

ет 560 мм, т. е. на 30 мм ниже уровня края платформы. Велики также зазоры по ширине (известно, что зазоры между поездом и платформой в метрополитене Вены по ширине не превышают 100 мм, однако и здесь из-за них имели место несчастные случаи).

Особо большие зазоры возникают между краем платформы и вагонами поездов семейства Talent. Это обусловлено особенностями их конструкции. Поезда Talent могли бы выпускаться с наклоняемыми кузовами вагонов, однако в этом случае вагоны имели бы форму поперечного сечения, еще в большей степени приближенную к эллипсу. В результате этого зазор между вагоном и краем платформы увеличился бы еще сильнее.

Результаты измерения ускорений, развиваемых новым поездом, оказались хуже, чем ожидалось. Измерения проводились на порожнем поезде, а для населенного поезда выполнялись соответствующие расчеты.

Результаты измерения ускорений показали, что при разгоне до скорости 50 км/ч развивалось ускорение 0,755 м/с², до 80 км/ч — 0,705 м/с² и соответственно 100 км/ч — 0,596 м/с², 120 км/ч — 0,419 м/с² и 130 км/ч — 0,459 м/с².

Четырехвагонный населенный поезд серии 4024 по расчетам имел бы ускорение не более 0,375 м/с² при разгоне до максимальной скорости 130 км/ч.

Серьезной критике также подверглись слишком фактурная облицовка в некоторых внутренних помещениях поезда, неудобные и труднодоступные для мытья поверхности в кабине машиниста и туалете, а также слишком малое расстояние между сиденьями, не превышающее 500 мм.

Еще одним недостатком является уменьшенная ширина двери, которая из-за установки поручней

Результаты измерения зазоров между вагоном и краем платформы и разницы высот на трех станциях ÖBB

Флоридсдорф

Ширина зазора, мм 135 – 165
Разница высот, мм до 30

Ангери

Ширина зазора, мм 150 – 160
Разница высот, мм до 10

Дрозинг

Ширина зазора, мм 160 – 170
Разница высот, мм 10 – 35

составляет не 1300 мм, как планировалось, а только 1200 мм. Кроме того, во время испытательной поездки при наружной температуре +33 °С в вагонах с плотно закрытыми окнами не работала система кондиционирования воздуха.

Как оказалось, критические замечания органов надзора, переданные еще до начала строительства компании-изготовителю, не были учтены при выпуске документации. В связи с этим органы надзора в обязательном порядке проводили полную проверку поступающего подвижного состава этой серии.

Проверка пригодности поезда серии 4023 для пользования инвалидами на колясках показала, что, несмотря на низкий уровень пола в вагонах и высоту платформы 550 мм, въезд на коляске в тамбур без вспомогательного средства невозможен. Чтобы преодолеть относительно широкий зазор между краем платформы и полом вагона, выдвигают переходную площадку. Однако такое решение не имеет смысла в вагонах без проводника, так как в этом случае выдвинуть переходную площадку некому.

Eisenbahn, 2003, № 11, S. 522 – 523.

УДК 629.45.064.5

Системы электроснабжения пассажирских вагонов компании Siemens

Компания Siemens работает в области систем электроснабжения пассажирских вагонов уже более 100 лет. Целью этих разработок является создание устройств для преобразования и распределения электрической энергии в современных пассажирских вагонах в соответствии с последними научно-техническими достижениями в этой области.

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. Учитыв-

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	—

вая 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 поезда 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

Устройства электроснабжения пассажирских вагонов значительно проще по сравнению со вспомогательными агрегатами и компонентами локомотивов и моторвагонных 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 кВ·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 поезда шины;
- возможность работы в поездах с тепловозной тягой;
- соответствие нагрузочной способности требованиям 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 поезда шинную 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 поезда шинную от главного трансформатора локомотива, а на линиях постоянного тока — непосредственно от контактной сети.

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 шинную вагона.

