

Передача данных по радио в тоннелях

Федеральные железные дороги Австрии (ÖBB) первыми на европейской сети внедрили разработанную в Швейцарии систему повышенной надежности Redacom, предназначенную для управления по радио локомотивом. Интенсивные эксплуатационные испытания показали, что эта система радиопередачи данных, обладающая высокой степенью резервирования, обеспечивает бесперебойную связь даже в тоннелях и тем самым повышает общий уровень безопасности движения.

Надежность передачи данных в тоннелях при эксплуатации поездов с локомотивом-толкачом и члечных поездов является важной проблемой с точки зрения обеспечения безопасности движения, особенно для стран альпийского региона. Используемые в настоящее время средства маневровой радиосвязи, работающие в полосе частот 450 МГц, при прохождении поездом тоннеля зачастую обеспечивают надежную связь. Продолжительность перебоев, в частности, зависит от скорости движения и длины тоннеля.

В связи с этим режимы движения, заданные при въезде в тоннель, приходится сохранять на все время нахождения поезда в тоннеле, что не способствует повышению качества управления.

Определенную помощь в решении этой проблемы может обеспечить установка стационарных промежуточных усилителей на базе излучающего кабеля. Однако это решение также имеет недостатки с точки зрения обеспечения безопасности. В этой ситуации Федеральные железные дороги Австрии приняли решение о поисках альтернативного решения, которое не допускало бы никаких компромиссов с точки зрения безопасности и эксплуатационной готовности.

Выбор системы

В процессе поиска надежного и в то же время экономичного решения ÖBB остановились на современном и перспективном решении — системе семейства Redacom. Для проверки ее эффективности решено было провести серию испытательных поездок.

Выбранная система имеет современное модульное исполнение. Она обеспечивает надежную передачу данных по радио в не требующем лицензирова-

ния диапазоне частот ISM (869 МГц) и может быть конфигурирована в соответствии с запросами потребителя. Характерным для этой системы является то, что за счет целенаправленного сочетания выбранной частоты, характеристик используемых технических средств и преимуществ, обеспечиваемых радиосвязью, достигается ее надежная работа даже в криволинейных и петлевых тоннелях независимо от их длины.

Важно также то, что форма поперечного сечения и тип облицовки тоннеля не оказывают влияния на качество радиосвязи. Кроме того, специалисты ÖBB отмечают надежность передачи данных на расстояние не менее 400 м, а также в тех ситуациях, когда только часть поезда находится в тоннеле.

Первые испытательные поездки на линии Brenner прошли настолько успешно, что ÖBB было принято решение об оснащении на первом этапе нескольких локомотивов системой Redacom и о дальнейшем ее внедрении в случае положительных результатов долгосрочных испытаний.

Испытательные поездки

Испытательные поездки на линии Куфштайн — Бреннер, которая из-за большого числа коротких и длинных тоннелей считается сложной с точки зрения радиосвязи, доказали надежность системы Redacom и высокое качество передачи данных. Для его оценки использовались такие критерии, как напряженность поля высокочастотных сигналов и процентная доля правильно принятых сообщений. При этом было установлено, что напряженность поля сигнала при входе в тоннель значительно возрастает и затем сохраняется постоянной. Встречные поезда в тоннеле не оказывают отрицательного воздействия на качество радиосвязи.

Благодаря интеллектуальной системе менеджмента частот скрещиваемые или одновременно находящиеся на станции поезда (до 10 составов) не оказывают взаимного мешающего воздействия. Кроме того, в системе Redacom имеется десять радиоканалов, которые в случае наличия помех могут автоматически выбираться и переключаться системой управления частотами. Переход на другую частоту происходит в течение короткого промежутка времени, благодаря чему обеспечивается бесперебойная радиосвязь.

Для обеспечения надежной связи между главным и вспомогательным локомотивами в системе Redacom используется так называемый полудуплексный режим, при котором с основного локомотива через равномерные промежутки времени передаются управляющие команды на вспомогательный локомотив, который подтверждает их получение путем обратной передачи статусных сообщений.

