

Двухэтажные электропоезда для железных дорог Швейцарии

В феврале 2003 г. компания Siemens TS получила от Федеральных железных дорог Швейцарии (SBB) заказ стоимостью 447 млн. швейц. фр. на 35 четырехвагонных двухэтажных пригородных электропоездов, которые должны быть поставлены с октября 2005 г. по январь 2008 г. Через 3 года SBB увеличили объем заказа еще на 25 поездов стоимостью 220 млн. евро, которые будут поставлены до конца 2009 г.

Условия контракта

Новые электропоезда, получившие серийное обозначение RABe 514 (рис. 1), предназначены для обслуживания пассажирских перевозок в районе Цюриха на сети линий пригородной железной дороги Zürich S-Bahn. Ввод в эксплуатацию дополнительного подвижного состава позволит увеличить частоту движения поездов (и, соответственно, провозную способность сети) и исключить из действующего парка определенное число поездов старой постройки. При определении стратегии обновления парка подвижного состава было решено закупать моторвагонный подвижной состав новой конструкции, а не, скажем, используемые уже в

течение нескольких лет челночные поезда на локомотивной тяге серии Re 450 (рис. 2), тоже из двухэтажных вагонов.

Исполнение заказа было поручено компании Siemens по итогам тендера, в котором участвовали также компания Stadler, консорциумы Bombardier/Alstom и Talgo/Elin. Одно из условий контракта предусматривало максимально возможное привлечение швейцарских предприятий. Поскольку Siemens не располагает вагоностроительными мощностями в Швейцарии, был найден компромисс, в соответствии с которым все 70 моторных концевых вагонов и первые четыре промежуточных прицепных строятся на заводе Siemens в Праге-Зличине и в готовом виде отправляются

из Чехии в Швейцарию. Кузова остальных промежуточных вагонов с некоторым установленным оборудованием (например, лестницами, подкузовной кабельной проводкой, теплоизоляцией), тоже изготовленные в Праге, в окрашенном виде на штатных тележках, полученных с завода Siemens SGP в Граце (Австрия), отправляются на завод компании Stadler в Альтенрайне (Швейцария), где и осуществляется их окончательная сборка и оснащение. Составы поездов также формируются в Альтенрайне и переправляются в Поршах, где Siemens арендовала предприятие для выполнения предсертификационной ревизии и подготовки к ходовым линейным испытаниям.

Поезда RABe 514 принадлежат к семейству Desiro, что видно по их внешнему облику и оформлению интерьеров, над чем совместно работали компания Siemens, SBB и дизайнерская фирма TriCon (Германия), а куратором было Транспортное общество Цюриха (ZVV).

Новые поезда имеют светло-серые крыши, красные лобовые стенки и наружные двери. Боковые стенки вагонов окрашены в белый цвет с темно-синими продольными полосами — широкой в нижней части (от оконных проемов до обреза юбок-кожухов, закрывающих подкузовное оборудование) и узкой посередине (на уровне пола второго этажа). Желтыми прямоугольниками отмечены входные двери одного из моторных вагонов с салонами первого класса. Наружные двери входных площадок, вблизи которых расположены зоны для пассажиров на инвалидных колясках, отмечены соответствующими пиктограммами.



Рис. 1. Электропоезд RABe 514

Общие сведения

В четырехвагонном поезде RAVe 514 имеются пассажирские салоны первого (в одном из головных моторных вагонов, рис. 3) с 74 места для сидения и второго класса (в остальных вагонах, рис. 4) с 304 местами. На нижнем этаже промежуточных вагонов у входных площадок выделены две зоны для инвалидов, детских колясок, велосипедов и иного крупногабаритного багажа; здесь же смонтированы откидные сиденья.

Еще в начале проектирования была поставлена цель увеличить пассажироместимость поезда RAVe 514 по сравнению с поездом Re 450. Однако значительного увеличения числа мест добиться не удалось из-за ряда причин, среди которых можно отметить большее число лестниц, наличие занимающих обширное пространство машинных отделений, установок кондиционирования воздуха, необходимость обустройства более просторных туалетов для лиц с ограниченными физическими возможностями, перепланировка входных площадок с выделением многофункциональных зон.

Поезда RAVe 514 можно эксплуатировать в сцепе до четырех единиц, т. е. в 16-вагонной составности, для чего по концам поездов установлены сцепные устройства типа Schwab. Кроме того, предусмотрена возможность их эксплуатации сов-



Рис. 2. Поезд Re 450 на локомотивной тяге

местно с поездами Re 450 на локомотивной тяге.

