

# Prima II — ЛОКОМОТИВЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Национальное общество железных дорог Франции (SNCF) довольно интенсивно обновляет парк моторвагонного подвижного состава. Однако компании-операторы, владеющие собственными локомотивами, из-за нестабильности объемов перевозок и конкуренции на транспортном рынке подходят к обновлению парка электровозов и тепловозов более осторожно. Они стремятся приобретать продукцию с максимальными гарантиями работоспособности и минимальными затратами жизненного цикла. Компании — изготовители подвижного состава со своей стороны ищут возможности предложить потенциальным покупателям модульный ряд изделий, в наибольшей степени отвечающих потребностям клиентов. Одной из таких компаний является Alstom с новыми локомотивами семейства Prima II.

## Эволюция электровозов

Семейство предлагаемых компанией Alstom локомотивов нового поколения, в которое входят как электровозы, так и тепловозы, далее рассматривается на примере электровоза типа Prima II. В данном контексте представляет интерес эволюция электровозной тяги на железных дорогах Франции.

Электрификация магистральных линий железных дорог сначала осуществлялась в расчете на использование универсальных электровозов для вождения ускоренных грузовых и пассажирских поездов.

Первыми были четырехосные электровозы типа ВВ со всеми обмоточными осями (рис. 1), за ними последовали шестиосные типа СС, развивавшие большую силу тяги.

Затем появились электровозы с ходовой частью, напоминающей паровозную. В них были при-

менены одно- или двухосные бегунковые тележки, расположенные с обеих сторон одной или двух групп из трех или четырех обмоточных осей с колесами большого диаметра в общей раме. Это электровозы типов 2С2, 2D2 (рис. 2), 1СС1 и 2СС2 во Франции, 2С1 и 2D1 в Швейцарии, 1D1 в Германии, 2СС2 в США.

В конце 1940-х годов преобладающей снова стала концепция тележечных электровозов со всеми обмоточными осями с колесами сравнительно небольшого диаметра. В зависимости от допустимой осевой нагрузки (23 или 18 т) они строились четырех- или шестиосными, при этом их тяговые свойства были примерно одинаковыми.

Конструкция и ходовые характеристики таких локомотивов оказались весьма удачными, что нашло отражение в установлении 28 и 29 марта 1955 г. мирового рекорда скорости на железных дорогах (331 км/ч) французскими электровозами серий СС 7100 и ВВ 9100 (рис. 3). Естественно, в регулярной эксплуатации электровозы обращались с гораздо меньшей максимальной скоростью (105–120 км/ч).

В последующие годы вновь пробудился интерес к универсальным электровозам, эффективно использовать которые было значительно проще. При создании таких элект-



Рис. 1. Один из первых во Франции четырехосных электровозов серии ВВ 200 постройки 1920-х годов



Рис. 2. Электровоз серии 2D2 5500 постройки 1930-х годов



Рис. 3. Специальный рейс электровозов СС 7107 и ВВ 9004 в ознаменование 50-летнего юбилея рекордного пробега на том же перегоне линии Бордо — Андай



Рис. 4. Двухсистемный электровоз серии ВВ 22200 с мономоторными тележками, оснащенными редукторами с изменяемым передаточным числом

тровозов применили два новшества. Во-первых, некоторые электровозы стали выпускать двухсистемными, поскольку на железных дорогах Франции, помимо традиционной системы тягового электропитания 1,5 кВ постоянного тока, постепенно начали внедрять более прогрессивную систему 25 кВ, 50 Гц переменного тока. Во-вторых, была разработана и внедрена технология мономоторных тележек, т. е. таких, у которых две или три оси тележки приводились во вращение одним общим тяговым двигателем через отдельные редукторы. На некоторых электровозах (рис. 4) передаточное отношение этих редукторов можно было изменять во время стоянки, так что стало возможным эксплуатировать одни и те же локомотивы в качестве как пассажирских с максимальной скоростью 160 км/ч, так и грузовых с максимальной скоростью 100 км/ч.

