

Процесс стандартизации в рамках ЕС в последние годы позволит объединить ряд требований к противопожарным системам. Кроме того, будут уточнены и дополнены некоторые пункты существующих стандартов, относящиеся к защите от пожаров. Это относится и к некоторым разделам проекта стандарта EN 45545, дискуссии по которым продолжаются и сейчас. В стандарты, касающиеся пожарной безопасности, должны быть также включены новые компенсационные мероприятия.

В новых редакциях стандарта EN 45545, технических спецификаций совместимости TSI и документов МСЖД, помимо прочего, должно быть уделено особое внимание вопросам безопасности в вагонах, содержания свободными путями эвакуации пассажи-

ров, проникновения спасателей в купе в случае пожара или аварии.

При разработке концепции нового подвижного состава заказчик должен предоставлять детальную информацию о характере эксплуатации вагонов или моторвагонных поездов, в том числе о наличии в них обслуживающего персонала. Эта информация в дальнейшем должна быть учтена разработчиком в ходе реализации проекта. Новый подвижной состав должен быть рассчитан также на прохождение в аварийных ситуациях тоннелей большой длины, что обеспечит его гибкую и беспрепятственную эксплуатацию на всей сети.

*J. Heyn. Eisenbahningenieur, 2005, № 3, S. 29 – 37.*

## Система радиосвязи для поездов Transrapid

*Система радиосвязи в диапазоне 38 ГГц компании Telefunken Rasot входит в состав комплекса управления OCS транспортной системой на магнитном подвесе Transrapid. Этот комплекс обеспечивает автоматическое управление работой системы Transrapid и интегрирует все подсистемы в единое целое. Через систему радиосвязи осуществляется обмен информацией между стационарными и бортовыми компонентами всех причастных подсистем. Интеграция системы радиосвязи в комплекс OCS, разработанный подразделением Transportations Systems Rail Automation компании Siemens, в значительной мере способствовала успешной реализации проекта Transrapid.*

### Система OCS и ее компоненты

Система управления движением поездов OCS обеспечивает безопасную автоматическую работу транспортной системы Transrapid. Она контролирует все подсистемы, такие, как тяговый привод, поезд и стрелочные переводы, интегрируя их в единый комплекс, обладающий высокой эксплуатационной готовностью. При этом система выполняет задачи, связанные с обеспечением безопасности, в числе которых контроль за допустимой скоростью поезда, управление торможением перед остановочными пунктами и включение в

случае опасности экстренного торможения с применением дополнительных тормозов на поезде.

Поскольку поезда Transrapid курсируют без участия машинистов, требования к безопасности и эксплуатационной готовности системы управления очень высоки. Для их удовлетворения используются многоканальные безопасные компьютеры SIMIS. Команды управления работой транспортной системы поступают из диспетчерского центра, оборудованного централизованной управляющей системой CCS. Высокой эксплуатационной готовностью должна обладать и система связи, соединяющая отдельные компоненты друг с другом.

OCS состоит из централизованных и децентрализованных компонентов (рис. 1). Централизованные компоненты, размещенные в диспетчерском центре, отвечают за управление технологическим процессом и его координацию. Они контролируют, в частности, исполнение графика движения и технологические операции, обеспечивают процесс управления и отображения информации, выполняют администрирование диагностических сообщений в системе. В помещении центра размещены рабочее место диспетчера и централизованное оборудование системы радиосвязи для обмена информацией, диагностики и обработки данных с линии.

Децентрализованные компоненты размещены таким образом, что для каждого участка линии выделена децентрализованная управляющая система DCS.