Основные технические характеристики электропоезда RAVe 514

Система тягового электроснабжения	15 кВ, 16,7 Гц
Общая длина, м	100
Расстояние между центрами тележек, м	18,2
Колесная база тележек, м	2,5
Диаметр колес новых/изношенных, мм	920/860
Масса тары, т	218
Масса при расчетной населенности, т	296
Число мест для сидения	378
Число мест для пассажиров, едущих стоя	620
Установленная мощность, кВт	3200
Максимальная сила тяги, кН	185
Максимальная скорость, км/ч	140
Максимальное ускорение, м/с ²	1,2

Кузова вагонов

Концевые и промежуточные вагоны имеют длину 25 м, ширину 2780 мм и высоту 4600 мм над УГР. Конструкция кузовов удовлетворяет требованиям специальных технических условий Швейцарии ETV по обеспечению пассажирам необходимого комфорта, в том числе пространственного. В кузове сочетаются стальная сварная рама и стальные же листы наружной обшивки толщиной от 1,8 до 3 мм. В соединениях конструктивных элементов преимущественно использована точечная сварка. Для теплоизоляции применена минеральная вата, для звукоизоляции — мате-



Рис. 3. Интерьер салона первого класса



Рис. 4. Интерьер салона второго класса

риал Terogron. В наружной окраске кузовов применены водоэмulsionные красители на грунтовке. К процессу окончательной окраски привлечена компания Grass, также расположенная в Альтенрайне. Покрытия полов пассажирских салонов, входных площадок и лестниц выполнены из нескользящего материала на базе вспененной резины, поставленного компанией Freudenberg. В салонах первого класса уложено ковровое покрытие. Неоткрывающиеся одинарные окна с двухслойным остеклением из безопасного тонированного (для защиты от солнечного излучения) стекла поставлены немецкой компанией Flachglas.

В каждом вагоне устроены две входные площадки, расположенные между тележками для обеспечения на первом этаже низкого уровня пола, равного 600 мм над УГР, что соответствует высоте посадочных платформ по проекту Р55. Поскольку не все платформы выполнены по данному проекту, вагоны оснащены дополнительными выдвижными ступеньками с автоматическим управлением. С обеих сторон входных площадок смонтированы двухстворчатые сдвижные двери с синхронизированным открыванием и закрыванием. Ширина дверных проемов равна 1400 мм.

Туалетные модули (рис. 5), размещенные на первом этаже вблизи входных площадок, поставлены немецкой компанией Satek и закреплены на несущей конструкции ку-



Рис. 5. Туалет, приспособленный для пассажиров на инвалидных колясках

зова через упругие промежуточные элементы. Модули скомпонованы так, что ими без особого труда могут пользоваться пассажиры на инвалидных колясках. Как и на других моторвагонных поездах SBB, туалеты поезда RABe 514 — вакуумного типа с биологической очисткой сточных вод, накапливающих в специальных баках емкостью 120 л, опорожняемых в ходе технического осмотра.

Так как входные площадки расположены в средней части вагонов, внутреннее пространство каждого вагона разделено на три части. Между тележками находится двухэтажная часть с основными салонами на каждом этаже. Для входа на второй этаж предназначены две двухмаршевые лестницы, поставленные швейцарской компанией Alcan Airex Composites. Первый, короткий марш лестниц ведет в салоны, расположенные в концевых одноэтажных частях вагона и имеющие уровень пола 1250 мм над УГР, второй, более длинный и изогнутый (рис. 6) — в средний салон второго этажа. Входные площадки и салоны разделены перегородками со стеклянными дверями, имеющими кнопочное управление.

Межвагонные переходы с суфле сильфонного типа доступны из концевых салонов. В нормальных условиях эксплуатации эти переходы открыты, чтобы дать возможность пассажирам проходить по всей длине состава, но в случае возникновения пожара они автоматически перекрываются огнестойкими дверями.

Внутреннее оснащение

Большая часть кресел, изготовленных компанией Stadler по технологии компании Schlegel (Швейцария), в салонах обоих классов представлена поперечно по схеме 2 + 2, но над входными площадками по две пары кресел установлены спинками к боковым стенкам. В первом классе пространство для ног пас-

сажиров имеет длину 2000 мм, во втором — 1700 мм. Кресла первого класса обиты велюром, подлокотники и подголовники — с имитацией под кожу; кресла второго класса обиты влагопроницаемой тканью. Модули кресел, выполненные сварными из отдельных элементов из прессованного алюминиевого сплава, консольно прикреплены к боковым стенкам кузова, что облегчает уборку салонов и позволяет разместить под креслами ручную кладь. Кроме того, над окнами проходят продольные полки для легкого багажа, изготовленные из стекла на алюминиевых рамах компанией Schlegel. Эта же компания поставила панели внутренней обшивки стен и потолков. На внутренних стенках входных площадок закреплены урны для мусора.