Однако осложнения с переключением передаточного числа, а также повышенные стоимость и затраты на техническое обслуживание таких электровозов побудили SNCF к проведению исследований по созданию более совершенных систем тягового привода, которые позволяли бы реализовать действительно универсальные локомотивы (следует отметить, что полностью от мономоторных тележек не отказались).

Развитие электроподвижного состава в последующие годы характеризовалось кардинальными изменениями в электрооборудовании. На смену коллекторным двигателям постоянного тока пришли синхронные и асинхронные двигатели переменного тока, а на смену реле, контакторам, групповым переключателям и ртутным выпрямителям — преобразователи (выпрямители и инверторы) на базе элементов силовой электроники, сначала GTO-тиристоров, а затем IGBT-транзисторов. Это сопровождалось применением новых схемных решений, что позволило эффективно решить проблемы управления тягой.

Первыми серийными электровозами, разработанными и освоенными производством на основе новых концепций, стали двухсистемные электровозы серии ВВ 26000 с мономоторными тележками и синхронными тяговыми двигателями и трехсистемные серии ВВ 36000 с асинхронными двигателями на каждой оси. Эти локомотивы, в ходовой части которых применена тяговая передача типа Jacquemin, могут водить пассажирские поезда со скоростью до 200 км/ч и грузовые со скоростью 100–120 км/ч.

В то же время этим очень мощным и работоспособным универсальным машинам присущи два недостатка: высокая закупочная цена

и значительные расходы на техническое обслуживание и ремонт, что вынудило SNCF искать возможность получения более дешевых локомотивов для эксплуатации с максимальной эксплуатационной скоростью до 140 км/ч, которые были бы способны водить грузовые и местные пассажирские поезда.

### Локомотивы Prima I

В результате этих поисков в сотрудничестве с компанией Alstom было создано новое семейство сравнительно недорогих локомотивов, получившее название Prima I.

В новое поколение четырехосных локомотивов первого десятилетия XXI в. входят двухсистемные (1,5 кВ постоянного и 25 кВ, 50 Гц переменного тока) электровозы серии ВВ 27000, трехсистемные (1,5 кВ постоянного, 25 кВ, 50 Гц и 15 кВ, 16,7 Гц переменного тока) электровозы серии ВВ 37000 (рис. 5; локомотивы обеих серий — с максимальной эксплуатационной скоростью 140 км/ч), а также тепловозы серии ВВ 75000 (рис. 6) с максимальной эксплуатационной скоростью 120 км/ч.

Для всех локомотивов семейства, спроектированных на общей конструктивной платформе, характерна максимально возможная унификация ходовой части и электрического оборудования.

Все эти локомотивы оборудованы тяговым приводом с асинхронными тяговыми двигателями и преобразователями на базе IGBT-транзисторов, которые охлаждаются растворами этиленгликоля. Схемы тягового привода включают однофазные мосты с принудительной коммутацией, благодаря чему, в частности, удалось оптимизировать коэффициент мощности, что очень важно в плане экономии энергии и избежания необходимости увеличения числа тяговых подстанций на линии. При мощности 4200 кВт один электровоз семейства Prima I может водить грузовые поезда массой до 1800 т. Кроме того, локомотивы могут работать в сцепе с управлением по системе многих (до четырех) единиц. Следует отметить, что 60 электровозов серии ВВ 27300, предназначенных для вождения челночных пригородных поездов, к работе по системе многих единиц не приспособлены, но имеют удвоенную мощность компрессоров для выработки сжатого воздуха.

Ограниченные массогабаритные параметры асинхронных тяговых двигателей с принудительной вентиляцией позволили устанавливать их на тележки с колесной базой всего 2600 мм, а невысокая скорость движения ведомых поездов — применить моторно-осевое подвешивание (техническое решение, которое

было практически забыто уже в течение 40 лет). Крутящий момент от двигателей на оси колесных пар передается при помощи устройств, называемых сапог box.

Связь тележек с кузовами осуществляется поводками, работающими на растяжение/сжатие.

