

Система ETCS на высокоскоростной линии Рим — Неаполь

19 декабря 2005 г. началась коммерческая эксплуатация новой линии Рим — Неаполь, обладающей высокой пропускной способностью и рассчитанной на скорость движения поездов 300 км/ч. Это — первая в Италии линия, оборудованная европейской системой управления движением поездов ETCS уровня 2.

Новая линия стала первой частью будущей магистрали Милан — Неаполь, которая является основой плана реконструкции железных дорог Италии (FS), предусматривающего соединение узлов сети и дублирование линий на направлениях Милан — Неаполь и Турин — Венеция, которые отличаются высокой интенсивностью перевозок. План предусматривает строительство 1250 км линий в соответствии с инновационными техническими стандартами и директивами Европейского союза (ЕС). Новые линии рассчитаны на смешанные пассажирские и грузовые перевозки на средние и большие расстояния

в условиях тесной интеграции с обычными линиями, предусматривающей сквозное движение по некоторым маршрутам. Цель состоит в трансформации железных дорог Италии в транспортную систему с высокой пропускной способностью — создание новых линий приведет к усилению сети и почти удвоит число обращающихся поездов, причем в коммерческой эксплуатации будет достигнута скорость 300 км/ч при максимальном уровне безопасности.

Новая линия Рим — Неаполь длиной 214 км отвечает главным критериям плана — она стыкуется с существующей сетью в пяти пунктах,

что позволяет забрать с нее часть пассажиропотока и высвободить пропускную способность соседних обычных линий для грузового движения.

Технические параметры трассы

Новые высокоскоростные линии в Италии спроектированы в расчете на смешанное движение пассажирских и грузовых поездов. По геометрическим параметрам трассы (минимальный радиус кривых, уклоны, возвышение наружного рельса в кривых, ширина колеи), осевым нагрузкам и габариту приближения строений высокоскоростные линии полностью совместимы с подвижным составом, используемым на обычных линиях в пассажирских и грузовых сообщениях, а также с подвижным составом, разработанным для обращения по европейской сети высокоскоростных линий.

Функциональные характеристики системы регулирования движения поездов

Одним из наиболее инновационных компонентов новой линии является европейская система управления движением поездов ETCS, внедрение которой обусловлено требованием об эксплуатационной совместимости и оптимизации пропускной способности в соответствии с директивой ЕС 96/48/СЕ от 23 июля 1996 г.

На линии используется система ETCS уровня 2 без каких-либо традиционных напольных сигналов. Команды на движение поездов передаются из центров блокировки на базе радиосвязи (RBC) по стандартной сети GSM-R. Бортовое устройство ETCS, реализованное в соответствии со стандартом Eurocab, взаимодействует с системой управления тягой и торможением поезда. Каждый поезд непрерывно получает информацию о доступности мар-

Технические характеристики линии Рим — Неаполь

Тип перевозок	Пассажирские и грузовые
Максимальная скорость, км/ч	300
Минимальный радиус кривых, м	5450
Максимальный уклон, ‰	18
Максимальный уклон в тоннелях, ‰	15
Максимальное возвышение наружного рельса в кривых, мм	105
Минимальный радиус переходной кривой стрелочного перевода при отклонении на боковой путь, км	20
Максимальная осевая нагрузка, т	25
Ширина основной площадки трассы, м	13,6
Расстояние между осями путей, м	5
Площадь поперечного сечения тоннеля, м ²	82
Система тягового электроснабжения на вновь построенных участках	25 кВ переменного тока частотой 50 Гц
Система тягового электроснабжения на городских участках	3 кВ постоянного тока
Среднее расстояние между тяговыми подстанциями, км	50
Среднее расстояние между двумя центрами коммутации системы связи, км	24
Среднее расстояние между двумя центрами блокировки на базе радиосвязи (RBC), км	48