В эксплуатации, как правило, имеется необходимость предварительного обогрева вагона в зимнее время и охлаждения в летнее. Для этого использует-

ся 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 согласно документу МСЖД 626;
- 1000 В переменного тока частотой 22 Гц — от синусоидальной до прямоугольной в поездах на теплово-зной 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 (з), 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

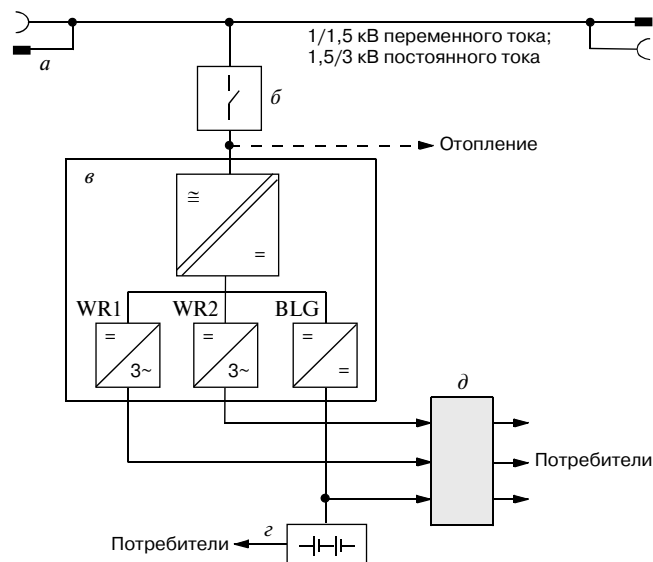


Рис. 1. Принципиальная схема устройства электроснабжения пассажирского вагона:

а — поездная шина электроснабжения; б — выключатель с заземляющим устройством; в — блок электроснабжения EVB; з — потребители постоянного тока; д — потребители переменного тока

безопасность персонала и пассажиров, предписано МСЖД. Он может быть исполнен в двух вариантах:

- смонтирован в отдельном кожухе вне контейнера с устройствами системы электроснабжения;
- 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.

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 регулиро-

Таблица 2

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		
Холодильники в буфете или вагоне-ресторане	Переменного тока, одно- или трехфазная	Частично резервировано батареями
Прочее кухонное оборудование		
Подогрев воды в специализированных вагонах	Переменного или постоянного тока	Душ в спальном вагоне
Потребители постоянного тока, аккумуляторные батареи	24 или 110 В постоянного тока	—

ваться. 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. 2 приведены основные системы напряжения, используемые в пассажирских вагонах.

Потребители постоянного тока получают питание в основном напряжением 24 и 110 В. В некоторых

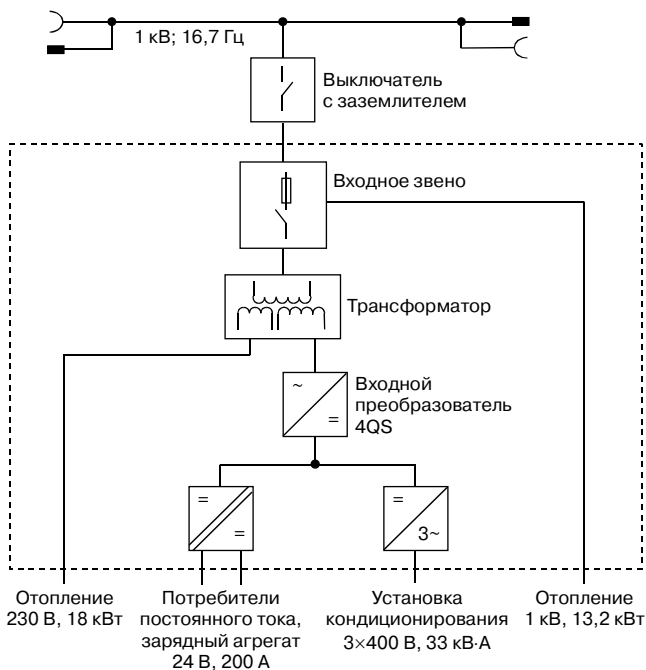


Рис. 2. Принципиальная схема блока EVB для вагона IC Modular

Мощность, потребляемая в пассажирском вагоне

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

странах применяют другие напряжения постоянного тока, например 36 В в Швейцарии, 50 В в России.

