание лишь ограниченное время, зависящее от емкости батарей. Тип исполнения аккумуляторов, как правило, зависит от пожеланий заказчика. Обычно применяются батареи:

- никель-кадмиевые.
- свинцовые с жидким или гелевым электролитом;

Напряжение батарей может быть различным. Чаще всего используют аккумуляторные батареи напряжением 24 В. В то же время в Австрии принято напряжение 36 В, в России —

110 В. Энергия, на которую может быть рассчитана батарея, зависит от величины нагрузки. Так, батарея емкостью 400 А·ч напряжением 24 В может накопить энергию $400 \cdot 24 = 35$ МДж. Такую батарею заряжают током равным $0,1C$, где C – емкость десятичасового разряда аккумулятора. Это значит, что величина зарядного тока и емкость батареи находятся в соотношении 1/10, т. е. зарядный ток равен 40 А. Ток заряда никель-кадмиевых батарей может составлять величину порядка $0,2C$. Зарядный агрегат вагонной системы электроснабжения рассчитан на бóльшие токи — от 200 до 260 А, поскольку он должен обеспечить режим одновременного заряда разряженной аккумуляторной батареи и питание всех потребителей вагона, так называемой буферной нагрузки.

Выводы

Устройства электроснабжения пассажирских вагонов на сегодняшний день достигли такого уровня, при котором удовлетворяются все требования, предъявляемые к ним. Компоновка силовой части на базе IGBT транзисторов и применение модульного принципа конструирования позволяют создавать такое вагонное электрооборудование, которое можно размещать в шкафах, а также в контейнерах для установки под кузовом или на крыше. В ближайшем будущем ожидается появление новых элементов силовой электроники, которые обеспечат существенный прогресс в области стандартизации, повышения надежности, углубленной диагностики и упрощения технического обслуживания систем электроснабжения пассажирских вагонов.

Литература

1. Электротранспорт : справочник / Под ред. Е. Г. Акимова. – М.: Ай-Би-Тех, 2005. – 332 с.
 2. Гомола Г. Г., Корольков В. А. Централизованное электроснабжение пассажирских поездов: современное состояние и перспективы // Вестник ВНИИЖТ. – 1997. – № 2. – С. 41–47.
 3. Транспорт электрифицированный с питанием от контактной сети. Ряд напряжений : ГОСТ 6962–75. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 3 с.
 4. Elektrische Energieversorgung für Wagen der Reiszugwagenbauart : UIC 550 // UIC Codex, 1969. – S. 13.
- ГОСТ 6962–75. Транспорт электрифицированный с питанием от контактной сети. Ряд напряжений. – Взамен ГОСТ 7.53–86 ; введ. 1977–01–01. М.: Изд-во стандартов, 1976. – 8 с.