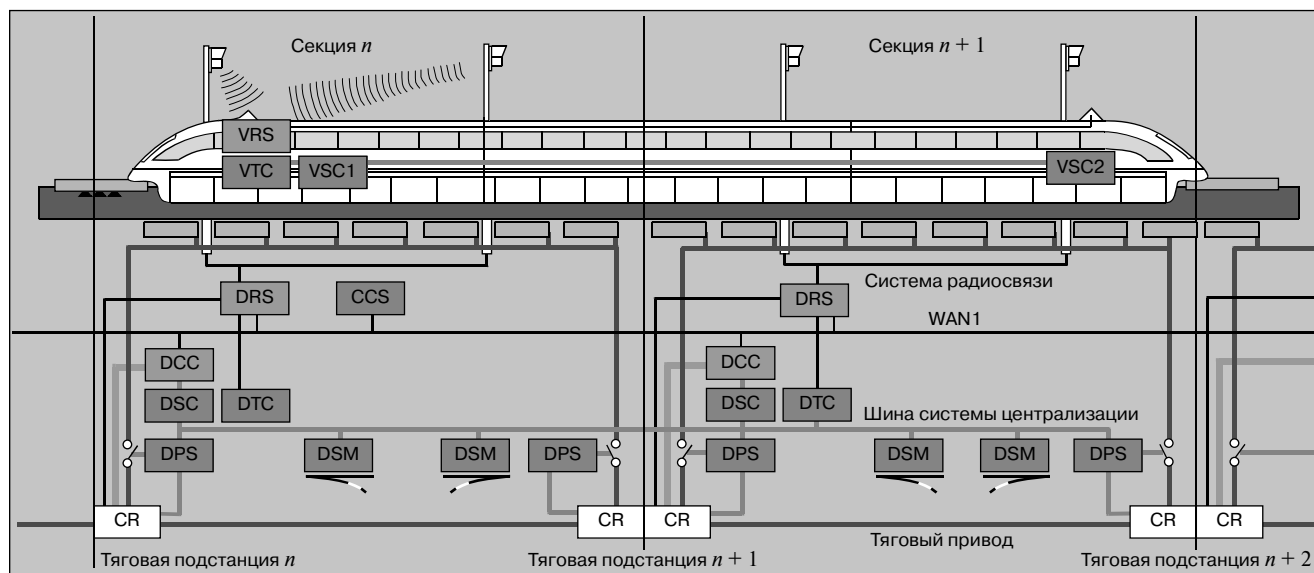


Рис. 1. Система управления OCS и ее компоненты:

CCS — централизованная управляющая система; CR — преобразователь; DCC — децентрализованный управляющий компьютер; DPS — децентрализованный Propulsion Shut-off; DRS — децентрализованная система радиосвязи; DSC — децентрализованный безопасный компьютер; DSM — децентрализованный модуль коммутации; DTC — децентрализованный коммуникационный компьютер; VRS — бортовая система радиосвязи; VSC — бортовой безопасный компьютер; VTC — бортовой коммуникационный компьютер; WAN — глобальная сеть передачи данных

### Интеграция радиосвязи в систему OCS

Все децентрализованные компоненты соединены друг с другом и с диспетчерским центром сетями передачи данных. Наряду с волоконно-оптическими и медными кабелями, соединяющими стационарные устройства, в передаче данных участвует система радиосвязи, обеспечивающая обмен информацией между бортовыми компьютерами и датчиками, с одной стороны, и стационарными устройствами — с другой.

Система радиосвязи работает в диапазоне миллиметровых волн на частоте 38 ГГц. В ней предусмотрены собственные интерфейсы со всеми необходимыми компонентами транспортной системы Transrapid. Для всех поездов на всем протяжении линии выделяются необходимые каналы связи для обмена информацией с напольными устройствами, закрепленными за каждым участком пути (рис. 2).

### Структура системы радиосвязи

Система радиосвязи построена по иерархическому принципу (рис. 3). В состав напольного оборудования входят:

- центр радиосвязи CRCU;
- децентрализованный модуль радиосвязи DRCU;
- базовая станция RBS.

К бортовым устройствам относятся:

- бортовая радиостанция MTS;
- бортовой компьютер радиосвязи MRCU.