Тиристорный EVB. Технические решения для блока EVB, 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 EVB вагонных систем электроснабжения.

EVB на базе транзисторов IGBT. С появлением биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) компания Siemens в 1993 г. начала разработку EVB на базе этих новейших компонентов силовой электроники. Так, для Федеральных железных дорог Австрии (ÖBB) компания разработала и изготовила 59 новых блоков EVB (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 EVB на транзисторах IGBT. В начале 1990-х годов компанией Siemens был создан блок EVB, который отличался от предыдущего тем, что был рассчитан на питающее напряжение четырех видов. Во входном звене, представляющем собой высоковольтный преобразователь (рис. 3), также в качестве элементной базы использованы IGBT. Для

разделения потенциалов здесь вместо обычного трансформатора применен высокочастотный.

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. 3 приведены сравнительные характеристики блоков EVB для вагонов IC Modular и Vmz.

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 моторвагонных поездов, электровозов, тепловозов и вагонов трамвая. Устройства электроснабжения, базирующиеся на модульных системах, компания Siemens поставляет под торговой маркой SIBEST.

В табл. 4 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

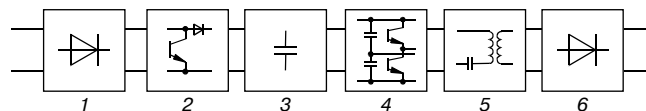


Рис. 3. Блок-схема высоковольтного преобразователя:
1 — входной выпрямитель; 2 — регулятор; 3 — батарея конденсаторов промежуточного звена постоянного напряжения; 4 — инвертор; 5 — трансформатор повышенной частоты; 6 — выходной выпрямитель

Таблица 3

Технические данные блоков EVB для вагонов серий IC Modular и Vmz

Параметр	IC Modular	Vmz
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
Температурный диапазон эксплуатации, °С	От - 25 до + 40	
Размещение	Под кузовом	
Охлаждение	Принудительное воздушное	
Масса, кг	2100	1300
Размер, мм	2400×2510×615	2020×2380×615

предусмотрен не только для EVB, но и для установки кондиционирования воздуха.

Особенности блоков EVB. При разработке устройств электроснабжения пассажирских вагонов

Таблица 4

Поставки блоков EVB на железные дороги некоторых стран

Вид EVB	Объем поставки, ед.	Мощность, кВ·А	Железнодорожная компания
Односистемный	59	42	ÖBB
	334	70	ICE2 для DBAG
Пятисистемный	35	51	Железные дороги Чехии (ČD)
Четырехсистемный SIBEST	2	51	Железные дороги Хорватии (HŽ)
	7		Железные дороги Словении (SŽ)
Двухсистемный	36	70	Российские железные дороги (RZD)
Односистемный SIBEST	280	54 – 74	Железные дороги Греции (OSE)
Четырехсистемный SIBEST	42	80	DBAG, спальня вагон
	258	51	ÖBB
Пятисистемный SIBEST	26	51	Железные дороги Чехии (ČD)

