

# Сочлененный электропоезд FLIRT

**Для городских железных дорог и внутрирегиональных пассажирских перевозок компания Stadler Rail Group разработала семейство сочлененных моторвагонных поездов FLIRT (Flinken Leichten Innovativen Regional-Triebwagen). Он может иметь в своем составе от двух до шести вагонов, высота пола в тамбуре удобна для пассажиров и адаптирована к платформам высотой 550 или 760 мм, число мест для сидения достигает 350. FLIRT является альтернативой поездам на локомотивной тяге и моторвагонным с высоким уровнем пола. Положительные отклики компаний-перевозчиков способствовали поступлению большого числа заказов из Швейцарии, Германии, Франции и Венгрии. Число заказанных поездов достигло 180.**

По истечении экономически обоснованного срока службы моторвагонных поездов серий 420/421 городских железных дорог в конце 1990-х годов железные дороги Германии (DBAG) инициировали разработку поездов нового поколения. В 1998 – 1999 гг. началась эксплуатация поездов семейства ET, объединившего серии с 423 по 426. Поезда этих серий были выпущены в двух- и четырехвагонном исполнении. Вагоны этих поездов имеют высоту пола в тамбуре 800 или 1000 мм.

В Швейцарии также происходит старение парка подвижного состава, предназначенного для городских железных дорог и региональных перевозок. В связи с этим Федеральные железные дороги Швейцарии (SBB) провели европейский тендер по закупкам соответствующего нового подвижного состава.

Основными требованиями к электрическому моторвагонному подвижному составу при этом были высокое ускорение, низкий уровень пола по всей длине поезда, рассчитанный на платформы высотой 550 мм, и просторные тамбуры, что способствует быстрой смене пассажиров. Области его применения должны стать городские железные дороги кантонов Цуг и Базель, а также железная дорога Wiesentalbahn в Шварцвальде (Германия).

После проведения тендера в начале 2002 г. и тщательной проверки предложений отечественных и зарубежных изготовителей SBB в конце сентября 2002 г. подписали с компанией Stadler Rail Group контракт на разработку и производство поезда FLIRT. Через год, в течение которого были выполнены проектные работы, компания приступила к изготовлению поездов. В начале июня 2004 г. первый поезд FLIRT был передан для проведения типовых испытаний и мероприятий в рамках допуска к эксплуатации.

## Концепция и основные компоненты нового поезда

В основу поездов семейства FLIRT (рис. 1) положена концепция подвижного состава с низким уровнем пола, предназначенного для городских железных дорог и внутрирегиональных перевозок. Примененное в данном случае функциональное разделение поезда на пассажирские вагоны и тяговые модули оправдало себя уже более чем в 20 различных проектах сочлененных поездов. В отличие от предыдущих решений тяговый модуль поезда FLIRT исполнен не в виде отдельного укороченного вагона, расположенного в середине состава, а как часть головного вагона, размещенная позади пульта управления машиниста над моторной тележкой.

Благодаря тому что все оборудование компактно размещено в концевых вагонах, получен сквозной, просматриваемый от первого до последнего тамбура пассажирский салон с низким уровнем пола, изолированный от тягового привода, который является источником шума. Особое внимание при проектировании поезда уделялось удобству обслуживания и ремонта оборудования: ко всем компонентам в модуле привода, требующим обслуживания, обеспечен легкий доступ.



