

# Электроподвижной состав для международных перевозок

**На европейских магистральных железных дорогах еще существуют линии с колеями четырех разных размеров, пять систем тягового электроснабжения и 18 систем обеспечения безопасности движения поездов. В связи с этим железнодорожная промышленность наряду с подвижным составом, оборудованным устройствами изменения ширины колеи, предлагает также и многосистемные электровозы, способные работать под контактной сетью четырех систем тягового электроснабжения и с пятью различными системами обеспечения безопасности движения. Несмотря на проблемы, связанные с различиями указанных систем, объемы международных перевозок растут, что говорит о том, что в перспективе железнодорожные перевозки «без границ» станут повседневной реальностью.**

Параллельно с политическим объединением государств в рамках Европейского союза возрастают объемы производства и перевозок. К 2010 г. ожидается рост грузовых перевозок на 38 %, а пассажирских на 24 %.

В Германии до 2015 г. прогнозируют увеличение объема грузовых перевозок на 64 %. Поскольку сегодня в грузовых перевозках при значительно большей доле автотранспорта (70 %) по сравнению с железнодорожным (15 %) относительный рост автомобильных перевозок также выше, для перемещения грузопотока с автомобильного транспорта на железнодорожный необходимы эффективные меры. Либерализация и техническая гармонизация железных дорог в Европе являются при этом важным ключом для достижения цели. В связи с этим международные железнодорожные перевозки будущего должны осуществляться по единым техническим правилам.

В рамках этих мероприятий разработана единая европейская система обеспечения безопасности движения поездов и технической эксплуатации железных дорог

(ETCS/ERTMS). При этом создается соответствующая инфраструктура, которая позволит эксплуатировать поезда в Европе по единому стандарту. Новая технология упрощает для большей части тягового подвижного состава доступ к европейской железнодорожной сети.

## Системы тягового электроснабжения

В начале XX века в Европе началась электрификация первых железных дорог. Выбор системы тока в тот период зависел от различных причин, и в первую очередь от экономических и технических.

При этом государства, не имевшие собственных угольных месторождений, а также страны с высоким уровнем электрификации, как правило, раньше и масштабнее начинали структурные изменения, связанные с переходом с паровой тяги на электрическую.

Из опыта, который был накоплен при эксплуатации системы трамвая и шахтных электровозов в западной и южной Европе, в частности, пытались и для железных дорог сохранить в качестве тягово-

го надежный электродвигатель постоянного тока. Изначально электрификация проводилась на постоянном токе с напряжением 1,5 кВ (юг Франции, Нидерланды), а позднее — с напряжением 3 кВ (Бельгия, Италия). Однако высокие расходы на устройства тягового электроснабжения постоянного тока и недостаточная мощность тягового подвижного состава ограничивали возможность расширения сетей с этой системой тока.

Тяговое электроснабжение трехфазного тока практически не вышло за пределы этапа эксперимента. Для такой системы требовались трехфазная контактная сеть, подвижной состав с тремя токоприемниками и сложная система регулирования тока трехфазных тяговых двигателей.

Существенные преимущества давало применение однофазного переменного тока высокого напряжения, которое могло подаваться из промышленной сети. К сожалению, для этого варианта возникли трудности использования частоты 50 Гц. В связи с этим железные дороги ряда европейских стран в 1912 г. договорились о применении для тяги однофазного переменного тока частотой 16,7 Гц при напряжении в контактом проводе 15 кВ (Германия, Австрия, Швейцария, Швеция и Норвегия).

Спустя несколько десятков лет начались попытки применения для тягового электроснабжения переменного тока частотой 50 Гц. Поскольку существовавшие на тот момент однофазные двигатели для эксплуатации в качестве тяговых были слишком тяжелыми, занимали большой объем, а также имели проблемы с коммутацией, решено было использовать трехфазные тяговые двигатели, питаемые от статических инверторов, или двигатели пульсирующего тока с питанием от выпрямителей. Электроподвижной состав переменного тока промышленной частоты 50 Гц можно рентабельно эксплуатировать, лишь применяя силовые кремние-

вые выпрямители, которые не требуют больших затрат на техническое обслуживание и позволяют простейшим способом осуществлять питание тяговых двигателей выпрямленным (пульсирующим) током.