### Центр радиосвязи CRCU

Центр радиосвязи оснащен рабочим местом с персональным компьютером. При помощи этого компьютера эксплуатационный персонал может обновить параметры системы радиосвязи, например ввести информацию о новых поездах или изменить места переключения между базовыми станциями.

Рабочее место центра радиосвязи служит также для диагностики. Графический интерфейс позволя-



Рис. 2. Интеграция системы радиосвязи в систему OCS: ISDN — интегрированная цифровая сеть связи; другие обозначения — см. рис. 1

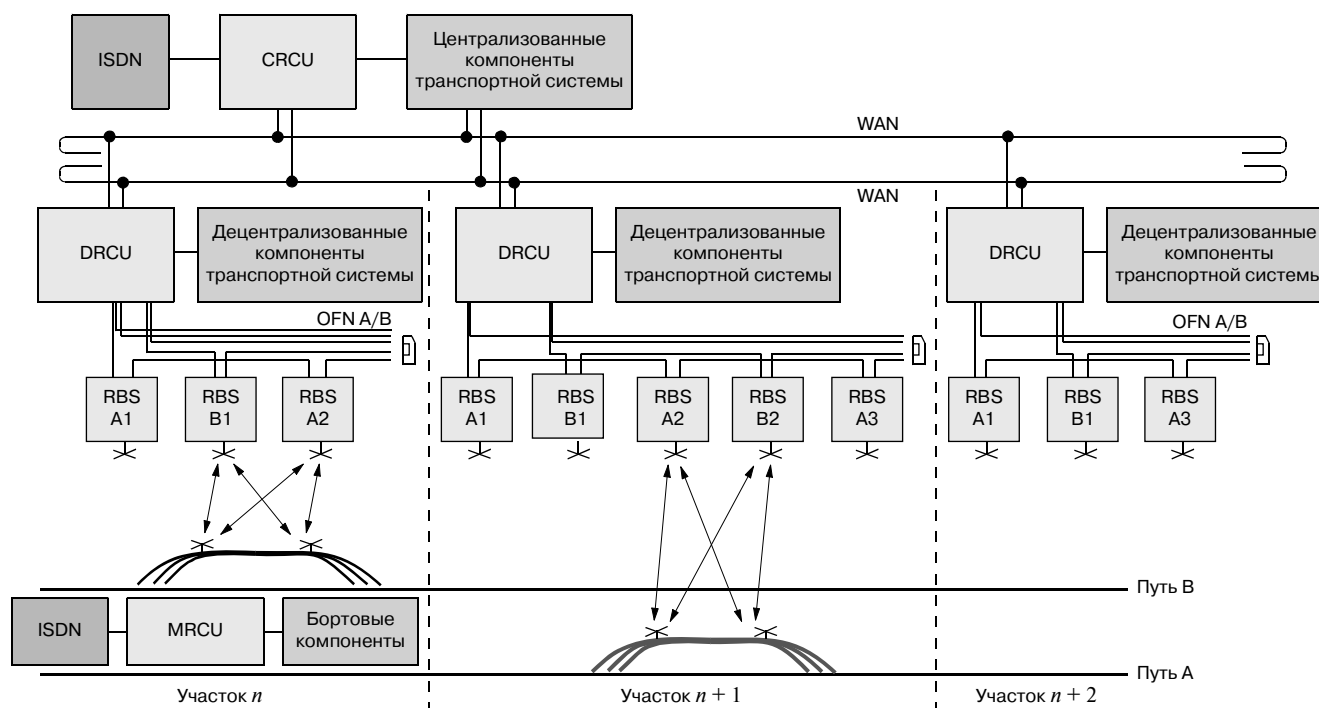


Рис. 3. Структура системы радиосвязи:

CRCU — центр радиосвязи; DRCU — децентрализованный модуль радиосвязи; RBS — базовая станция; MRCU — бортовой компьютер радиосвязи; OFN — волоконно-оптическая сеть; другие обозначения — см. рис. 1

ет не только непрерывно контролировать работу всех компонентов системы радиосвязи, но и целенаправленно запрашивать информацию о состоянии отдельных компонентов для локализации неисправности на уровне отдельных блоков. Все извещения о состоянии и неисправностях в системе радиосвязи передаются в этот центр и записываются в банк данных SQL. Пользователь может искать в этом банке данные по различным критериям.