Рис. 1. Поезд FLIRT на станции Цуг

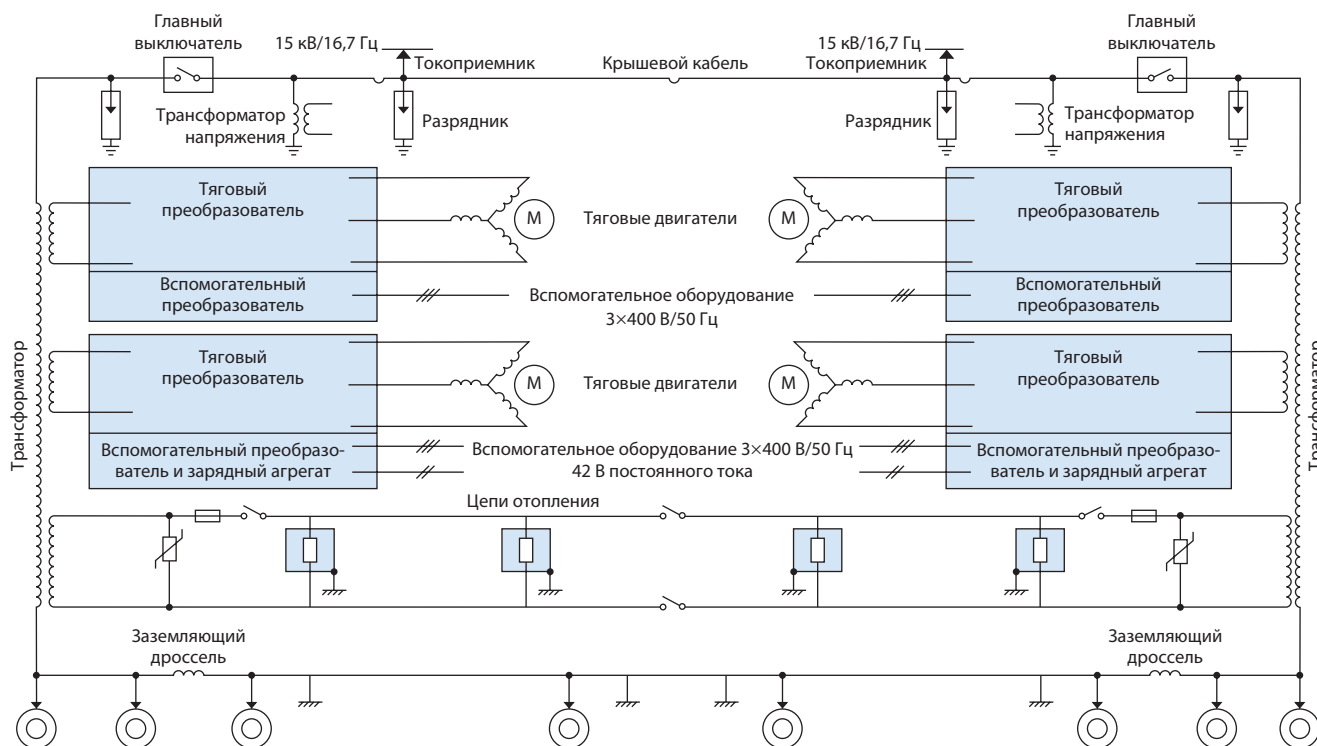


Рис. 2. Схема тяговых и вспомогательных цепей поезда FLIRT для системы переменного тока 15 кВ, 16,7 Гц

**Тележки**

Поезд FLIRT выполнен сочлененным с двумя моторными концевыми тележками, между которыми расположены поддерживающие тележки Якобса. Как в поддерживающих, так и в моторных тележках первичное подрессоривание осуществляется винтовыми пружинами, вторичное — пневматическими со встроенными элементами аварийного подрессоривания. Все колеса оборудованы тормозными дисками. В соответствии с требованиями к системе торможения поддерживающие тележки могут быть оснащены магнитно-рельсовым тормозом. Высокие ходовые качества тележек поезда FLIRT подтверждены в ходе обширных испытаний.

**Пассажирские салоны**

Пассажиры предъявляют все более высокие требования к уровню комфорта транспортных средств. Светлые и хорошо просматриваемые салоны вагонов в поезде FLIRT полностью отвечают этим требо-

ваниям. Пол по всей длине поезда имеет постоянный уровень, что облегчает распределение пассажиров по вагонам. Мощные кондиционеры обеспечивают оптимальный климат в пассажирских салонах. Расстояние между рядами сидений составляет 1800 мм, что заметно больше, чем в других пригородных и региональных поездах.