В середине прошлого столетия электрификация стран Европы достигла высокого уровня. Создавались хорошо оборудованные, мощные и стабильно работающие высоковольтные сети. При этом, естественно, для железных дорог встал вопрос о необходимости экономии затрат путем отказа от преобразования частоты (централизованного и децентрализованного) и питания тяговых подстанций от трехфазной сети промышленной частоты через трансформатор. Такой экономией компенсировались бы первоначальные дополнительные расходы на изготовление нового тягового подвижного состава, работающего на частоте 50 Гц. Но необходимость в высоких капитальных вложениях, а также слишком большие сроки амортизации устройств тягового электроснабжения и подвижного состава стали основным препятствием на пути отказа от частоты 16,7 Гц в пользу 50 Гц.

Поскольку раньше пробег локомотива по территории нескольких государств был возможен лишь в исключительных случаях, потребности в развитии соответствующей техники на тот период не было. На немногих многосистемных электровозах, появившихся в 1950-е и 1960-е годы, применялись тяговые двигатели пульсирующего тока со сравнительно дорогостоящими преобразователями и сложными системами управления.

Только развитие трехфазного тягового привода позволило реализовать многосистемные электровозы с существенно меньшими затратами. Следует учитывать, что по сравнению с односистемным электровозом закупочная цена двухсистемного повышается до 105 %, а четырехсистемного — до 120 %. В связи с этим в последние годы раз-

личные потребители приобретали многосистемные электровозы разных изготовителей. В таблице приведены данные о железнодорожных сетях ряда европейских государств и уровне их электрификации.

### Системы обеспечения безопасности движения поездов

Наряду с существующими в Европе четырьмя различными системами тягового электроснабжения разница в системах обеспечения безопасности движения поездов также представляет барьер для международных сообщений.

Одновременно с электрификацией на железных дорогах началось развитие и распространение несложных систем безопасности движения поездов. Такие ограниченные по своим возможностям контрольные системы, как Indusi (бывших DB — Государственных железных дорог ФРГ), Crocodile (SNCF — Национального общества железных дорог Франции) или Integra (SBB — Федеральных железных дорог Швейцарии), в достаточной степени распространены на сетях этих стран, и установка компонентов этих систем на подвижном составе не представляет особых про-

блем. С ростом требований к качеству перевозок и безопасности движения старые системы в пределах возможного совершенствовались и параллельно вводились новые. При этом наряду с устанавливавшимися точечными системами специально для высокой скорости движения разрабатывали и системы АЛСН с комплексной передачей данных. В последнее время к 18 европейским национальным системам обеспечения безопасности движения поездов, которые исторически сложились в течение десятилетий, не добавило новых совместимых систем этого вида.

В странах Европы используются также разнообразные системы поездной и маневровой радиосвязи.

### Европейская система управления движением поездов ETCS

Ввиду различия и несовместимости существующих национальных систем обеспечения безопасности движения и поездной радиосвязи, а также для выявления потенциала рационализации и технических инноваций предложена стандартизация в рамках Европейского союза. На новых участках пути или реконструируемых на боль-

Электрификация железных дорог в ряде стран Европы

Страна	Протяженность сети, км	Электрифицированные линии		Род тока	
		Протяженность, км	Доля, %	Однофазный переменный ток, кВ/Гц	Постоянный ток, кВ
Бельгия	13 410	2516	19	—	3
Дания	2833	440	16	15/16,7	—
Германия	44 214	20 463	46		—
Финляндия	11 726	4389	37	25/50	—
Франция	31 939	14 176	44		1,5
Великобритания	16 596	4988	30	—	0,75
Нидерланды	2808	2061	73		1,5
Италия	19 502	11 668	60	15/16,7	1,5/3
Норвегия	4012	2530	63		—
Австрия	6257	3640	58	—	3
Польша	26270	12 249	47		—
Швеция	11 599	7443	64	15/16,7	—
Швейцария	4575	4575	100		—
Испания	15 171	7605	50	25/50	1,5/3

шом протяжении существующих линиях должна внедряться единая европейская система обеспечения безопасности движения поездов ETCS или совместимые с ней системы, а для радиосвязи и передачи данных — стандарт GSM-R. Высокая эксплуатационная готовность цифровой радиосети GSM-R является обязательным условием внедрения ETCS в качестве системы обеспечения безопасности движения поездов.