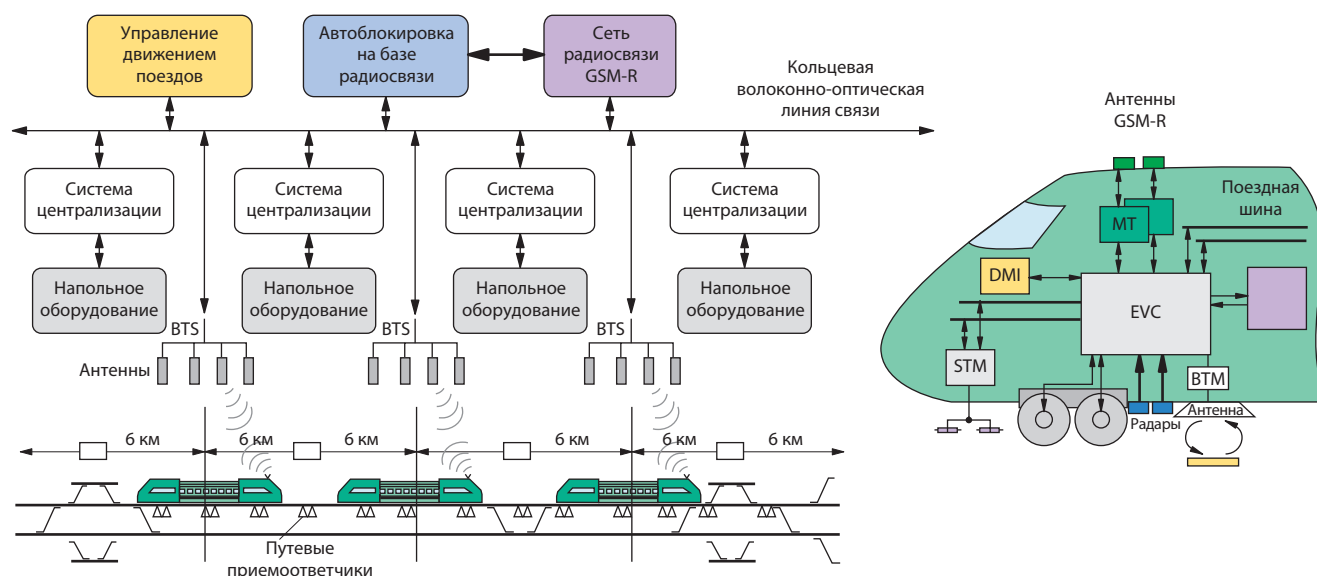


Рис. 1. Архитектура системы обеспечения безопасности и управления движением поездов на высокоскоростной линии Рим — Неаполь: BTS — базовые радиостанции GSM-R; BTM — модуль точечной передачи информации; EVC — бортовой компьютер ETCS; DMI — интерфейс пользователя на пульте машиниста; MT — радиостанция GSM-R; STM — специализированный модуль передачи

шрута в зависимости от расстояния допередиидущего поезда и о местах, где требуется снижение скорости из-за геометрических параметров линии, проведения ремонтных работ и т.д. RBC динамически рассчитывает для каждого поезда безопасный тормозной путь в зависимости от фактической скорости и тормозных характеристик. Учитывая это расстояние, другие параметры пути и временные ограничения скорости, RBC передает на поезд значение максимально допустимой скорости, которое должно контролироваться бортовым устройством.

Местоположение поезда рассчитывается бортовыми средствами с помощью модуля одометрии, показания которого калибруются по сообщениям, принимаемым от путевых приемопередатчиков, расположенных в определенных пунктах линии.

Система регулирования движения поездов допускает межпоездной интервал 2 мин 30 с при скорости движения 300 км/ч.

Архитектура системы

В состав **напольного оборудования** СЦБ (рис. 1) входят:

- 360 рельсовых цепей для контроля свободности пути;

- 40 стрелок с гидравлическим приводом;
- 19 систем централизации разного уровня сложности, расположенных в среднем через каждые 12 км;
- 70 базовых радиостанций BTS, расположенных в среднем через каждые 3 км;
- система связи на основе синхронной цифровой иерархии;
- центры блокировки на базе радиосвязи RBC для управления поездными передвижениями;
- интегрированный центр управления для руководства движением поездов.

Бортовая подсистема включает:

- безопасный компьютер EVC;
- специализированный модуль передачи STM для реализации функций систем АЛС типов ВАСС и SCMT, используемых на обычных линиях железных дорог Италии.

Система ETCS для новой линии поставлена компанией Alstom, внедрившей оба центра RBC и оборудовавшей бортовыми устройствами высокоскоростные поезда ETR 500.

В ходе реализации проекта было решено проблема использования системы ETCS с учетом правил и процедур, действующих в Италии. При этом необходимо было переоборудовать подвижной состав, предназначенный для работы

на новой линии в начале ее коммерческой эксплуатации.