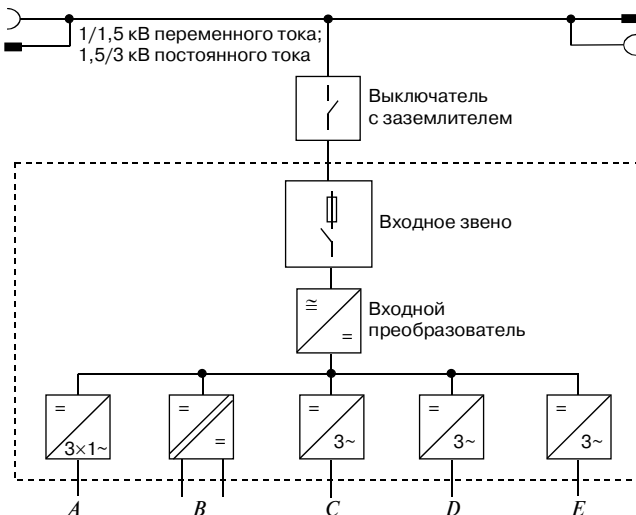


Рис. 4. Схема четырехсистемного EVB для вагона серии Вmz:
 A — основное и дополнительное отопление: напряжение 230 В переменного трехфазного тока, мощность 30 кВ·А; B — потребители постоянного тока, зарядный агрегат: 24 В; C — холодильный агрегат: 400 В трехфазного тока, мощность 30 кВ·А; D — вентиляторы 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

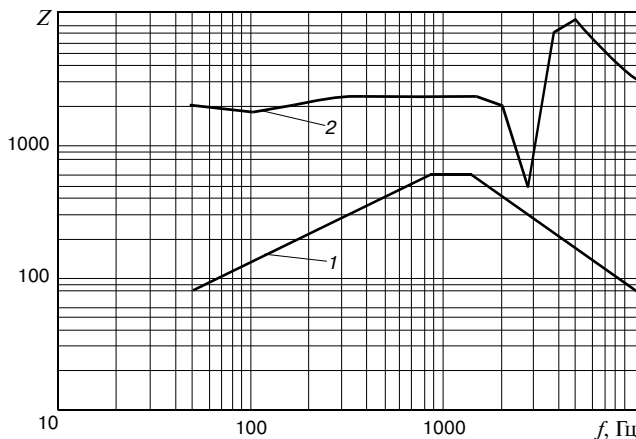


Рис. 5. Результаты измерения импеданса блока EVB в вагоне серии WLAB 173:
 Z — импеданс; f — частота; 1 — результаты расчета; 2 — результаты измерений

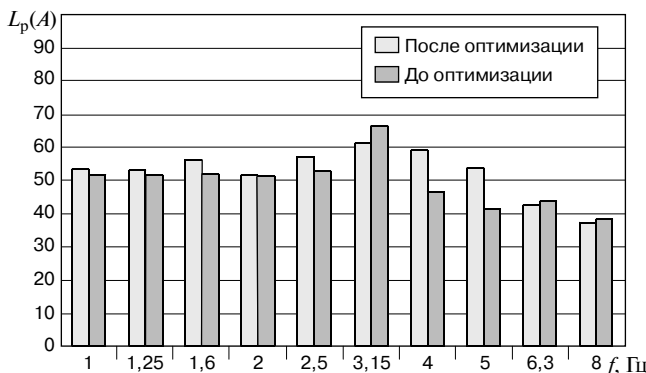


Рис. 6. Сравнение уровней шума до и после оптимизации блока EVB, измеренных на расстоянии 1 м:
 Lp(A) — уровень шума; f — частота

учитываются существующие стандарты и рекомендации, а также пожелания компаний-перевозчиков и пассажиров. Так, документ МСЖД 550-2 устанавливает предельные допустимые значения входного импеданса для блоков EVB.

Соответствующие испытания были проведены в Мюнхене компанией DB Systemtechnik, входящей в холдинг DBAG. Эти испытания проводились совместно с компанией Siemens с целью проверки входного импеданса многосистемного EVB вагона серии WLAB 173 и изучения возможности использования его в поездах с тепловозной тягой. Результаты измерений импеданса, проводившихся во всем диапазоне частот, подтвердили полное соответствие его значений требованиям МСЖД (рис. 5).

Проверка возможности питания нового EVB от тепловоза проводилась со многими локомотивами, предоставленными DBAG, и также дала положительный результат, позволивший соответствующим образом сертифицировать этот EVB.