В системе ETCS могут быть интегрированы существующие национальные системы. Основным элементом системы ETCS является поездной (или локомотивный) компьютер, через который на дисплей в кабине машиниста выводятся данные о пройденном пути и скорости, полученные с помощью поездных датчиков и напольных устройств. Обмен данными между компонентами системы осуществляется через информационную шину. Интеграция существующих систем в ETCS заключается в том, что информация, принятая обычными поездными антеннами от напольных устройств, поступает в специальный модуль, где эти данные «переводятся на язык» ETCS и затем обрабатываются главным компьютером системы.

### **Проблема международного допуска**

Свободное обращение поездов по европейской сети дает возможность железным дорогам позиционировать себя как серьезную альтернативу автомобильному и воздушному транспорту в международных перевозках. В Германии уже проведено реформирование железнодорожного транспорта. В то же время завершение подготовки всех документов, законодательно регламентирующих международные перевозки в рамках Евросоюза, планируется лишь на 2010 г. В связи с тем что процесс создания и принятия европейских законов в области железнодорожных

перевозок требует так много времени, отдельные государства проводят собственную политику и создают компании, которые должны способствовать усилению конкуренции в области железнодорожных перевозок. На практике же эти меры приводят к противоположному результату.

Железные дороги и промышленность выражают озабоченность тем, что на сегодняшний день все еще не разработаны гармонизированные правила и процедуры для международного допуска подвижного состава. Это приводит к тому, что в разных государствах, несмотря на одинаковые технические требования, существующий допуск часто не признается. Противоречивые требования и действия национальных органов надзора препятствуют европейской гармонизации, обуславливают дополнительные расходы, ограничивают конкуренцию и тем самым в международных перевозках дают преимущества другим видам транспорта. В связи с этим железные дороги и промышленность ожидают от национальных органов допуска взаимного признания полученных ранее допусков подвижного состава. Кроме того, они апеллируют к ним по вопросу оперативной разработки согласованных требований к процедуре допуска, которые должны быть отражены в национальных законах.

Железные дороги Германии (DBAG) и Союз предприятий железнодорожной промышленности Германии (VDB) требуют от Европейской комиссии последовательного устранения всех политических, технических и организационных препятствий на пути внедрения единой и прозрачной процедуры допуска.

### **Современный многосистемный электроподвижной состав**

Высокие расходы на опытно-конструкторские разработки новых локомотивов приводят к не-

обходимости создания базовых платформ, комплектуемых стандартными модулями. Тем самым учитываются пожелания клиентов об уменьшении численности различных серий подвижного состава с целью снижения затрат на техническое обслуживание и ремонт. Большим преимуществом такой концепции является то, что заказчик в короткий срок получает готовый локомотив с заданной комплектацией небольшой серией. Применение большого количества унифицированных узлов также способствует уменьшению сроков поставки. Кроме того, эксплуатирующие подвижной состав компании лучше обеспечивают запасными частями, получают возможность снижать эксплуатационные затраты, упрощать ведение документации и обучение персонала.

Анализ опыта эксплуатации такого многосистемного подвижного состава, как первый электровоз этого вида серии 181/184, высокоскоростные поезда Thalys и ICE 3 (серия 406) и современные электровозы серий 185 и 189, показывает следующее:

- высокие расходы на электрические аппараты тяговых цепей и вспомогательное оборудование значительно сокращались за счет совершенствования трехфазного тягового привода;
- устранение различных электромагнитных влияний требует дополнительных расходов и обуславливает частичные эксплуатационные ограничения;
- эргономически неэффективной и стесненной компоновки органов управления и индикации в кабине машиниста впервые удалось избежать благодаря интегрированному решению устройств обеспечения безопасности движения и систем поездной радиосвязи.