Для обнаружения любых отклонений в передаче данных и распознавания сообщений с неправильными данными система Redacom работает с высоким резервированием кодирования данных. Благодаря двухканальному распознаванию информации обеспечивается максимально возможная вероятность обнаружения ошибок в двоичных разрядах.

Используемый для защиты данных циклический код (CRC) имеет интервал Хемминга не менее 8. Это значит, что при 24-часовом режиме работы в течение 365 дней в году пропуск ошибки в двоичных разрядах может произойти только один раз в 109 лет. Эта степень надежности была проверена и подтверждена сертификатом TÜV № 945/EL 157/93.

Не менее важное значение для обеспечения надежной передачи данных имеет адресация передаваемых радиосообщений. При этом необходимо, чтобы каждый абонент радиосвязи получал только те данные, которые предназначены именно для него.

В системе Redacom это достигается за счет интеллектуальной системы адресации, при которой используются базовый и локомотивный адреса. Первый из них представляет собой адрес, жестко запрограммированный в каждой единице системы. Он одинаков для всех локомотивов, которые должны в рамках системы поддерживать радиосвязь между собой. В отличие от него адреса локомотивов различны для каждой единицы системы. Они соответствуют номерам локомотивов.

Резервирование и диверсификация

В системе Redacom предусмотрено резервирование компонентов с применением принципов диверсификации. Все технические средства и компоненты программного обеспечения в системе дублированы, причем для каждой единицы системы используются разные процессоры, программные компоненты и тактовые частоты.

В отношении операционной системы и прикладных программ также действует принцип диверсификации. Так, разработкой системного программного обеспечения занимались разные рабочие группы, не зависевшие друг от друга и использовавшие разные инструменты программирования.

Подобные системы требуют, с одной стороны, значительных расходов при разработке, но, с другой

стороны, обеспечивают максимальную безопасность. Это достигается в том числе и за счет циклических сеансов связи между основным и резервным процессорами каждой резервированной подсистемы. При этом между ними происходит обмен данными, которые таким образом обоюдно проверяются. Если одна из системных единиц обнаруживает ошибку, она автоматически реагирует на нее и устраняет несоответствие, приводя систему в безопасное состояние.

Защищенность системы от внешних воздействий

Система радиосвязи Redacom, предназначенная для трудных условий работы в условиях железнодорожной эксплуатации, имеет модульную и гибкую конфигурацию. Все электронное оборудование размещено в четырех выдвижных блоках, защищенных от электромагнитных влияний и скомпонованных в стандартной стойке. По назначению блоки подразделяются на питающий, системный, приемопередающий и антенный. Приборная стойка стационарно смонтирована на локомотиве. Надежность системы радиопередачи данных с мощностью излучения 500 мВт гарантируется в диапазоне температур от -30 до $+70$ °С.

Положительно с точки зрения устойчивости к воздействию погодных условий зарекомендовали себя используемые в системе антенны, которые попарно установлены на крыше кабины машиниста. Эти антенны изолированы от высокого напряжения и соединены с антенным распределителем коаксиальным кабелем, имеющим малое затухание.

Система Redacom является составным элементом принятой на сети ÖВВ концепции дистанционного управления, базирующейся на рекомендациях документа МСЖД 556. Благодаря этому машинист освобождается от необходимости осваивать новые навыки в управлении локомотивом и его обслуживании. Так, при подготовке к поездке и в процессе связи со вспомогательным локомотивом машинист пользуется одним и тем же дисплеем, установленным в кабине основного локомотива.

В начале февраля 2003 г. были успешно проведены испытательные поездки в рамках получения допуска системы к эксплуатации. С апреля этого же года на линии Вёргль – Иннтальтоннель – Бреннер курсируют несколько коммерческих поездов, оборудованных системой дистанционного управления по радио и использующих локомотив-толкач. На стадии испытаний локомотив-толкач временно контролировался машинистом.