Персональный компьютер центра полностью дублирован и работает в режиме горячего резервирования. За счет совместного использования дублированных накопителей на жестких дисках потеря времени на обновление информации при переключении на резервный компьютер в случае отказа не происходит.

Кроме того, в центре радиосвязи реализованы интерфейсы для перехода в сеть ISDN. В зависимости от запроса возможен переход в общедоступную или служебную сети связи.

#### Децентрализованные модули DRCU

Линия Transrapid разбита на блок-участки, что обусловлено как эксплуатационными соображениями, так и технологией обеспечения безопасности движения поездов. Каждому блок-участку соответствует свой участок системы радиосвязи. Длина отдельных блок-участков определяется эксплуатационными требованиями в отношении интервала попутного следования поездов станционных зонах. Си-

стема радиосвязи спроектирована таким образом, чтобы адаптироваться к разбиению линии на блок-участки. При этом участок радиосвязи может обслуживать несколько расположенных рядом друг с другом путей.

За каждым участком закреплен децентрализованный модуль радиосвязи, в котором имеются интерфейсы для всех устройств, за исключением ISDN. Здесь также предусмотрен шлюз для передачи данных из радиоканала в глобальную сеть WAN. Кроме того, компоненты модулей DRCU формируют сообщения для передачи по радиоканалу, выбирают и адресуют ближайшие к поезду базовые станции. Для анализа неисправностей и сбоев предусмотрены соответствующие интерфейсы и контрольный компьютер.

#### Базовые станции RBS

В ходе проектирования сети радиосвязи вдоль линии определяются места размещения мачт с базовыми станциями (рис. 4). При этом руководствуются следующими критериями:

- дальность действия базовой станции при заданной плотности дождя в диапазоне 38 ГГц;
- топология линии;
- дополнительные ограничения, обусловленные наличием строений и т. п.

Важным условием обеспечения устойчивой связи в диапазоне 38 ГГц является прямая видимость приемника от передатчика.

Базовая станция включает в себя управляющее устройство, которое распознает адресацию и в зависимости от нее либо пропускает поток данных дальше, либо забирает его из кольцевой линии волоконно-оптической связи и направляет в приемопередатчик.

Антенна состоит из системы линз и сконструирована таким образом, что на каждой мачте возможны излучение и прием в двух противоположных направлениях (рис. 5). В ходе ввода в эксплуатацию антенны ориентируют таким образом, чтобы они полностью покрывали предусмотренный проектированием участок.

Приемопередатчик базовой станции выполнен по технологии Plug and Play, что позволяет произвести его замену без повторной настройки антенн.

#### *Бортовые радиостанция MST и компьютер радиосвязи MCRU*

Бортовая радиостанция обеспечивает обмен информацией с базовой станцией и по комплекту оборудования в значительной мере идентична ей. Бортовые радиостанции размещены в концевых секциях поезда. Антенны установлены на крыше под защитным кожухом (рис. 6).

Бортовой компьютер радиосвязи построен примерно так же, как управляющее устройство стационарного децентрализованного модуля DRCU.

#### **Особенности системы радиосвязи**

Система радиосвязи построена по двухканальному принципу. Вдоль трассы устроены два кольца из базовых станций, каждая вторая из которых передает информацию в одном и том же частотном канале. При этом каждая базовая станция способна принимать сигналы в обоих каналах.

Для обеспечения полнодуплексной работы системы бортовые и стационарные передатчики используют разные частоты. При выходе из строя одного частотного канала передача данных осуществляется посредством другого канала без каких-либо эксплуатационных ограничений.

Общая скорость передачи составляет 4,096 мбит/с. Применяется метод временного уплотнения канала, при котором на каждом участке радиосвязи в восьми временных интервалах обеспечивается связь максимум для 13 поездов.