Все прочие требования по обслуживанию многосистемного подвижного состава решаются в соответствии с рекомендациями документов МСЖД.



### Электропоезда серий 181/184

Когда в начале 1960-х годов работы по электрификации линий бывших Государственных железных дорог ФРГ (DB) подошли в федеральной земле Саар к границе с Францией и система тягового электроснабжения 15 кВ/16,7 Гц стыковалась с французской 25 кВ/50 Гц, впервые возникла идея создания многосистемного электропоезда. В 1964 г. DB представили план разработки подобных локомотивов, согласно которому было заказано четыре двухсистемных электропоезда E310 (позже серия 181, рис. 1) и пять четырехсистемных E410 (позже серия 184). После многочисленных пробных поездок в 1966 г. эти «европейские локомотивы» были включены в график движения поездов международного сообщения между Францией (Мец) в Бельгий (Льеж).

При изготовлении этих электропоездов впервые были использованы новейшие достижения в области электронных систем управления и преобразовательной техники. На электропоездах серии 184 впервые было применено бесступенчатое фазовое регулирование с помощью двух управляемых тиристорных выпрямителей. Тяговые двигатели, установленные на локомотиве, могли работать не только на частоте 16,7 Гц, но и 50 Гц, а также на постоянном токе (двигатели пульсирующего тока). Функции выпрямления и регулирования напряжения реализовались с помощью управляемых диодно-тиристорных мостов. Благодаря тиристорному регулированию удалось отказаться от электромеханического контроллера и реализовать плавное регулирование силы тяги и скорости движения. Основным преимуществом этого метода было высокое использование сил сцепления между колесом и рельсом. Главным же недостатком стал высокий уровень гармоник, характерный для тиристорных схем с фазовым регулированием. Из-за это-

го на бельгийской сети нарушалась работа устройств СЦБ, так как они получают питание через трансформаторы, подключенные к контактной сети. В связи с этим в 1979 г. электропоезд серии 184 перевели на линии в направлении Саарбрюккена и преобразовали его схему в расчете на питание от двух систем тока вместо четырех.

В связи с постоянно растущей потребностью в локомотивах для международного сообщения в 1972 г. DB заказали для сообщения с Францией следующую серию из 25 двухсистемных электропоездов. Технические инновации в ходовой части и электронной системе управления, а также требование об использовании узлов, не требующих трудоемкого обслуживания, в дальнейшем привели к новой перспективной конструкции.

Новый электропоезд, имевший лишь внешнее сходство с предшествовавшими сериями, получил серийное обозначение 181.2. Он имеет кузов, обшивка которого состоит из трех секций. От электропоезда предыдущей серии сохранились надежный карданный привод тягового двигателя с резиновым кольцевым амортизатором, а также четыре шестиполусных тяговых двигателя пульсирующего тока последовательного возбуждения. При этом мощность длительного режима нового электропоезда была на 200 кВт больше, чем локомотива серии 181.0. На тяговые двигатели с принудительной вентиляцией напряжение подавалось от выпрямителя, собранного по схеме моста, содержащего тиристоры с фазовым регулированием. Максимальный рабочий ток тягового двигателя составлял 1500 А.

Секции кузова с правой стороны имеют проемы с решетками для забора охлаждающего воздуха и окна, которые частично заходят в зону закругления крыши. Уменьшенная высота локомотива реализована с учетом габарита, принятого на сети SNCF. По-новому были выполнены и кабины машинис-



Рис. 1. Электропоезд серии 181

та со специально разработанными пультами. Эти электропоезда в период с 1974 по 1975 г. планировалось ввести в эксплуатацию для вождения международных пассажирских поездов с максимальной скоростью 160 км/ч и тяжеловесных грузовых.