### Причины появления локомотивов нового поколения

Реструктуризация железнодорожного транспорта и введение открытой конкуренции на рынке грузовых и пассажирских перевозок в Европе имели главным следствием дробление заказов на тяговый подвижной состав из-за увеличения числа частных компаний-операторов, которым нужны локомотивные парки относительно небольшой численности.

Ситуация, в которой предстоит работать компаниям — изготовителям подвижного состава, коренным образом отличается от той, которая имела место относительно недавно и кое-где сохраняется в настоящее время. Тогда наличие сравнительно небольшого числа национальных железных дорог, функционировавших в условиях замкнутых транспортных рынков и имевших в своем распоряжении многочисленные парки подвижного состава, за счет большого числа заказываемых

ими локомотивов той или иной серии давало компаниям-изготовителям возможность покрывать затраты на специальные исследования и разработки и удовлетворять специфические требования каждой национальной компании. Так, еще не очень давно (в 2002 г.) SNCF заказало компании Alstom крупную партию грузовых локомотивов, и по завершении поставок железные дороги Франции получили 180 электровозов ВВ 27000, 60 электровозов ВВ 37000 и 60 электровозов 27300, а также получают 400 тепловозов 75000, поставка которых рассредоточена до 2015 г.

В предстоящие годы эти условия изменятся. Новые компании, входящие на рынок перевозок, будут осваивать все больше линий и участков национальных железнодорожных сетей, сохраняя при этом свойственные им особенности организации перевозочной деятельности.

Продолжительность концессий на транспортное обслуживание будет, естественно, разной, но в любом случае намного меньшей, чем срок службы локомотивов, который зачастую может превышать 40 лет. В частности, некоторые электровозы серии ВВ 9200 эксплуатируются уже более 50 лет, а электровозы серии ВВ 15000 сохраняют работоспособное состояние в течение более чем 40 лет. Таким образом, по



Рис. 5. Электровоз ВВ 37000



Рис. 6. Тепловоз ВВ 75000



Рис. 7. Электровоз Prima 6000

мере развития рынка перевозок один и тот же локомотив, приобретенный, например, для выполнения грузовых перевозок, при изменении рыночной конъюнктуры может использоваться в пассажирском движении и наоборот, вследствие чего возникает необходимость в быстрой адаптации локомотивов с минимальными инвестициями со стороны собственников.

Наконец, для обеспечения возможности вождения поездов на железных дорогах разных стран Европы с различными системами электроснабжения, сигнализации и связи и при условии соблюдения всех требований, относящихся к охране окружающей среды, необходимо иметь локомотивы, способные работать на сетях с различными специфическими параметрами без изменения технико-эксплуатационных характеристик при переходе с одной сети на другую.

Все эти факторы естественным образом привели к концепции мощных (6400 кВт) локомотивов, которые могут обращаться по линиям, электрифицированным на постоянном токе 1,5 или 3 кВ и на перемен-

ном 15 кВ, 16,7 Гц или 25 кВ, 50 Гц, а также должны быть оснащены аппаратурой, совместимой с различными системами управления движением поездов (в том числе ERTMS). Иначе говоря, новые локомотивы создаются для обслуживания железнодорожных коридоров, преимущественно транснациональных, особенно в грузовых перевозках.

С учетом этих факторов компания Alstom разработала два варианта (грузовой и пассажирский) четырехсистемных электровозов, оснащенных четырьмя токоприемниками в расчете на обращение на всех электрифицированных линиях Европы. Электровозы оснащаются тележками двух различных типов. Предусмотрена возможность замены определенных компонентов оборудования для обеспечения адаптируемости во времени в зависимости от изменения потребностей владельцев. Модульная конструктивная концепция позволяет точно отвечать требованиям каждого покупателя без необходимости в процедуре выдачи дополнительных заявок на изготовление отдельных узлов, что значительно

снижает расходы на проектирование и освоение производства. Таким образом, эти электровозы представляют собой почти готовый продукт, способный в нужное время менять свои эксплуатационные характеристики по мере изменения потребностей.