Применение технических решений, основанных на стандарте ETCS, в рамках проекта требовало их интеграции с оборудованием для существующих обычных линий, отличающихся по системам как сигнализации, так и тягового электроснабжения. Необходимо было решить следующие задачи:

- переход с высокоскоростной на обычную линию с обеспечением безопасности движения поезда в каждой точке линии с максимальной скоростью, допускаемой на существующих линиях, включая участки с традиционной светофорной сигнализацией и соответствующими повторителями сигнальных показаний в кабине машиниста, а также на участках без напольных сигналов, где безопасность движения поездов реализуется исключительно средствами ETCS уровня 2;
- переход поездов с участков, электрифицированных на постоянном токе напряжением 3 кВ, на участки с системой тяги 25 кВ переменного тока на максимально допустимой скорости с переключением бортового тягового оборудования двухсистемных поездов ETR 500;
- взаимодействие между двумя разными подсистемами тяги требует

устранения электромагнитных влияний, для чего необходимы специализированные схемы для фильтрации шумов при движении по обычным линиям и в местах стыкования разных систем тока.

Новая система сигнализации должна соответствовать действующим в Италии стандартам в отношении безопасности. Поэтому ETCS проектировалась для такого уровня защиты поездных передвижений, который, как минимум, эквивалентен достигнутому прежними системами:

- система обеспечивает включение экстренного торможения через 7 с после прекращения работы канала радиосвязи, т. е. так же, как это сделано на обычных линиях в системе локомотивной сигнализации;
- интерфейс оператора центра блокировки на базе радиосвязи RBC обеспечивает уровень безопасности SIL4 для отображаемой информации, что позволяет вводить ответственные команды по заданию ограничений скорости и статуса рельсовых цепей;
- обеспечивается интеграция между системами централизации и центрами RBC с использованием протокола обмена информацией уровня 7 стандарта Euroradio, позволяющего использовать общедоступные сети фиксированной или беспроводной связи.

Концепция ETCS не предусматривает опору на какую-либо резервную систему. При необходимости в специальной защите вводится резервирование на каждом уровне системы, включая перекрытие зон уверенного приема радиосигналов, позволяющее обеспечить функционирование системы без нарушения поездной работы в случае отказа путевых приемопередатчиков.

Процесс управления безопасностью

Процесс управления безопасностью устроен согласно требованиям итальянских и европейских

(CENELEC) стандартов. Этап анализа рисков был основан на процедурах исследования опасности и работоспособности HAZOP, включая анализ основных факторов работы системы, как со стороны железной дороги, так и со стороны поставщиков оборудования. Анализ опасностей и оценка рисков, возникающих в системе, позволяют распределить требования безопасности между основными подсистемами СЦБ, к числу которых на высокоскоростной линии Рим — Неаполь относятся подсистемы управления маршрутами (основана на функциях централизации), регулирования движения поездов (основана на ETCS уровня 2) и бортовая подсистема.

Основываясь на таком распределении требований безопасности, поставщики разработали свои компоненты и продемонстрировали безопасность каждой подсистемы. Все потенциальные опасности, выявленные в ходе процесса разработки, были запротоколированы и обсуждены в ходе регулярных совещаний между представителями консорциума поставщиков и RFI, проводимых в рамках реализации проекта создания высокоскоростной линии Рим — Неаполь.

Процесс валидации в компании Alstom основан на следующих основных этапах:

- валидация компонентов центра блокировки на базе радиосвязи RBC и безопасного поездного компьютера EVC;
- контроль и валидация интегрированной системы.

Первый этап состоял в проверке соответствия базовой системы требованиям UNISIG и CENELEC в отношении функциональности и безопасности. Эта работа выполняется преимущественно в лабораторных условиях с постоянным учетом результатов реализации пилотного проекта. Все ошибки в работе системы и усовершенствования идентифицируются на этапе разработки или тестирования, при этом осуществляется их отслеживание в ходе регулярных совещаний и жестко

организованного процесса управления конфигурированием системы. Этот этап валидации позволяет подтвердить соответствие уровню безопасности SIL4 в отношении проверяемых компонентов и соответствующего процесса конфигурирования, необходимого при реализации конкретных проектов.

Второй этап состоял в полевых испытаниях напольного и бортового оборудования ETCS и валидации интегрированной системы. Компоненты системы конфигурировали для удовлетворения требованиям линии Рим — Неаполь и поездов ETR 500. Валидация в отношении функциональности и безопасности была основана на серии испытаний с нарастающим уровнем сложности при использовании разных тестовых случаев.

Серия предварительных испытаний преследовала цель проверки базовых функций. Напольное оборудование тестировали с применением имитационной модели бортового компьютера EVC сначала в лаборатории, а затем в полевых условиях. При этом проверялись:

- интеграция центров RBC с системой централизации и пользовательским интерфейсом при выполнении ответственных операций;
- взаимодействие центров RBC друг с другом;
- взаимодействие RBC с сетью радиосвязи GSM-R;
- передача поездов от одного RBC другому;
- основные функции ETCS.