### Высокоскоростной поезд серии 406 (ICE 3M)

С ноября 2000 г. поезд ICE 3M (М означает многосистемное исполнение) связывает Кёльн и Франкфурт-на-Майне с голландскими и бельгийскими городами Амстердам, Утрехт и Льеж. По состоянию на середину 2005 г. имелось 17 поездов типа ICE 3M (рис. 2). Четыре из них принадлежали железным дорогам Нидерландов (NS). Поезда обеспечивают возможность гибкого использования благодаря многосистемному исполнению.

Каждый поезд длиной 200 м имеет 431 место для сидения, из которых 93 расположены в первом классе и 338 во втором. Максимальная скорость поезда ICE 3M составляет 330 км/ч, маршрутная — 300 км/ч. Такую скорость поезд может развивать между Кёльном и Франкфуртом-на-Майне.

**Допуск ICE 3M к международной эксплуатации.** Тот факт, что вхождение в конкурентоспособную международную железнодорожную систему по-прежнему затруднено, несмотря на либерализацию европейских железнодорожных пере-



Рис. 2. Высокоскоростной поезд ICE 3М

возок, подтверждается на примере получения международного допуска многосистемного электропоезда ICE 3. Так, сложно протекавший в течение не одного года процесс допуска на сети Бельгии и Франции поезда ICE 3, технически подготовленного для обращения по международным линиям, показал недостаточное стремление сторон к гармонизации действий в этом направлении. Такая ситуация имеет место при том, что еще в 1986 г. железные дороги Германии, Нидерландов, Франции и Бельгии совместно сформулировали технические требования к международному многосистемному высокоскоростному поезду и подписали соответствующее соглашение.

Уже в тот период стала очевидной необходимость в обеспечении совместимости различных технических железнодорожных систем в масштабе Европы. Это подтвердил опыт эксплуатации международного экспресса ТЕЕ. Разработать упомянутые ранее технические требования к международному поезду удалось благодаря политической воле стран и стремлению железных дорог к кооперации. Железные дороги намеревались тогда использовать в качестве международных высокоскоростные поезда ICE и TGV. Именно ICE 3 с самого начала

был задуман как международный высокоскоростной поезд, технически подготовлен для эксплуатации на линиях с разными системами тока и к конкуренции с воздушным транспортом в местных перевозках.

**Преодоление технических препятствий.** Европейские железные дороги уже несколько десятилетий назад предвидели образование европейской высокоскоростной сети и в связи с этим отменяли те стандарты и нормативы, которые служили бы помехой для развития международного сотрудничества. На этой базе ЕС разработал регулирующий механизм, который призван ликвидировать технические барьеры. Речь идет о «Технической спецификации по совместимости систем» (TSI). В эту спецификацию вошла лишь треть всех необходимых требований, а оставшиеся две трети, существенно различающиеся в разных странах, подлежат разносторонней проверке.

Существовавшие ранее нормы касались лишь основных характеристик подвижного состава, одобренных и используемых в международном масштабе, а именно осевой нагрузки, габарита подвижного состава, системы тока, устройств сигнализации и даже исполнения контактной сети. Когда DB в 1994 г. за-

казывали электропоезд ICE 3М, эти основные требования были известны. Государственные железные дороги Нидерландов заявили, что требования, предъявляемые к поезду ICE 3, приемлемы также и для условий NS. В связи с этим поезд с самого начала получил допуск на сеть Нидерландов. Примерно такая же ситуация была с допуском ICE 3 на сеть Швейцарии, на получение которого потребовалось не более 6 мес.

**Допуск ICE 3 на сеть Бельгии.** В Германии были заказаны соответствующим образом оборудованные поезда ICE 3 для сообщений с Австрией, Швейцарией, Бельгией и Францией, для которых также требовался международный допуск. В связи с этим железные дороги Германии, вместо того чтобы сосредоточиться на организации поставок этих поездов, начали кропотливую работу, направленную на получение допусков. К моменту перехода на зимний график движения 12 декабря 2004 г. был получен допуск на эксплуатацию поезда с максимальной скоростью 250 км/ч в Бельгии на высокоскоростном участке Льеж—Лёвен протяженностью 64 км. В общей сложности процесс допуска длился 7 лет и пока еще полностью не завершен. Для того чтобы на европейских международных высокоскоростных линиях можно было успешно конкурировать с другими компаниями и видами транспорта, необходим допуск на эксплуатацию с максимальной скоростью 300 км/ч. Образование на железных дорогах Бельгии новых служб и учреждений, причастных к допуску, серьезно препятствовало этому процессу, начатому в 1999 г.