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 тиристоров 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, генерировавшегося многосистемным EVB до оптимизации и после нее.

Аккумуляторная батарея и панель предохранителей

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:

- свинцовые с жидким или гелевым электролитом;
- никель-кадмиевые, большей частью напряжением 24 В, состоящие из 18, 19 или 20 ячеек.

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 — 50 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. Та-

кую батарею заряжают током I_5 . Это значит, что величина зарядного тока и емкость батареи находятся в соотношении 1/5, т. е. зарядный ток равен 80 А. Зарядный агрегат вагонной системы электроснабжения рассчитан на большие токи — от 200 до 260 А при напряжении 24 В.

В последнее время достигнуты значительные успехи в области технического обслуживания, повышения мощности и снижения затрат жизненного цикла свинцовых и никель-кадмиевых аккумуляторов.

При современной тенденции к увеличению доли электрооборудования вагона, питаемого от аккумуляторных батарей, а также в связи с повышением требований к их емкости при пониженных температурах эксплуатации спрос на вагонные аккумуляторные батареи постоянно растет.

На панели предохранителей (рис. 7) размещены все элементы, которые необходимы для распределения энергии главных цепей батареи. Здесь находятся главные предохранители всех основных цепей, в том числе батареи, зарядного агрегата и ряда других устройств. Эту панель всегда располагают рядом с батареями.

Распределительный шкаф

Этот шкаф (рис. 8) служит для распределения низковольтных цепей, размещения электронной системы управления, а также электрических коммутационных устройств. Конструкция и компоновка распределительного шкафа предписаны документом МСЖД 550-1. Большого прогресса в совершенствовании распределительных шкафов удалось добиться в 1980-е годы с изобретением пружинных натяжных клемм, которые обеспечивают надежное контактирование токоведущих элементов в тяжелых условиях железнодорожной эксплуатации. В последнее время по соображениям противопожарной безопасности вся кабельная разводка стала выполняться проводом и кабелями в изоляции с минимальным содержанием галогенов.

Централизация управления делает все более острой проблему размещения в шкафу элементов распределительных устройств и клеммных колодок. В связи с этим появились решения с последовательной передачей данных и децентрализацией управления некоторыми устройствами, до сих пор управлявшимися из распределительного шкафа, например электротехническими устройствами туалетов и приводом дверей. Ужесточением требований электромагнитной совместимости вызвана необходимость разделения элементов оборудования разной мощности и разных уровней напряжения.

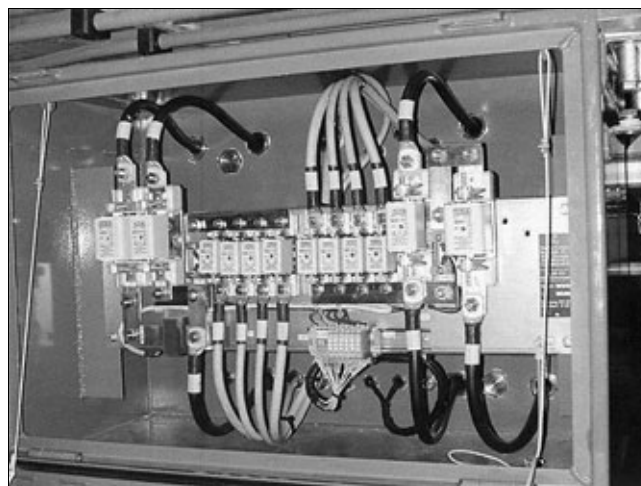


Рис. 7. Панель предохранителей аккумуляторной батареи в спальном вагоне DBAG

Выводы и перспективы

Устройства электроснабжения пассажирских вагонов на сегодняшний день достигли такого уровня, при котором удовлетворяются все требования, предъявляемые к ним. Компоновка силовой части на базе транзисторов IGBT 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.



Рис. 8. Распределительный шкаф пассажирского вагона ÖBB