Далее испытания выполнялись с использованием прототипа поезда ETR 500, оборудованного системой комплексной диагностики. Тестировалась бортовая подсистема ETCS. Поезд с января 2005 г. совершал одиночные поездки по линии Рим — Неаполь, управляли его движением участковый диспетчер и поездной персонал. По результатам поездок выполнили валидацию для:

- интеграции бортового оборудования ETCS с поездом ETR 500 (при этом особое внимание уделялось вспомогательным функциям);

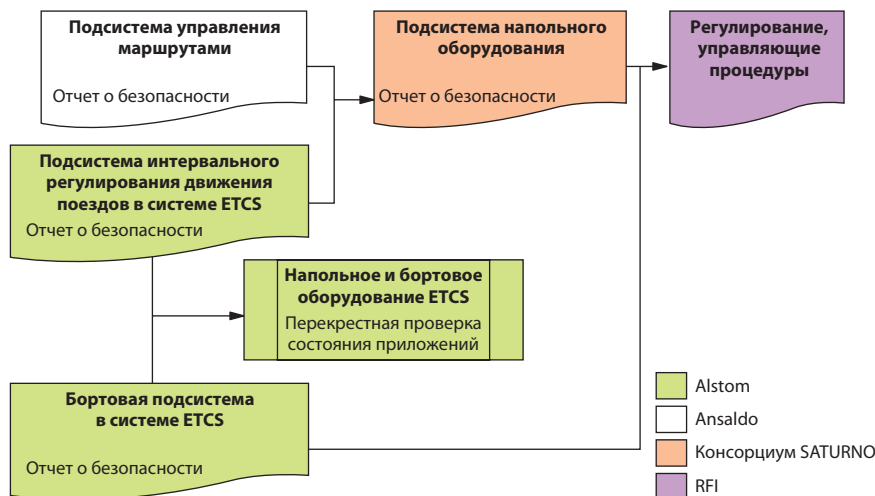


Рис. 2. Управление безопасностью в системе СЦБ на линии Рим — Неаполь

- режимов торможения при разных условиях сцепления колес с рельсами;
 - функций измерения пройденного пути и скорости при разных условиях сцепления и разном состоянии соответствующих датчиков;
 - обнаружения напольных приемопередатчиков бортовыми устройствами при разных скоростях движения;
 - работы сети радиосвязи GSM-R;
 - базовых функций ETCS.
- Разрешение на опытные поездки ки одиночного поезда со скоростью

до 150 км/ч в условиях работы реальной системы без дополнительных ограничений по безопасности было получено от RFI 1 июля 2005 г. Через две недели допустимая скорость в этом разрешении была увеличена до 300 км/ч, что стало возможным после получения статистической информации о работе поездной системы определения местоположения при максимальной графической скорости на этой линии.

После серии опытных поездок одного реального поезда с одновременным моделированием движения второго поезда 1 августа 2005 г. RFI разрешила опытные поездки по линии двух поездов, взаимодействующих с реальной системой ETCS.

Спустя месяц процесс подтверждения безопасности ETCS был завершен. Это позволило 12 сентября 2005 г. приступить к опытной эксплуатации линии. В дальнейшем на линии обращались несколько новых поездов, оборудованных ETCS. Данные обо всех поездах протоколировались и изучались специалистами RFI. Собранная информация позволила завершить валидацию системы на линии Рим — Неаполь и найти оптимальный баланс между требованиями безопасности и эксплуатационной готовности.

Все результаты были собраны в отчеты о безопасности для базового и специфического приложений. Эти отчеты структурированы по иерархическим уровням для обеспечения управления безопасностью в зависимости от состояний приложений (рис. 2).

Регулярная эксплуатация высокоскоростной линии Рим — Неаполь начата 19 декабря 2005 г. Безопасность движения в полном объеме обеспечивает система ETCS. Перевозки выполняют восьми- и 12-вагонные электропоезда ETR 500. В январе 2006 г. по линии курсировали четыре поезда в сутки, в апреле 2006 г. их число было увеличено до 12 в сутки и более.

Больше, чем просто необходимость...

комплекс систем обеспечения безопасности для железных дорог

WWW.NPCPROM.RU

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
ПРОМ ЭЛЕКТРОНИКА

тел.: (343) 358-55-00, 378-85-36

G. De-Tilière, R. Semprini. Signal und Draht, 2006, № 11, S. 30 – 32.