Техническими стандартами железных дорог Бельгии предусматривались две системы тягового электроснабжения — постоянного тока напряжением 3 кВ и переменного 25 кВ/50 Гц. Первые испытательные поездки на бельгийской сети проведены только в 2002 г., а к моменту перехода на зимний гра-

фик в декабре 2002 г. оформлен первый допуск на эксплуатацию поезда ICE 3 с максимальной скоростью 160 км/ч. Только после этого появилась возможность эксплуатации поезда на обычных линиях. В то же время введение изменений в систему обеспечения безопасности движения значительно замедлило процесс допуска поезда на высокоскоростные линии. В связи с этим только в 2003 г. были выполнены опытные поездки с высокой скоростью. В начале декабря этого же года поезд ICE 3 впервые на бельгийской сети развил скорость 270 км/ч.

В ходе этих поездок обнаружилось явление, не наблюдавшееся в Германии, а именно выброс щебня. Он был зафиксирован персоналом на слух, а также приборами. В результате испытательная поездка была прервана. Осмотр показал, что выброс щебня оставил четкие следы на подкузовном оборудовании: трубах, кабельной разводке и клеммных коробках. Исследовать причины этого явления в тот момент было невозможно, в результате максимальная скорость на бельгийской сети впервые была ограничена до 250 км/ч.

Вторым проблемным элементом с точки зрения допуска стал вихре-токовый тормоз. Во время опытной поездки стальной кожух, закрывавший один из элементов напольного оборудования, был сорван под действием магнитного поля. Правда, исследования показали, что крепление этого кожуха было выполнено с нарушением действующих правил. Тем не менее выброс щебня и вихре-токовый тормоз стали причиной ограничения скорости для поезда ICE 3 в Бельгии.

Результаты исследования последствий выбросов щебня и аэродинамическая оценка этого явления показали, что для решения проблемы необходимы комплексные мероприятия, в том числе улучшение защиты подкузовного оборудования. С этой целью в нижней части кузова были установлены за-

щитные фартуки, а также спойлеры для улучшения аэродинамики. Кроме того, было принято решение в 2006 г. вновь ввести в работу вихре-токовый тормоз, если все экранирующие кожухи напольного оборудования будут закреплены в соответствии с действующими инструкциями.

**Допуск к эксплуатации во Франции.** Переговоры с SNCF о допуске поездов ICE 3 проводились в 1995 г., а первые практические шаги в этом направлении были приняты только в 2000 г. Процесс подготовки к опытным поездкам сопровождался многочисленными формальностями, министерскими согласованиями, постоянным изменением требований. Тем не менее в результате интенсивных переговоров между DBAG и SNCF большинство проблем было решено. Процесс допуска занял более 5 лет.

#### *Электровоз серии 185*

Локомотивы семейства TRAXX компании Bombardier предназначены для вождения грузовых поездов средней массы и пассажирских. Первый электровоз этого семейства получил серийный номер 145 и в 1997 г. был сдан в эксплуатацию.

В связи с растущей международной активностью у существовавшей в то время компании DB Cargo появилась потребность в электровозах, рассчитанных на две системы тягового тока — 15 кВ/16,7 Гц и 25 кВ/50 Гц. На базе электровоза серии 145 компания Bombardier разработала многосистемный электровоз серии 185 (рис. 3). Первый локомотив этой серии был принят в эксплуатацию в 2000 г., а серийное производство началось годом позже. В контракте, заключенном между DBAG и компанией Bombardier, пункт о поставке дополнительной партии электровозов серии 145 был изменен в пользу электровозов серии 185. Всего было запланировано поставить на сеть DBAG более 400 таких локомотивов. Поскольку на них нельзя установить устройства

обеспечения безопасности движения всех европейских стран, было решено оснащать конкретные локомотивы определенным пакетом устройств той страны, для сообщения с которой они предназначены. Уже в 1999 г. началась процедура допуска электровоза на сети других европейских стран, поскольку использовать его планировалось в сообщениях со Швейцарией, Австрией, Люксембургом, Францией, Швецией, Норвегией, Данией и Венгрией. Допуск на сеть Франции был получен в декабре 2003 г.