Малым временем стоянки на промежуточных станциях (максимум 20 с) и большой вместимостью вагонов поезда FLIRT определялись основные требования к размерам и оформлению тамбуров, которые выполнены просторными и адаптированы к платформам высотой 550 мм. Пассажиры быстро размещаются в удобных и хорошо обозреваемых салонах. Число дверей в вагоне выбрано на основании заданной скорости смены пассажиров. Зазор между краем платформы и порогом двери вагона перекрывается специально разработанным выдвижным мостиком. Величина его хода выбирается с учетом местных условий и позволяет перекрывать зазоры шири-

ной до 50 мм даже на платформах, расположенных в кривых.

Новый федеральный закон о пассажирах с ограниченными физическими возможностями, принятый в Швейцарии, предъявляет соответствующие требования по обеспечению удобства их посадки и высадки в общественном транспорте. Для реализации предусмотренных в законе положений SBB и Союз общественного транспорта Швейцарии (VÖV) совместно со Швейцарским бюро содействия инвалидам на транспорте (BÖV) разработали обширный каталог требований к подвижному составу и инфраструктуре общественного транспорта. В нем приведены мероприятия, способствующие удовлетворению различных потребностей инвалидов. В вагонах поезда FLIRT выполнены все требования, содержащиеся в каталоге. По отзывам соответствующих организаций инвалидов, поезд FLIRT является наиболее привлекательным для пассажиров с ограниченными физическими возможностями.

Бюро BÖV оказывало консультативную поддержку при разработ-

ке вагонов FLIRT и в значительной степени способствовало достижению успешного результата. В центре внимания при разработке находились новые, значительно улучшенные туалетные кабины, специальные зоны для инвалидов колясок с отдельным постом аварийной звуковой связи, тамбуры с новым мостиком для перекрытия зазоров, позволяющим инвалидным коляскам свободно преодолевать разницу в высоте до 30 мм и максимальный горизонтальный зазор 50 мм. Кроме того, требования инвалидов учитывали при разработке системы информирования пассажиров, устройств открывания/закрывания дверей, освещения и цветового оформления салона.

### Тяговый привод

Мощность тягового привода в поезде FLIRT сознательно выбрана с запасом. Ее максимальное значение рассчитано по заданному времени хода, а сила тяги при трогании с места — по сцепной массе. Длительная мощность равна 2000 кВт, что обеспечивает достаточный резерв и позволяет при необходимости увеличить вместимость поезда путем прицепки к нему дополнительных вагонов. Максимальное число вагонов в поезде равно шести.

Поезд имеет один или два токоприемника, связанных крышевым кабелем. От токоприемника поток мощности идет к главному выключателю, трансформатору, преобразователю, а затем к тяговым двигателям (рис. 2). Электрооборудование, за исключением токоприемников, дублировано, поэтому неисправность одного из компонентов не вызывает полного отката поезда.

Тяговый трансформатор с системой масляного охлаждения замкнутого типа, масляным насосом и расширительным баком размещен в одном блоке. Такие блоки установлены на крыше концевых ва-

гонов. Трансформатор имеет первичную обмотку, две вторичные и отопительную. Вторичные обмотки, от которых получает питание преобразователь, имеют отводы для переключения напряжения с 15 на 25 кВ.

Каждый тяговый двигатель подключен к отдельному преобразователю типа Bordline CC 750 компании ABB (Швейцария). Такие же преобразователи используются в сочлененных электропоездах новейшего поколения, принадлежащих компаниям Regionalverkehr Mittelland и Thurbo, выполняющим региональные перевозки в Швейцарии.

В состав преобразователя входят следующие компоненты:

- сетевой четырехквadrантный регулятор;
- выходной трехфазный инвертор, питающий тяговый двигатель;
- интегрированный преобразователь питания вспомогательных устройств и зарядный агрегат;
- промежуточное звено напряжением 750 В постоянного тока и увеличенной суммарной емкостью, позволяющей отказаться от поглощающей цепочки.