Все вагоны поезда RABe 514 оснащены установками кондиционирования воздуха (концевые вагоны — одной, промежуточные — двумя), поставленными компанией Liebherr, а также калориферной системой отопления, питаемой трехфазным переменным током 400 В. Регулирование температуры воздуха в салонах автоматическое. Агрегаты систем искусственного климата установлены в подкрышном пространстве в концах вагонов и легко доступны через съемные люки. Воздуховоды проложены между стенками наружной и внутренней обшивки.

Система внутреннего и наружного освещения поезда получает питание постоянным током 110 В от статических преобразователей или аккумуляторных батарей. Салоны освещаются трубчатыми люминесцентными лампами, встроенными в багажные полки и образующими продольные световые полосы. Вспомогательное освещение во время стоянки поезда получает питание от внешнего источника трехфазного переменного тока 400 В.

Поезд оснащен системой информирования пассажиров, основными элементами которой являются табло на светодиодах, постав-

ленные швейцарской компанией Ascom Systec. На табло, расположенных над лобовыми окнами концевых вагонов, высвечивается название станции назначения, а на табло, установленных в пассажирских салонах (по четыре в концевых и по шесть в промежуточных вагонах), — названия следующих остановочных пунктов. Кроме того, сведения об остановочных пунктах в пути следования автоматически или с помощью имеющегося у машиниста микрофона передаются по громкоговорящей связи. Поезд оснащен также замкнутой системой внутреннего видеонаблюдения.

Оснащение концевых моторных вагонов

Наружная обшивка кабин управления концевых моторных вагонов поезда изготовлена из композитного материала; кабины прикреплены к основной конструкции кузова на клеевом соединении. Одинарные лобовые окна, поставленные компанией GlassTrösch (Швейцария), имеют остекление из пяти слоев безопасного стекла и также вклеены в лобовые стенки кабин. Окна оснащены электрическим обогревом, омывателями, однорычажными стеклоочистителями с пневматическим приводом и регулируемые противосолнечными шторками. С обеих сторон кабины смонтированы подогреваемые и регулируемые зеркала заднего вида. Пульт управления (рис. 7) размещен в середине и симметрично скомпонован, так что машинист находится в центре кабины.

Наружные сцепные устройства компании Schwab дополнены соединителями пневматических, силовых электрических цепей и цепей управления, необходимых при работе нескольких поездов в сцепе. Кроме того, здесь же установлены буфера с устройствами, предотвращающими напозвание вагонов друг на друга в случае столкновения. В

нижнюю часть конструкции кабин управления интегрированы деформируемые элементы, воспринимающие часть продольных усилий, возникающих при этом. Под концевыми частями рам вагонов установлены путеочистители на болтовых соединениях, позволяющих быстро выполнять их замену. В межвагонных соединениях внутри состава применены специальные короткие сцепки компании Voith.

На лобовых стенках концевых моторных вагонов выполнены по три ниши для установки приборов наружного освещения: двух боковых сигнальных фонарей над буферами и центрального прожектора над указателем станции назначения. В буферных фонарях применены светодиоды, в прожекторах — галогенные лампы. На крыше кабин управления установлены антенны радиосвязи поезд/земля и установлены решетки для поступления воздуха, охлаждающего водовоздушные теплообменники системы охлаждения тягового привода.

В прилегающих к кабинам и противоположной торцевой стенке пространства кузова над тележками размещены машинные отделения. Поскольку кабины не имеют наружных дверей, вход в них осуществляется через передние машинные отделения, снабженные наружными дверями непосредственно за кабинами и внутренними дверями в перегородках между кабинами и машинными отделениями; от пассажирских помещений машинные отделения также изолированы перегородками с запирающимися дверями. В передних машинных отделениях расположено силовое электрооборудование тягового привода, в задних отделениях, разделенных продольным коридором на две боковые зоны, — коммутационная электроаппаратура (в том числе главный быстродействующий выключатель), блок управления токоприемником и т. п. В крышевых зонах над задними ма-



Рис. 6. Лестница для входа на второй этаж



Рис. 7. Пульт управления

шинными отделениями установлены токоприемники и установки кондиционирования воздуха.

Тележки

Вагоны поезда RABe 514 укомплектованы моторными тележками типа SF 500 и поддерживающими типа SF 400 (рис. 8). Эти тележки представляют собой модификацию тележек, примененных в высокоскоростных электропоездах семейства ICE, примерно одинаковы по конструкции и рассчитаны на максимальную скорость 160 км/ч.