**Общеввропейский допуск.** С декабря 2003 г. с переходом на зимний график движения поездов электровоз серии 185 использовался в международных перевозках между Германией и Францией. Некоторое время спустя в этом сообщении стал обращаться французский двухсистемный электровоз серии 437000. С тех пор ежедневно 60 грузовых поездов курсируют без замены локомотива между городами Мец во Франции и Мангейм в Германии. В этом проекте удалось преодолеть барьеры, создаваемые разными системами обеспечения безопасности движения и тягового электроснабжения, а также проблемами языкового барьера, знания инфраструктуры, методов управления, организации технической помощи и др. По состоянию на середину 2005 г. 20 электровозов серии 185 были оборудованы так называемым французским пакетом. Это означает, что в его оснащении учтен ряд технических особенностей сети SNCF, и прежде всего система обеспечения безопасности движения. Наибольшие сложности в процедуре допуска возникали в решении вопросов об индикации скорости движения на дисплее системы ETCS, а также в отношении уровня мешающих токов. Примером упрощения систем управления на многосистемных локомотивах является использование универсального переключателя комбинаций головных световых сигналов. На электровозе серии 185 он имеет восемь



положений, а на четырехсистемных — 15.

Национальное общество железных дорог Люксембурга (CFL) приняло решение приобрести 20 электровозов серии 185 для выполнения перевозок внутри страны. Федеральные железные дороги Швейцарии (SBB) также заказали большую партию таких локомотивов, которые на сети SBB получили серийное обозначение Re 484.

Процесс допуска электровоза на сеть железных дорог Австрии идет уже несколько лет. Несмотря на неоднократные согласования различных технических аспектов, допуск еще не получен. Так, австрийская сторона потребовала установить видеокамеры или зеркала заднего вида, а также адаптировать к австрийским условиям тормозную систему, несмотря на то что локомотив получил допуск уже во многих странах.

Намерениям использовать электровозы серии 185 в Скандина-

вии противостоят высокая стоимость оснащения устройствами АЛС, адаптированными к системам, применяемым в Дании, на переходе через пролив Эресунн и в Швеции. При этом локомотив уже неоднократно выполнял опытные поездки с целью получения допуска на сети Скандинавии и при этом следовал до Нарвика — самой северной железнодорожной станции Европы.

**Электрическая часть.** Напряжение контактной сети через главный выключатель подается к тяговому трансформатору, четыре силовые обмотки которого подключены к двум преобразователям, питающим трехфазные тяговые двигатели. Эти статические преобразователи помещены в один компактный блок, содержащий четырехквadrантный входной регулятор (4QS), промежуточное звено постоянного напряжения и импульсный трехфазный инвертор. С выхода инвертора трехфазный

ток, регулируемый по напряжению и частоте, подается к тяговым двигателям. В режиме рекуперативного торможения вырабатываемое тяговыми двигателями трехфазное напряжение преобразуется в однофазное и поступает в контактную сеть.

**Кабины машиниста.** Кабины машиниста имеют герметичное исполнение, что позволяет избежать воздействия на машиниста волн давления, возникающих при встрече поездов. Пульт управления машиниста соответствует единому стандарту DBAG. Поскольку локомотивы этой серии должны использоваться не только в Германии, но и за границей, обычные аналоговые показания приборов заменены информацией, отображаемой на дисплее, а надписи у элементов панели управления — пиктограммами. Помимо этого, в кабине установлен блок системы локомотивной радиосвязи, широко используемый во многих странах.