Преобразователь построен на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT) и тактовой частотой 2 кГц.

Конструктивно преобразователь исполнен в виде шкафа со вставными блоками. Полупроводниковые вентили имеют водяное охлаждение. Прочие элементы охлаждаются за счет внутренней циркуляции воздуха в шкафу. Благодаря высокой тактовой частоте переключения силовых транзисторов высшие гармоники в обмотках трансформатора и тяговых двигателей. На рис. 3 приведена тяговая характеристика поезда FLIRT.

Асинхронные трехфазные тяговые двигатели типа TМF 59-39-4 изготовлены компанией Traktionssysteme Austria (BSA). Номинальная мощность двигателя составляет 500 кВт, максимальная 650 кВт. Двигатели имеют принудительную вентиляцию, не допускающую их повышенного нагрева даже при максимальной силе тяги и минимальной скорости. Тяговый двигатель с изоляцией класса 200 соединен с двухступенчатым цилиндрическим редуктором и упруго подвешен в тележке. Крутящий момент передается на ось колесной пары через полый вал и упругую муфту.

Система управления поезда FLIRT выполнена на базе компонентов семейства MAS-N с последовательными системами информационных шин CAN и CAN-

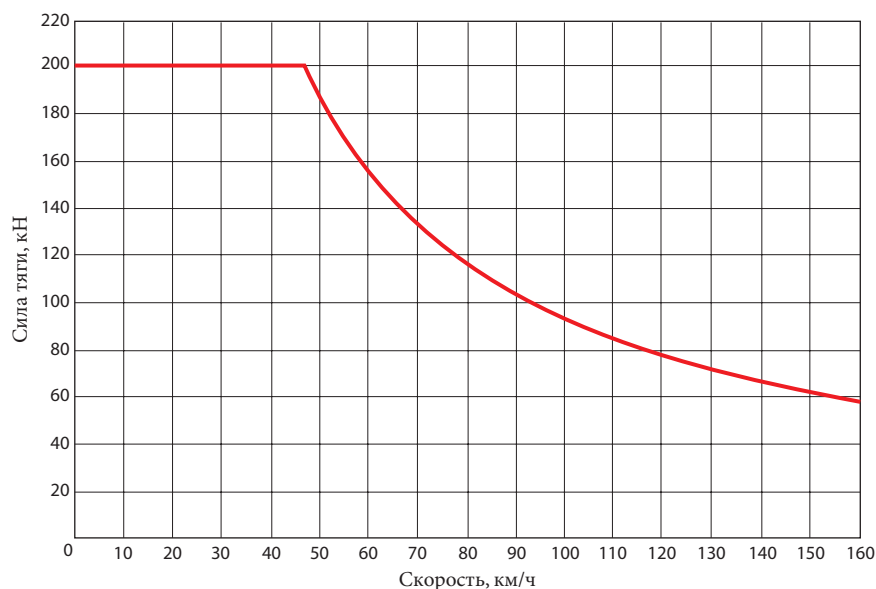


Рис. 3. Тяговая характеристика поезда FLIRT

Powerline компании Selectron. Все элементы системы управления дублированы, благодаря чему любая неисправность (например, отказ главного компьютера) не приводит к нарушению работы. Система управления состоит из распределенных процессоров и блоков, осуществляющих считывание и выдачу сигналов.

### Противопожарные мероприятия

Требования к противопожарной защите стали заметно более жесткими в связи с несколькими случаями пожаров в поездах в последние годы. Вследствие большой доли тоннельных участков на сети SBB подвижной состав должен соответствовать второй степени противопожарной защиты согласно стандарту DIN 5510. Вагоны, имеющие открытый и проходной салон, обычно этому стандарту не отвечают. Для обеспечения безопасности пассажиров в длинных тоннелях требуется разделять салон на отсеки огнестойкими перегородками. Однако такие перегородки (даже из стекла) препятствуют проходу пассажиров и ухудшают обзорность салона.