## Экспериментальный электровоз Prima 6000

Первый экспериментальный электровоз, получивший название Prima 6000 (рис. 7), построенный в 2003 г., был предназначен для демонстрации и проверки выбранных технических решений и подтверждения того, что электровозы нового семейства Prima II будут соответствовать ожиданиям разработчиков.

Этот электровоз изготовлен на базе трехсистемного (1,5 и 3 кВ постоянного и 25 кВ, 50 Гц переменного тока) электровоза ВВ 437501 семейства Prima I, который наряду с другими электровозами этой же серии 37000 был заказан SNCF для вождения поездов между странами Бенилюкса и югом Италии с транзитом через территорию Франции. Компания Alstom, конкурировавшая с компанией Siemens за право поставки железным дорогам Франции электровозов нового поколения, решила переделать этот электровоз в четырехсистемный, добавив возможность получать питание от контактной сети переменного тока 15 кВ, 16,7 Гц, и повысить его мощность с 4200 до 6000 кВт. После перестройки электровоз получил номер 447001, а вместо него компания поставила SNCF 30-й электровоз серии 37000 (437030).

Для улучшения управления тягой с использованием последних достижений в области силовых полупроводниковых технологий тяговый привод электровоза был выполнен с четырьмя тяговыми цепями на базе новых IGBT-транзисторов. Эти приборы допускают пропуск тока 600 А при на-

пряжении 6500 В, что позволило сократить массогабаритные параметры электрооборудования и обеспечить локомотиву более благоприятные условия при питании постоянным током 3 кВ.

В процессе дальнейшего усовершенствования исходного электровоза его асинхронные тяговые двигатели были модифицированы с повышением их мощности с 1050 до 1530 кВт.

Затем был построен опытный электровоз, в котором воплощены все элементы концепции семейства Prima II (рис. 8).

### Электровозы Prima II

Основные технические характеристики четырехсистемного электровоза Prima II в грузовом варианте исполнения приведены в таблице.

(Следует отметить, компания Alstom недавно построила второй опытный электровоз Prima II, на этот раз в пассажирском варианте, который был представлен на международной выставке InnoTrans 2010 в Берлине.)

#### Кузов

Как и у локомотивов Prima I, кузов электровоза Prima II выполнен в виде цельнонесущей сварной конструкции. Рама кузова, которая служит опорой для боковых стенок и кабины управления, изготовлена из гнутых профилей из стали с высоким пределом текучести. По обоим концам кузова установлены кабины управления, соединенные с рамой и боковыми стенками сваркой. Конструкция кабин обеспечивает максимальную защиту локомотивных бригад от ударов. В отличие от локомотивов Prima I в данном случае кузов имеет плоскую наружную обшивку, что облегчает нанесение идентификационных надписей. В боковых стенках предусмотрены отверстия для дверных и оконных проемов каби-



Рис. 8. Опытный электровоз Prima II (фото: Alstom)

ны управления, а также для вентиляции некоторых компонентов оборудования.

Крыша электровоза состоит из трех отсеков, которые крепятся к боковым стенам болтовыми соеди-

Технические характеристики электровоза Prima II

Параметр	Значение
Длина по буферам, м	19,1
Расстояние между центрами тележек, м	10,4
Колесная база тележек, м	2,6
Диаметр новых колес, мм	1150
Масса, т, общая в том числе:	86
тележки	17
трансформатора	12,3
моторного блока	3
Максимальная мощность на тягу, кВт, при питании от контактной сети:	
постоянного тока 1,5 кВ	5000
постоянного тока 3 кВ и переменного тока 15 кВ, 16,7 Гц	6000
переменного тока 25 кВ, 50 Гц	6400
Сила тяги при трогании, кН	320
Максимальная эксплуатационная скорость, км/ч	140
Максимальная мощность при электрическом торможении, кВт:	
рекуперативном	6400
реостатном	2600
Максимальное тормозное усилие при электрическом торможении, кН	150
Длина тормозного пути со скорости 140 км/ч, м	1000
Минимальный радиус проходимых кривых, м	80

нениями. На каждом из крайних отсеков крыши до их монтажа заранее устанавливаются по два токоприемника (всего их четыре для обеспечения возможности обращения электровозов под контактной сетью железных дорог разных стран Европы). На центральном отсеке крыши установлены фонари для вентиляции электрооборудования и охлаждения тормозных резисторов. Кроме того, на этом отсеке размещено и иное оборудование.