Связь тележек с кузовами вагонов и передача усилий осуществляются через шкворни. Относительные перемещения смягчаются с помощью гидравлических амортизаторов. Кроме того, влияние моторных тележек предотвращается дополнительными гасителями продольных колебаний.

Тележки имеют сварные рамы, состоящие из двух продольных, двух концевых и средней шквор-

невой балок. Соединение букс колесных пар с боковыми рамами осуществляется посредством поводков. Средние части тележек понижены для размещения пневматических пружин второй ступени рессорного подвешивания.

В первой ступени рессорного подвешивания применены стальные винтовые пружины (две на каждую ось) с гидравлическими амортизаторами. Во второй ступени, как указано выше, применены комплекты из двух пневматических баллонных пружин и цилиндрических элементов из цельной резины, выполняющих функции временных опор при выходе пневматических пружин из строя. Пневмобаллоны нижними торцами опираются на пониженные опорные площадки боковых балок рам тележек, а на их верхние торцы опираются шкворневые балки. Давление воздуха в баллонах автоматически регулируется таким образом, чтобы поддерживалось постоянство высоты расположения кузовов вагонов над УГР независимо от нагрузки. Между двумя баллонами каждого комплекта устроены перепускные клапаны, предотвращающие потенциально опасное неравенство давления в баллонах в случае отказа системы регулирования. Все оборудование, относящееся к подаче сжатого воздуха в баллоны и регулированию его давления, размещено в специальных отсеках под лестницами каждого вагона.

На каждой моторной тележке типа SF 500 установлены два тяговых двигателя, опирающихся на рамы тележек через упругие опоры. Передача крутящего момента на ко-

лесные пары осуществляется посредством редуктора, муфты и конечной зубчатой передачи, смонтированной непосредственно на оси.

Имеется также система противобоксовочной и противоюзной защиты.

Электрическое оборудование

В качестве токоприемников в поезде применены полупантографы компании Richards. Напряжение контактной сети от токоприемников подается через соответствующие разъединители, заземляющие контакторы и главные вакуумные быстродействующие выключатели на четыре главных трансформатора, каждый из которых питает тяговый и вспомогательный преобразователи.

Каждый тяговый преобразователь, имеющий модульное исполнение, подключен к двум тяговым двигателям. В качестве элементной базы тяговых преобразователей служат водоохлаждаемые IGBT-транзисторы. Напряжение на выходе преобразователей в широких пределах регулируется по частоте и амплитуде в зависимости от нагрузки, его максимальная величина равна 1800 В. Суммарная максимальная расчетная мощность преобразователей, составляющая 3200 кВт, на практике не используется.

Преобразователи вспомогательных нужд, размещенные в отсеках в одном из концов промежуточных вагонов, состоят из четырехквadrантных регуляторов, промежуточных звеньев постоянного напряжения 670 В и импульсных инверторов, построены на базе IGBT-транзисторов с воздушным охлаждением и имеют номинальную мощность 70 кВт·А. С их выходов снимается трехфазное напряжение переменного тока 400 В и напряжение постоянного тока 100 В. В каждый преобразо-

ватель встроено устройство зарядки аккумуляторных батарей мощностью 12 кВт, поставленных компанией Норреске и размещенных под кузовами конечных моторных вагонов. Все системы поезда продолжают нормально функционировать при выходе из строя одной из батарей. Отдельные трансформаторы, питаемые от двух из трех фаз сети 400 В, обеспечивают подачу напряжения 230 В в смонтированные в салонах первого класса розетки, служащие для подключения портативных персональных компьютеров или, например, пылесосов, используемых при уборке вагонов.

Тормозная система

В тормозной системе поезда применены тормоза пяти видов: электродинамический рекуперативный, автоматический пневматический, прямодействующий пневматический, стояночный пружинный и магнитно-рельсовый. Основным, как и на всем современном электроподвижном составе, является рекуперативный тормоз, который в случае необходимости дополняется другими.

Оборудование пневматического тормоза одинаковое на моторных и поддерживающих тележках. Различие состоит лишь в том, что колесные пары моторных тележек оснащены тормозными дисками, смонтированными на колесах, а колесные пары поддерживающих тележек — тормозными дисками, смонтированными на осях (по три диска).

Поддерживающие тележки промежуточных вагонов оснащены также оборудованием магнитно-рельсового тормоза, применяемого при экстренном торможении. Тормозные колодки с постоянными магнитами подвешены на кронштейнах-поперечинах, прикрепленных к рамам тележек. Для опускания и подъема колодок служит специальный пневматический привод.