При проектировании системы радиосвязи для поездов, движущихся со скоростью более 500 км/ч, необходимо было учитывать физические и технические ограничения, в частности доплеровский эффект и малое время перехода из зоны действия одной базовой станции в зону действия другой. Система устро-

Рис. 4. Мачта с антенной базовой станции

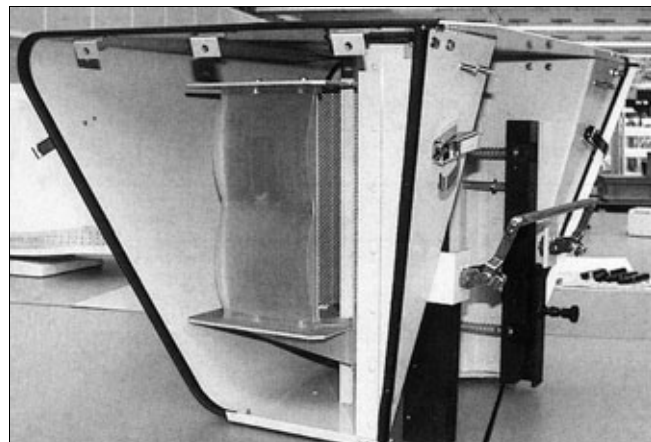


Рис. 5. Антенна в открытом состоянии

ена таким образом, что не допускает потери данных как при переходе из одного участка радиосвязи в другой, так и при смене зон действия базовых радиостанций.



Рис. 6. Концевая секция поезда Transrapid с антенной на крыше

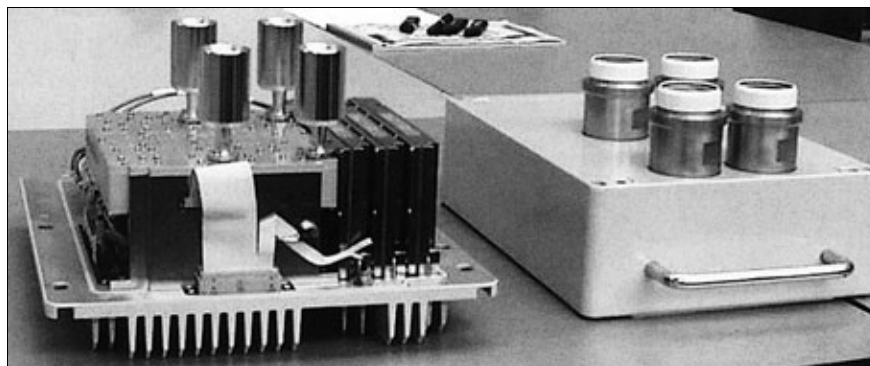


Рис. 7. Приемопередатчик со снятой верхней крышкой



Рис. 8. Блок волноводов

Система не допускает также выдачу на внешние интерфейсы данных, которые могли быть искажены в канале радиосвязи. Интеллектуальные средства сравнения позволяют выбрать из поступающих по нескольким каналам данных гарантированно неискаженный пакет информации. Сообщения, признанные системой радиосвязи ошибочными, не передаются на внешние устройства.

Устройства, использующие систему радиосвязи для обмена информацией друг с другом, используют контрольные суммы и другие технологии для обеспечения безопасности передаваемых сообщений.

### Основные функции

Система радиосвязи передает данные систем управления движением поездов и тягового привода, а также сетей Ethernet и ISDN.

#### Данные системы управления движением поездов

Поезда Transrapid могут находиться в одном из трех эксплуатационных состояний: «движение», «остановка» и «нахождение в отстое». Состоянию «движение» присвоен наивысший приоритет в передаче данных, поскольку при этом поезд, как правило, движется с пассажирами по линии. Остановившийся поезд имеет менее высокий приоритет, получая при этом пропускную способность в системе радиосвязи, достаточную для обслуживания пассажиров на станциях. Поездам, расположенным на путях отстоя, выделяется минимальная пропускная способность, обеспечивающая фиксацию их присутствия в транспортной системе. В зависимости от эксплуатационного состояния обмен данными между бортовыми и стационарными устройствами осуществляется циклами длительностью 100 или 200 мс.