Характерными особенностями внешнего вида фронтальных частей нового локомотива являются асимметричное расположение воздухозаборных отверстий с правой стороны, а также установка по центру под лобовым стеклом логотипа компании-изготовителя (рис. 9).

Предметом особой заботы проектировщиков были консольные части кузова, так как они во многом определяют безопасность локомотивных бригад в случае столкновения. Поэтому здесь предусмотрена система поглощения энергии соударения, основанная на трехступенчатой заданной деформации от буферов до кабин управления, которая позволяет поглощать 2,4 МДж энергии до того, как она дойдет до основной конструкции кузова. Кроме того, под консолями кузова установлены путеочистители.

Модули оборудования электровоза размещены по обе стороны центрального коридора, имеющего достаточную ширину для доступа к тому или иному модулю. Вход в коридор — через двери на внутренних торцевых стенках кабин управления. Такая планировка аналогична принятой на локомотивах Prima I.

Кабели низкого напряжения сгруппированы в верхней части коридора, что также обеспечивает их хорошую доступность. Кабели высокого напряжения и трубопроводы пневматической сети, изготовленные из нержавеющей стали, проложены в желобах под настилом пола коридора.



Рис. 9. Вид электровоза Prima II спереди (фото: Alstom)

Наконец, в торцах кабин управления находятся служебные отсеки, в которых расположены кухонное оборудование облегченного типа (микроволновые печи и холодильники) и туалеты, что обеспечивает локомотивной бригаде определенный уровень комфорта. Иначе говоря, в связи с открытием европейского пространства для железнодорожных перевозок в локомотиве созданы такие же условия, как в грузовых автомобилях для перевозок на большие расстояния.

### Тележки

В зависимости от назначения электровоз Prima II может быть оснащен тележками двух разных типов.

В варианте для грузовых перевозок используются такие же тележки с колесной базой 2600 мм, как у локомотивов Prima I. Рама тележки типа V 140, имеющая H-образную в плане форму и усиленная по концам торцевыми поперечными балками, изготовлена из стальных сварных профилей.

Два асинхронных тяговых двигателя имеют опорно-осевое подвешивание на раме тележки. Передача

крутящего момента осей колесных пар осуществляется через устройство типа cannon box, выполненное в виде трубы, объемлющей ось и закрепленной на картере одноступенчатого редуктора с передаточным числом 109:23.

Работы по проектированию электровоза сопровождались совершенствованием тяговых двигателей. Помимо повышения мощности, удалось уменьшить массу двигателя с 2800 кг, как на локомотивах Prima I при меньшей мощности, до 2660 кг на опытном электровозе Prima II и до 2450 кг на электровозах серийной постройки.

На опытном электровозе Prima II тележки оснащены колодочными тормозами. Для того чтобы перейти к использованию дисковых тормозов, проведены исследования на моделях. Оказалось, что необходимо изменить расположение подшипниковых узлов тяговой передачи, что и предусмотрено делать в дальнейшем.

Связь тележек с рамой кузова, как и на локомотивах Prima I, осуществляется двумя низко расположенными продольными тягами, что соответствует нормам МСЖД 518 относительно воздействия подвижного состава на путь.

Тележка имеет двухступенчатое рессорное подвешивание. В первой ступени применены поводковые буксы, на которые нагрузка от рамы тележки передается через цилиндрические пружины. Вторичное (центральное) подвешивание состоит из двух групп цилиндрических пружин, установленных между боковыми балками рамы тележки и шкворневой балкой рамы кузова.

Серийные электровозы Prima II не предполагается оснащать гасителями колебаний виляния, однако установка пружин центрального подвешивания под определенным углом позволяет естественным образом гасить эти колебания и, следовательно, улучшить условия труда локомотивной бригады. Рессор-

ное подвешивание рассчитано так, чтобы обеспечивать хорошие динамические характеристики локомотива с ограничением воздействия на путь в поперечном направлении.