Вагоны поезда FLIRT впервые в Швейцарии оборудовали системой тушения пожаров в салоне. Борьба с пожаром ведется локально, на месте появления пламени. С этой целью вагон разбит на 10 отсеков. Выход пламени обнаруживается пожарным детектором с оптико-тепловыми датчиками. Для тушения используется распыляемый под высоким давлением водяной туман, мелкодисперсные частицы которого образуют большую суммарную поверхность. Они вытесняют кислород воздуха, охлаждают температуру пламени и экранируют очаг возгорания. Воздух, несмотря на пониженное содержание кислорода, остается пригодным для дыхания, что и позволило применить такую систему в пассажир-

ском салоне. Сопла, создающие водяной туман, встроены в плафоны освещения и снаружи незаметны.

### Полигоны обращения поездов FLIRT

#### Швейцария

Анализ работы железной дороги кантона Цуг показал, что для нее необходим новый подвижной состав с низким полом. При этом он должен обладать хорошими ходовыми свойствами, иметь оснащение салонов, отвечающее пожеланиям пассажиров и включающее современную систему их информирования. Требовалось также обеспечить быструю смену пассажиров на промежуточных станциях. Эти технические условия совпадали с общими требованиями SBB, для которых важно было создать подвижной состав для перевозок не только по городской железной дороге в кантоне Цуг, но и по региональным линиям в кантоне Базель, а также на упоминавшейся ранее железной дороге Wiesentalbahn в Германии. Технические требования на новый подвижной состав разрабатывались SBB в тесном сотрудничестве со швейцарским бюро BÖV и представителями заинтересованных кантонов. При выборе цветов окраски поездов потребовались взаимные согласования между SBB и властями кантона Цуг.

Впервые новые поезда стали обращаться на городской железной дороге кантона Цуг, включающей две линии SBB (S1 и S2, ось север — юг). По линии S1 осуществляются перевозки пассажиров по маршрутам Бар — Цуг — Хам (поезда следуют с 15-минутным интервалом) и Хам — Роткройц — Эбikon — Люцерн (интервал 30 мин). По линии S2 пассажирские поезда идут с часовым интервалом из Цуга через Обервиль и Вальхвиль до Арт-Гольдау и далее до Эрстфельда. На нескольких станциях (Хуб —

в черте г. Бар, Цуг, Хам и Роткройц) городская железная дорога соединяется с автобусной сетью транспортного предприятия Zugerland Verkehrsbetriebe. Здесь созданы все условия для быстрой и удобной пересадки.

На основании пожеланий, высказанных пассажирами, были сформулированы следующие требования:

- новые поезда должны обладать оптимальными характеристиками разгона и замедления, чтобы эксплуатироваться в условиях городской железной дороги;
- требуется наличие в поездах большого числа входных дверей достаточной ширины и тамбуров с низким уровнем пола, чтобы обеспечивались минимальные затраты времени при смене пассажиров на промежуточных станциях;
- необходимы системы информирования пассажиров с наружными и внутренними указателями и средствами акустической информации. Кроме того, в тамбурах должны быть экраны, на которых отображается реальное время отправления поездов и автобусов на станциях пересадки, т. е. с учетом их опозданий.

Политикой SBB в области подвижного состава определяются дополнительные требования к новым поездам:

- оборудование установками кондиционирования воздуха подвижного состава для региональных перевозок;
- устройство зон бизнес-класса, отделений для велосипедов, инвалидов и детских колясок;
- обеспечение свободного обзора салонов по всей длине поезда;
- оснащение вагонов с учетом потребностей инвалидов (включая специально оборудованные туалеты);
- введение запрета на курение в поездах.