Рис. 3. Электровозы серии 185

#### Электровоз серии 189

Усовершенствованный четырехсистемный электровоз серии 189 (рис. 4) железных дорог Германии, разработанный компанией Siemens Transportation и имеющий фирменное обозначение ES64F4, был использован для ведения грузового поезда на всем маршруте от Стамбула до Кёльна. Локомотивы следующей серии (ES64U4) компания Siemens поставила Федеральным железным дорогам Австрии, где они эксплуатируются под серийным обозначением Rh 1216. Они имеют надежные тележки электровозов семейства TAURUS и четырехсистемную электрическую часть электровоза серии 189/ES64F4 в современном исполнении на базе биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT).

**Кузов локомотива.** Самонесущая конструкция кузова с открывающейся крышей машинного отделения облегчает не только монтаж локомотива, но и упрощает его об-

служивание. Центральный автоматически очищающийся вентилятор обеспечивает чистым воздухом машинное отделение и требует минимальных затрат на техническое обслуживание. Кабина эргономичного дизайна имеет не только звуко- и теплоизоляцию, но и выдерживает без серьезных повреждений столкновения при движении со скоростью 40 км/ч, что было доказано на модели и экспериментально.

Два тяговых преобразователя, построенных на базе силовых транзисторов IGBT, питают четыре трехфазных асинхронных тяговых двигателя, при этом каждый из преобразователей предназначен для питания двух тяговых двигателей одной тележки по системе индивидуального регулирования. В режиме рекуперативного торможения вырабатываемая тяговыми двигателями энергия прежде всего используется для питания вспомогательных устройств, например приводов насосов, мотор-вентиляторов и др. Остальная часть энергии через четырехквadrанный регулятор, работающий в режиме однофазного инвертора, может отдаваться в контактную сеть переменного тока. Если сеть не в состоянии принять избыток энергии, он гасится в тормозных резисторах, что наиболее характерно для работы под контактной сетью постоянного тока.

**Системы регулирования.** Система регулирования тягового привода (ASG) оптимизирует его работу, используя микропроцессорные схемы. Два идентичных входных регулятора подключены к промежуточному звену постоянного напряжения, от которого получают питание шесть независимых инверторов. Система регулирования обеспечивает работу тяговых двигателей с оптимальным проскальзыванием колесных пар при реализации максимальной силы тяги и минимальном износе бандажей. Система регулирования вспомогательных устройств обеспечивает такой режим работы вентиляторов,



Рис. 4. Четырехсистемный электровоз серии 189

при котором оптимальная производительность достигается при минимально возможной частоте вращения, что необходимо для снижения уровня шума.

#### **Локомотивы с изменяемой шириной колеи**

Испанская компания Talgo SA совместно с электротехническим концерном TEAM разработала высокоскоростной электровоз с изменяемой шириной колеи. Этот проект поддержан испанским министерством по науке и технологиям. Новый электровоз имеет ширину колеи 1435/1668 мм, рассчитан на питание от контактных сетей постоянного тока напряжением 3 кВ и переменного 25 кВ/50 Гц. Мощность электровоза в продолжительном режиме составляет 3200 кВт, масса его равна 72 т и длина по буферам 19 400 мм.

Поезда Talgo Pendular с изменяемой шириной колеи обслуживают

беспересадочные направления, например, между Мадридом и Кадисом, причем нормальная колея используется на участках высокоскоростного движения до Севильи, где выполняется переход на широкую колею, по которой поезд следует с ширококолейным локомотивом до Кадиса. С вводом в эксплуатацию нового локомотива ожидаемая экономия времени составит примерно 20 мин в зависимости от типа системы перехода. Этот выигрыш будет достигнут за счет того, что упадет потребность в замене локомотива. Планируется, что устройство для изменения ширины колеи сможет работать при движении поезда со скоростью до 15 км/ч. Таким образом, в будущем можно будет достичь заметного сокращения времени хода поездов без больших затрат на перекладку пути с старой исторически сложившейся испанской колеи на нормальную.

*J. Simon. Deine Bahn, 2005, № 7, S. 426 – 434.*