В пассажирском варианте тележка типа V 200 имеет колесную базу 3000 мм. Фактически она аналогична тележкам электровоза ВВ 36000. Тяговые двигатели полностью подвешены на тележке и передают крутящий момент осям колесных пар посредством передачи типа Jасquetin с полым валом и карданным кольцом. Как и в грузовом варианте, связь кузова с тележками осуществляется двумя нижними тягами. Следует отметить, что тележки V 200 с колесной базой 3000 мм можно без особых осложнений заменить на тележки V 140 с базой 2400 мм без необходимости в перемещении других деталей и узлов.

Общий вид ходовой части электровоза Prima II представлен на рис. 10.

**Тяговый привод**

Тяговый привод типа ONIX электровоза Prima II изначально рассчитан на питание от систем электроснабжения четырех типов, принятых на европейских железных дорогах. Соответствующим образом выполнено и управление тягой и торможением.

Каждой тележке соответствует один моторный блок в составе двух отдельных цепей электропитания тяговых двигателей, чем обеспечи-

вается достаточная степень резервирования для продолжения работы в случае отказа одного из элементов. Моторные блоки размещены с двух сторон центрального коридора в кузове электровоза, и каждый из них соединен с азорефрижераторной колонкой, которая распределяет охлаждающую жидкость между компонентами блока. Питание моторных блоков осуществляется от контактной сети переменного тока через блок «главный трансформатор + дроссель фильтра», расположенный под рамой кузова между тележками и имеющий масляное охлаждение, или напрямую от контактной сети постоянного тока. Управляют соответствующими переключениями датчик определения линейного напряжения, переключатель постоянного тока и блокировки электровоза.

Каждый тяговый двигатель типа 6 FRA 4567 получает питание от индивидуального инвертора на IGBT-транзисторах, который выдает уравновешенный трехфазный ток с регулируемой амплитудой и частотой. Этот инвертор, охлаждаемый раствором этиленгликоля, в свою очередь, как и инверторы других тяговых двигателей, питается постоянным током напряжением 3600 В, допустимым для новых IGBT-транзисторов, которые были испытаны на электровозе Prima 6000. Промежуточное звено постоянного тока получает питание от однофазного моста с принудительной коммутацией (PMCF), который



Рис. 10. Ходовая часть электровоза Prima II

выпрямляет переменный ток, поступающий со вторичной обмотки трансформатора. Схема выполнена таким образом, чтобы обеспечивать оптимизированные коэффициенты формы волны и мощности с одновременным снижением наводимых токовых гармоник в сети при рекуперативном торможении.

При электрическом торможении сохранен принцип использования одного импульсного прерывателя на каждую ось. В его схему входят модуль IGBT-транзисторов и резисторный модуль, с помощью которых регулируется вырабатываемое напряжение постоянного тока в установленных пределах. Эти модули, расположенные у каждого моторного блока, обеспечивают мощность реостатного торможения, равную 40% тяговой.

Тягово-тормозные характеристики электровоза Prima II приведены на рис. 11.

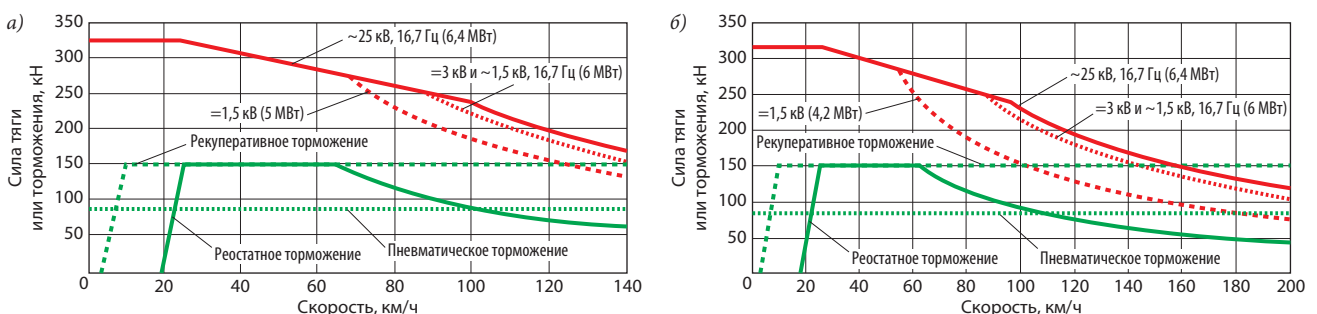


Рис. 11. Тягово-тормозные характеристики электровоза Prima II: а – в грузовом варианте; б – в пассажирском варианте