Несмотря на то что для железной дороги кантона Цуг предназначались только первые 12 поездов местного сообщения из заказанных 42, все поезда этой партии



полностью отвечают требованиям эксплуатации на линиях этого типа. Соответствующий дизайн с высоким уровнем комфорта был не единственным требованием к новым поездам. Необходим был мощный привод, так как поезда городской железной дороги нужно было включать в график движения поездов более высокого уровня. Поезд FLIRT быстро разгоняется до максимальной скорости 160 км/ч. В четырехвагонном исполнении он имеет с обеих сторон по восемь широких раздвижных дверей, обеспечивающих быструю смену пассажиров на промежуточных станциях. В салонах поезда установлены 149 пассажирских кресел во втором и первом классе.

Особое внимание уделено информированию пассажиров. Они в оперативном порядке получают звуковую и оптическую информацию. Под потолком в салонах вагонов расположены матричные индикаторы, видимые со всех кресел. В тамбурах установлены плоские экраны, на которые выводится оперативная информация о следующем остановочном пункте и возможностях пересадок в нем.

Следующим этапом обновления подвижного состава был заказ SBB компании Stadler Rail Group двухсистемных поездов FLIRT разных модификаций, что позволит их использовать в международном сообщении с Францией (переменный ток напряжением 25 кВ, частотой 50 Гц) и Италией (постоянный ток напряжением 3 кВ).

### Германия

В начале 2004 г. в Германии на тендер был выставлен контракт на эксплуатацию в течение 10 лет двух больших сетей электрифицированных железнодорожных линий: Nord — Ost-Hessen (Гессен/Тюрингия/Нижняя Саксония, передача оператору в конце 2006 г., размеры



Рис. 4. Поезд Flirt на участке Айзенах — Бебра железной дороги Nord — Ost-Hessen

движения около 3,5 млн. поездо-км в год) и Teutoburger Wald (Северный Рейн-Вестфалия/Нижняя Саксония, передача в конце 2006 г., размеры движения около 4 млн. поездо-км/год). По условиям тендера, объявленного в масштабах ЕС, предпочтение было отдано поезду FLIRT, поскольку изменением состава можно будет гибко реагировать на изменения пассажиропотока, обеспечивая экономичную эксплуатацию.

Кроме того, гибкая конфигурация поезда является важным аргументом при продаже. Для сети Nord — Ost-Hessen (заказчик — консорциум фирм *Bietergemeinschaft Hamburger Hochbahn* и *Hessische Landesbahn*) были заказаны поезда FLIRT в трех- и четырехвагонном исполнении (рис. 4) с высотой пола над УГР 600 мм и для сети *Teutoburger Wald* (заказчик — компания *Bietergemeinschaft Westfallenbahn*) — в трех- и пятивагонном исполнении с высотой пола 760 мм. По высоте пола обе модификации поездов отвечают требованиям региональных перевозок. Во всех вагонах обеспечивается сквозной проход по всей длине поезда. В дальнейшем поезда FLIRT могут быть оборудованы

гибридным (для электрической и дизельной тяги) приводом.

### Выводы

Для компании Stadler семейство поездов FLIRT является логичным дополнением типоряда подвижного состава для внутрирегиональных перевозок и городских железных дорог. В настоящее время парк такого подвижного состава образован поездами *Regio-Shuttle*, а также двух- и трехвагонными сочлененными поездами *GTW*, оптимально используемыми при малых и средних пассажиропотоках. Новые поезда FLIRT с низким уровнем пола, которые могут иметь в составе от двух до шести вагонов (до 350 мест для сидения) и предназначены для линий с высотой платформ 550 или 760 мм, являются удачной альтернативой поездам на локомотивной тяге и моторвагонным с высоким полом. Использование в их схемах и конструкциях современных решений обеспечивает надежную и экономичную работу и высокую эксплуатационную готовность.

*S. Obst, R. Beutler. Eisenbahntechnische Rundschau, 2005, № 12, S. 767 – 774.*