#### Данные системы тягового привода

Система радиосвязи передает данные о величине угла выбега ротора и местоположении поезда в стационарные устройства управления линейным тяговым приводом. Передача этих данных предъясняет

высокие требования к работе системы радиосвязи в реальном масштабе времени. Каждые 20 мс текущее информационное сообщение должно передаваться от четырех бортовых электронных модулей определения местоположения в стационарные устройства привода, причем время задержки не должно превышать 5 мс, а дрейф времени прохождения сигнала — 1 мс. При этом уже учтено время прохождения сигнала в радиоканале и волоконно-оптических кабелях системы радиосвязи, уложенных вдоль трассы.

#### Данные сети Ethernet

Тракт передачи сети Ethernet применяется для двустороннего обмена данными системы информирования пассажиров и бортовых устройств диагностики поезда и системы радиосвязи. Пропускная способность тракта сети Ethernet в радиоканале ниже, чем в проводных сетях, где она составляет 10 и 100 Мбит/с. Передача данных Ethernet по радиоканалу характеризуется следующим:

- защита данных внутри системы радиосвязи;
- реализация функции мостового соединения как на поезде, так и в стационарных компонентах для снижения нагрузки;
- поддержка распространенных протоколов, таких, как TCP/IP и UDP/IP;
- непрерывная передача данных при проходе нескольких участков радиосвязи;
- полная реализация стеков протоколов, чтобы удовлетворить требованиям протоколов в отношении допустимых задержек;
- наличие стандартизированных интерфейсов с пропускной способностью 10 Мбит/с (как для коаксиального кабеля, так и для витой пары), причем возможна также реализация интерфейсов на 100 Мбит/с.

#### Данные соединения ISDN

В каждом поезде предусмотрены два стандартных европейских интерфейса ISDN (S0) для двусторонней передачи данных. Один из них служит исключительно для передачи речи. Оба интерфейса рассчитаны на подключение стандартных оконечных устройств ISDN. Для оптимального использования полосы

пропускания речевая информация передается в сжатом виде.

В стационарном центре радиосвязи для обеих линий предусмотрен интерфейс S2M для подключения к технологической или общедоступной сети связи. В базовой конфигурации система рассчитана на обеспечение связью обоих видов (речь и данные) до 15 поездов максимум с 29 одновременно работающими каналами ISDN для каждого вида связи. Как и при передаче данных Ethernet, здесь предусмотрены полноценные стеки протоколов по обе стороны радиоканала.

### Приемопередающее оборудование

Приемопередатчики, работающие в диапазоне 38 ГГц, выполнены с использованием волноводов. На рис. 7 показан приемопередатчик с открытым корпусом. Справа видны модулятор и два демодулятора, рядом с ними — волноводный блок. Элементы цилиндрической формы являются частями антенной системы. На радиаторе смонтирована плата (на рис. 7 не видна), выполняющая все задачи по управлению приемопередатчиком.

Волноводные блоки изготовлены из цельной пластины, на полученные поверхности нанесено несколько слоев покрытий (рис. 8). Геометрия блоков выдержана очень точно, что обеспечивает требуемую функциональность в гигагерцевом диапазоне. Активные элементы упакованы в герметичные корпуса для увеличения срока их службы (рис. 9).

### Концепция диверсификации

Система радиосвязи основана на концепции диверсификации, предусматривающей наличие нескольких трактов приема для компенсации нарушений связи вследствие отражений сигнала и наличия других препятствий. Эта концепция не имеет отношения к принципу двухканального исполнения, реализованному для повышения устойчивости к отказам. В базовых станциях и на поезде всегда установлены две линзовые системы для двух трактов приема, разнесенные на несколько сантиметров друг относительно друга. Для миллиметровых волн этого расстояния достаточно, чтобы считать два таких тракта полностью независимыми.