### *Питание прочих потребителей энергии*

Вспомогательные потребители энергии, как и на локомотивах Prima I, получают питание переменным током 400 В, 50 Гц от отдельного блока, состоящего из двух идентичных преобразователей, которые могут функционировать независимо друг от друга, с тем чтобы в случае неисправности одного из них его работа автоматически переходила к другому.

### *Управление и контроль*

Аппаратура управления и контроля сосредоточена в так называемом системном шкафу, расположенном рядом со шкафом тормозной аппаратуры и компрессорной установкой для выработки сжатого воздуха. Одной из функций системного шкафа является, в частности, управление зарядкой свинцовых аккумуляторных батарей емкостью 115 А·ч постоянным током напряжением 110 В и контроль за их работой.

Система управления и контроля за функционированием основных компонентов оборудования электровоза называется TCMS и реализуется с помощью бортовой вычислительной системы SIE с многоканальными соединениями. Основным ее элементом является бортовой компьютер, осуществляющий управление, контроль и мониторинг и связанный с тремя сетями: многофункциональной вагонной шиной MVB, поездной шиной WTB при работе в режиме кратной тяги с управлением по системе многих единиц и сетью Ethernet по вопросам технического содержания. Для управления работой каждого тягового двигателя в режимах тяги и торможения имеются модули типа Agate Control 3, для контроля — модули типа Agate Link, принятые в качестве стандартных компанией-изготовителем.

При помощи системы TCMS, связанной с экспертной системой, разработанной специально для этой цели, собираются также данные о работе электровоза, которые записываются в память системы и передаются сотрудникам служб эксплуатации и технического обслуживания подвижного состава в реальном времени. Входящие в состав системы диагностические устройства позволяют дистанционно и своевременно распознавать риски возникновения неисправностей на линии и определять необходимые для их устранения меры на уровне депо. Достижимые благодаря этому улучшение технического состояния подвижного состава и сокращение длительности его простоев являются важным элементом снижения общих эксплуатационных расходов.

### *Торможение*

Новый электровоз оснащен всем необходимым для рекуперативного, реостатного и пневматического торможения. Максимальная мощность рекуперативного торможения составляет 6400 кВт, реостатного — 2600 кВт. В случае экстренного торможения для более полного обеспечения безопасности применяется реостатный тормоз, поскольку его работоспособность не зависит от возможности передачи тока в контактную сеть.

Снабжение пневматической (в том числе тормозной) сети локомотива и поезда сжатым воздухом обеспечивается мотор-компрессорной группой производительностью 2400 л/мин, имеющей воздушное охлаждение и снабженной осушителем воздуха. Жидкая смазка впрыскивается внутрь винтового компрессора, работающего с частотой вращения 2400 об/мин. Электровоз оснащен пневматическим противоюзным устройством компаний Knorr-Bremse или Faiveley.

### *Кабины управления*

В каждой эргономически сконструированной кабине управления имеется пульт, соответствующий нормам МСЖД 612 и европейским техническим требованиям по унификации.

В отличие от локомотивов Prima I с центральным расположением пульта управления в кабинах электровозов Prima II пульт может в зависимости от требований клиентов размещаться по центру, справа или слева (рис. 12). Для обзора состава поезда, который у локомотивов Prima I обеспечивался зеркалами заднего вида, очень ненадежными в эксплуатации, на новом локомотиве применены видеокамеры, смонтированные снаружи кабины, изображения с которых передаются на один из дисплеев пульта управления.