Рис. 8. Тележка типа SF 400

Тормозное усилие регулируется в соответствии с нагрузкой (числом пассажиров в поезде). Ввод соответствующих данных в систему управления тормозами осуществляется от датчиков давления в пневматических баллонах второй ступени рессорного подвешивания.

На крайних тележках поезда установлены гребнесмазыватели.

Система управления

На пульте управления имеется одна главная рукоятка, при помощи которой машинист задает режимы набора скорости, движения с установленной скоростью, электродинамического и пневматического торможения. Есть также кран вспомогательного прямодействующего пневматического тормоза.

При ведении поезда возможны два режима управления — ручной и автоматический. В ручном режиме машинист управляет движением поезда с помощью главной рукоятки. При этом в случае недостаточной эффективности электродинамического тормоза автоматически включается пневматический тормоз. В автоматическом режиме машинист задает требуемую скорость движения поезда с помощью клавиатуры бортового компьютера. Поддержание заданной скорости обеспечивает автоматический регулятор путем достижения баланса между ускорением и замедлением.

В поезде RAbe 514 применена фирменная система управления SIBAS 32 компании Siemens, которая в настоящее время нашла широкое распространение на подвижном составе разных типов. Блоки системы размещены в каждом моторном вагоне, и при отказе одного из них оставшийся блок принимает на себя выполнение всех функций в полном объеме. Все подсистемы, такие, как управления тяговым приводом, тормозной системой,

бортовым электропитанием и т. п., связаны между собой посредством поездной коммуникационной сети TCN и многофункциональной шины MVB с центральной линией и ответвлениями от нее, разделенными повторителями сигналов. Отказ одного из этих ответвлений не влияет на работу остальных элементов шины. В системе выделена специальная линия с независимым питанием, по которой передаются сигналы о возникновении ситуаций, угрожающих безопасности движения или находящихся в поезде пассажиров и персонала.

Электронный «черный ящик», или тахограф, поставленный компанией Messma, регистрирует все действия машиниста и функции системы автоведения поезда с одновременным выводом на дисплей значений тяговой мощности, напряжения, тока, скорости и других параметров, важных для машиниста. На дисплей можно также вызвать показания системы технической диагностики, отражающие состояние и работу ответственных агрегатов и узлов поезда (например, тяговых преобразователей). Дисплей используется также для активации или отмены некоторых функций, выполняемых бортовым оборудованием (например, системами кондиционирования воздуха или приводом дверей), а также для подготовки и вывода текстовых сообщений на панели системы информирования пассажиров.

При работе нескольких поездов в сцепе сигналы управления по системе многих единиц передаются по проводной поездной шине WTB. При совместной работе поездов RAbe 514 и Re 450 передача сигналов осуществляется через стандартное мультиплексное устройство с временным разделением. Поскольку данное техническое решение является относительно устаревшим, при его использовании вводятся некоторые ограничения в ходе обмена диагностической

и иной информацией между RAbe 514 и Re 450.

На поездах RAbe 514 в качестве штатного оборудования устанавливается аппаратура систем локомотивной сигнализации Integra Signum и ZUB 262st (последняя является модификацией системы ZUB 121) с устройством контроля бдительности машиниста. Предусмотрена также возможность установки аппаратуры систем управления движением поездов ETCS и радиосвязи GSM-R.

Высокий уровень надежности систем обеспечивается благодаря применению принципа резервирования с дублированием ответственных элементов, так что при отказе одного из них функционирование систем продолжается.

Заключение

Первый поезд RAbe 514 проходил ходовые испытания весной 2005 г. на испытательном полигоне в Церхенице (Чехия). По завершении необходимых корректирующих мероприятий два поезда прибыли в Швейцарию в июне и августе 2006 г. В августе же состоялась презентация поездов на вокзале Цюрих-Главный. Затем были проведены комплексные (в том числе климатические) испытания в экспериментальном центре Вена-Арсенал. После этого начались регулярные поставки поездов.

Для опытных поездок в ходе сертификационных испытаний были выделены участки Берн — Фрайбург, Гренхен — Золотурн, Гюмлиген — Тун и Берн — Лозанна, характеризующиеся разными условиями эксплуатации. Процедура сертификации была завершена к концу лета 2006 г. Затем поезда стали по мере поступления вводить в обращение на маршрутах Цюрих — Хинвиль и Пфаффликон — Нидервенинген/Рафц.

J. Gulik, J. Pernička. Railvolution, 2006, № 4, p. 24 – 31.