Другой формой диверсификации является прием сигналов каждого канала в обеих концевых секциях поезда. В напольном оборудовании этот принцип реализован за счет того, что сигнал каждого канала может приниматься двумя соседними базовыми станциями.

В децентрализованных модулях радиосвязи DRCU данные предоставляются каждому из каналов для последующего выбора корректной информации, что требует синхронизации работы обоих каналов.

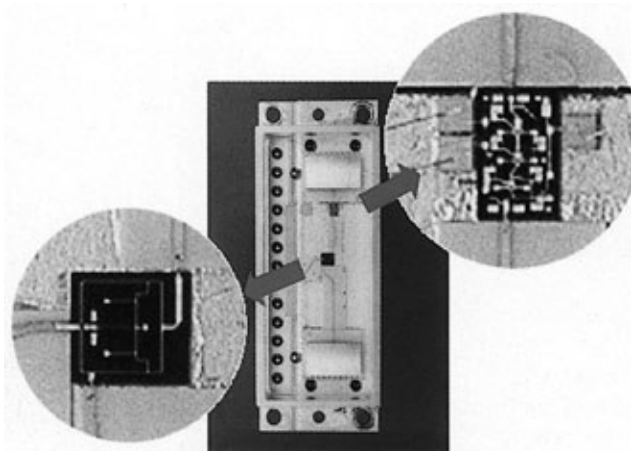


Рис. 9. Модуль миллиметровых волн

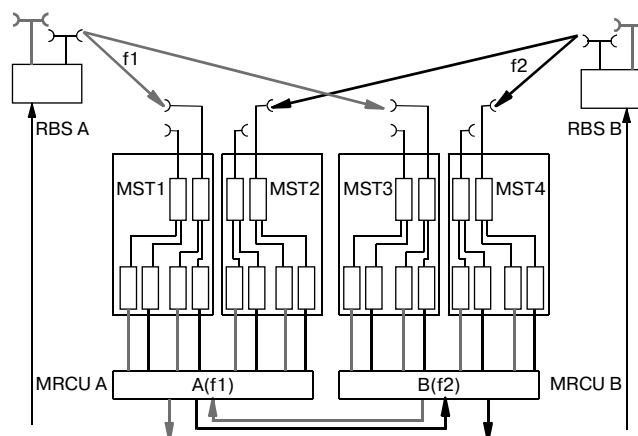


Рис. 10. Концепция диверсификации при передаче с пути на поезд: MST — приемник бортовой радиостанции; RBS — базовая станция;  $f_1$ ,  $f_2$  — радиоканалы; другие обозначения — см. рис. 3

На рис. 10 схематично показан принцип работы передающего устройства стационарного децентрализованного модуля. На поезде используются четыре приемопередатчика — по два на каждой концевой секции. Поскольку речь идет о соединении в пределах прямой видимости, как правило, сигнал принимает только половина приемных каналов — в зависимости от того, где находится базовая станция. При проезде мачты базовой станции происходит смена приемных каналов, чтобы в устройство сравнения поступили те же информационные сообщения.

Передача данных с поезда в стационарный децентрализованный модуль осуществляется по тому же принципу (рис. 11) с той лишь разницей, что используется меньшее число трактов приема.

Применение концепции диверсификации и двухканальное исполнение позволяют обеспечить высокую эксплуатационную готовность системы радиосвязи, значительно превышающую 99 %. При соответствующей логистике время восстановления после отказа составляет максимум 6 ч.