Конструктивное исполнение кабин обеспечивает защиту локомотивной бригады согласно требованиям европейского стандарта EN 15227. Комфортные условия для работы достигаются за счет установки искусственной климатизации.

### *Система поглощения энергии соударения*

В случае столкновения система поглощения энергии соударения работает поэтапно следующим образом:

- на первом этапе происходит упругое поглощение энергии поглощающими аппаратами буферов категории С;
- на втором этапе происходит пластическое поглощение энергии за счет деформации специально сконструированных для этой цели буферов;
- на третьем этапе происходит пластическое поглощение энергии за счет деформации предохранительного модуля, установленного за буферами.





Рис. 12. Пульта управления электровоза Prima II с левосторонним расположением (фото: Alstom)



Рис. 13. Первый электровоз Prima II для железных дорог Марокко

Система была проверена в ходе динамических испытаний со скоростью соударения до 36 км/ч.

Численное моделирование подтвердило эффективность работы данной системы в следующих ситуациях:

- лобовое столкновение со скоростью 36 км/ч со стоящим поездом (локомотива с локомотивом);
- столкновение со скоростью 36 км/ч со стоящим грузовым вагоном;
- столкновение со скоростью 110 км/ч с массивным неподвижным препятствием.

Только в последнем случае было обнаружено поглощение энергии порядка 6 МДж при небольшой местной деформации кабины управления, а в первых двух случаях никаких деформаций кабины зафиксировано не было. Это свидетельствует о хорошей защищенности локомотивной бригады.

#### Токоприемники

На двух крайних секциях крыши электровоза Prima II установлены четыре токоприемника. Они обеспечивают токосъем:

- первый токоприемник с ползком длиной 1950 мм — с контактной сети постоянного тока 3 кВ на железных дорогах Бельгии и 1,5 кВ на железных дорогах Нидерландов;
- второй токоприемник с ползком длиной 1450 мм — с контактной сети переменного тока 25 кВ, 50 Гц на железных дорогах Франции и 15 кВ, 16,7 Гц на железных дорогах Швейцарии;
- третий токоприемник с ползком длиной 1600 мм — с контактной сети постоянного тока 1,5 кВ на железных дорогах Франции;
- четвертый токоприемник с ползком длиной 1950 мм — с контактной сети переменного тока 15 кВ, 16,7 Гц на железных дорогах Германии.

#### Первые серийные электровозы Prima II

Первый заказ на 20 пассажирских электровозов Prima II поступил от Национальной организации железных дорог Марокко (ONCF). Поставки локомотивов, получивших серийное обозначение E-1400 (рис. 13), уже начаты. Исходя из условий работы на сети железных дорог этой страны, считающейся наиболее развитой на африканском континенте, эти электровозы будут эксплуатироваться с питанием от контактной сети постоянного тока напряжением 1,3 кВ и водить грузовые и пассажирские поезда со скоростью до 180 км/ч. Они оснащаются двумя токоприемниками и колодочными тормозами.

A. Claire. *Chemins de Fer*, 2010, № 2, р. 6–16; материалы компании Alstom ([www.alstom.com/transport/](http://www.alstom.com/transport/)).

## НОВОСТИ

### Alstom построит пригородные поезда для Сан-Паулу

Компания — оператор пригородных перевозок в районе крупнейшего города Бразилии Сан-Паулу Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM) в октябре 2010 г. подписала с компанией Alstom контракт

стоимостью 80 млн евро на поставку девяти поездов для электрифицированной на постоянном токе 3 кВ линии 11 Expresso Leste, которая соединяет центр города с восточными пригородами и перевозит в среднем 520 тыс. пассажиров в день.

Восьмивагонные электропоезда колеи 1600 мм, которые построит завод Alstom в г. Лапа (Бразилия), при-

надлежат к семейству Metropolis. Поставки будут завершены в 2012 г.

В поездах предусмотрены широкие дверные проемы и междвагонные переходы, современная система информирования, кондиционирование воздуха, детекторы задымления, автоматические устройства пожаротушения и система внутреннего видеонаблюдения.