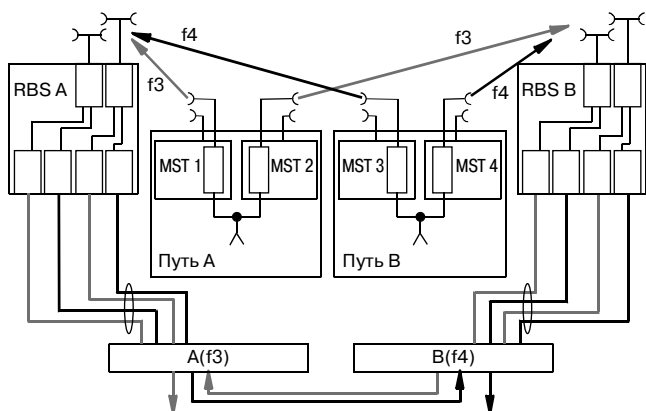


Рис. 11. Концепция диверсификации при передаче с поезда на путь: f3, f4 — радиоканалы; другие обозначения — см. рис. 10

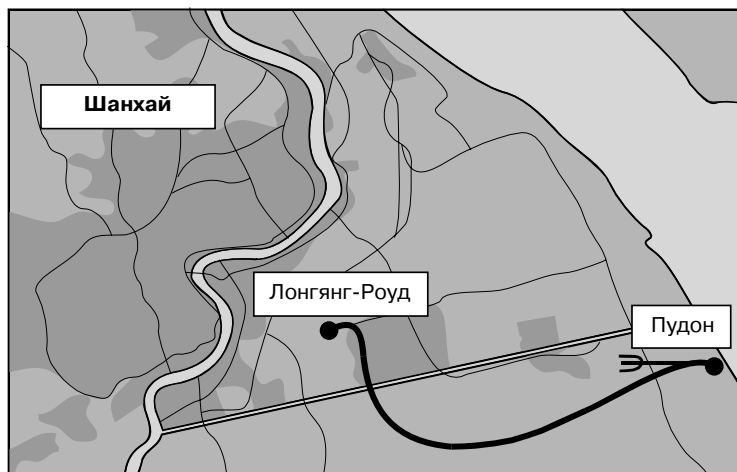


Рис. 12. Трасса линии Transrapid в Шанхае

### Система Transrapid в Шанхае

По линии протяженностью 30 км, соединяющей центр Шанхая (КНР) с аэропортом Пудон (рис. 12), с января 2004 г. с 10-минутным интервалом курсируют три пятисекционных поезда Transrapid. Максимально допустимая скорость на этой линии составляет 430 км/ч, время в пути — 7,5 мин. Систему управления для этой транспортной системы поставила компания Siemens (подразделение Transportations Systems Rail Automation со штаб-квартирой в Брауншвайге, Германия), в ее основу положены хорошо опробованные компоненты систем СЦБ для железных дорог.

Очень жесткий календарный план потребовал напряженной работы команды проектировщиков (в наиболее напряженные моменты ее состав достигал 120 чел.) и эффективного управления проектом. Важной частью проекта стала реализация системы радиосвязи компанией Telefunken Rasoms и ее успешная интеграция в систему управления движением поездов.

J. Schlichting, M. Müller. Signal und Draht, 2005, № 1/2, S. 12 — 14, 16 — 18.

The magazine «ZHELEZNYE DOROГИ MIRA» is a Russian edition of monthly review «Rail International/Schienen der Welt», published by UIC and IRCA

## CONTENTS

News..... 2

### Transport policy. Operation

Passenger services in North America..... 9  
 Railway corridor on Arabian peninsula..... 30

### Rolling stock and electric supply

Multiply-unit trains of increased capacity..... 32  
 LEILA-DG bogie for freight cars..... 42  
 Traction electric energy supply of railway link over Oresund strait..... 47  
 Rotating eddy current brake..... 56  
 New test station in Vienna..... 62  
 Fire protection of night trains..... 66

### Signalling and communications

Radio communication system for Transrapid trains..... 56

On the cover: Regional train Itino made by Bombardier in large wing tunnel of Vienna test centre

Postal address:  
 Russia, 113556, Moscow, Bolotnikovskaya street, 5, building 3, office 2

Editor-in-Chief E. F. Ershov

Tel./Fax: (095) 317-55-65

E-mail: zdm@css-rzd.ru