

Блочные STM

как часть стратегии перехода к системе ETCS

В системе EBI Cab 2000 компании Bombardier, реализующей функции европейской системы управления движением поездов ETCS, решающую роль в адаптации к существующим национальным устройствам автоматической локомотивной сигнализации играют специализированные модули передачи STM. Они обеспечивают сопряжение с АЛС типов LZB и PZB (Германия и Австрия), АТВ (Нидерланды), RSC/SCMT (Италия) и др. При помощи STM обеспечивается обратная совместимость бортовых устройств ETCS с напольным оборудованием национальных систем АЛС, которые в ряде случаев эксплуатируются уже многие десятилетия. Ниже в качестве примера рассмотрена разработка модуля STM для нидерландской системы АЛС первого поколения АТВ-EG.

Основы разработки модуля STM для системы АТВ-EG

Предприятие компании Bombardier в Мангейме приступило к разработке специализированных модулей передачи для национальных систем АЛС в 1998 г. Первым был модуль LZB STM для электровоза серии 185, который служит для взаимодействия бортовой системы обеспечения безопасности с непрерывной АЛС типа LZB железных дорог Германии. Модули PZB LZB (для немецкой точечной АЛС типа PZB) и LZB STM эксплуатируются на электровозах этой серии уже примерно шесть лет. Для эксплуатации локомотивов семейства TRAXX компании Bombardier в других европейских странах бортовая система обеспечения безопасности дополняется другими специализированными модулями.

В качестве основы для разработки модуля АТВ-EG STM для Нидерландов была принята опробованная концепция

сдвоенных компьютеров, использованная в модуле LZB STM. Она предусматривает соединение вычислительной системы, построенной по принципу «2 из 2», с шиной бортовой системы обеспечения безопасности и связь с напольным оборудованием LZB через специализированные антенны приема и передачи. Исполнение модуля LZB STM в виде 19-дюймо-

вого каркаса со вставными платами позволило полностью заимствовать вычислительные компоненты (плату контроллера, плату связи с соседним компьютером и плату сопряжения с шиной передачи).

В таблице приведены данные о средствах передачи между напольным и бортовым оборудованием при использовании режимов LZB и АТВ-EG. Из-за различий в способе передачи блоки, отвечающие за соединение с интерфейсом сопряжения бортового и напольного оборудования, пришлось разработать заново. Для обеспечения функциональной совместимости по требованию заказчика в качестве шины передачи использована шина Profibus вместо поездной шины MVB (рисунок). Для подключения к шине Profibus задействован блок сопряжения, разработанный ранее в рамках другого проекта.

Принцип действия модуля АТВ-EG STM

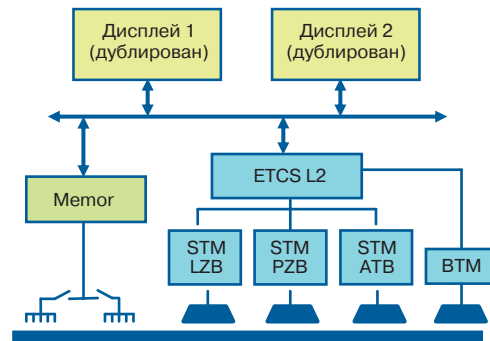
В системе локомотивной сигнализации АТВ-EG STM в оба рельса через генератор подается переменный ток с несущей частотой 75 Гц. Когда поезд въезжает на участок, ограниченный изолирующими стыками, его колесные пары шунтируют рельсовую цепь. При этом результирующий ток в рельсах генерирует магнитное поле, которое

Различия между системами LZB (Германия) и АТВ-EG (Нидерланды)

Параметр	LZB	АТВ-EG
Среда передачи	Индуктивный шлейф между рельсами	Рельсы (кодовая рельсовая цепь)
Обмен информацией	Двусторонняя передача между распорядительным центром LZB и поездом	Односторонняя передача с пути на поезд
Несущая частота	36 кГц в направлении путь — поезд, 56 кГц в направлении поезд — путь	75 Гц
Вид модуляции	Частотная	Амплитудная
Протокол передачи	На основе телеграмм; 73 бит циклическим избыточным кодом в направлении путь — поезд; 51 бит циклическим избыточным кодом в направлении поезд — путь	Сигнальному показанию соответствует длительность периода модуляции



Внешний вид и структура бортового устройства ETCS со специализированными модулями передачи STM



детектируется антеннами (приемными катушками), расположенными перед первой колесной парой поезда в направлении его движения.

Для передачи информации на поезд несущий сигнал частотой 75 Гц модулируется импульсами частотой от 1,25 до 3,66 Гц. Передаваемые данные определяют контролируемую максимально допустимую скорость движения поезда. Поскольку по рельсам течет также обратный тяговый ток, уровень помех, принимаемых антеннами, очень высок. Соотношение сигнал/шум, при котором еще возможна корректная демодуляция полезного сигнала, заметно хуже, чем в системе LZB.

Обработка сигналов в модуле ATB-EG STM

Сигналы от антенн модуля ATB-EG STM проходят через аналоговые сглаживающие фильтры и преобразуются в цифровую форму. Для надежного детектирования амплитудно-модулированного сигнала необходим анализ полученных цифровых сигналов по частоте и длительности. При работе с системой LZB, где используется цифровая частотная модуляция, демодуляция может ограничиваться простым измерением длительности периода передачи с предваритель-

ным включением аналогового широкополосного фильтра. В системе ATB-EG демодуляция сигналов, поступающих с пути, осуществляется более сложными методами из-за высокого уровня помех и больших допусков у напольных устройств, вследствие чего потребовалось найти соответствующие технические решения.

Нидерландский партнер — компания Lloyds Register Rail Europe (LRRE) — предоставил компании Bombardier программную модель демодуляции с детекцией сигнальных показаний. Эта модель генерирует из считываемых с антенн и переводимых в цифровую форму значений напряжения сигнальное показание, которое соответствует контролируемой максимально разрешенной скорости движения. Эта модель функционирования системы ATB-EG, написанная на графическом языке программирования Lab View, использовалась в качестве основы при разработке средств демодуляции модуля ATB-EG STM.

Были проанализированы функции программной модели, в результате чего сформировали группы функций, которые предстояло реализовать. Были также определены вычислительные задачи, необходимые для выполнения демодуляции, а также распределение

функций между средствами предварительной цифровой обработки в программируемых логических устройствах и последующим выделением кода в безопасном компьютере. Для сохранения в максимально неизменном виде программных компонентов, разработанных для модуля LZB STM, старались придерживаться той же структуры программного обеспечения, что и в этом модуле.

На первом этапе обработки происходит преобразование полученных от антенн аналоговых сигналов в цифровые последовательные потоки данных и их трансляция в идентичном виде в оба вычислительных канала, где происходит их дальнейшая обработка. Блок предварительной цифровой обработки осуществляет преобразование последовательных сигналов в параллельные и их цифровую фильтрацию. Собственно определение сигнального показания осуществляется двоякая вычислительная система.

Безопасный компьютер сравнивает входные и выходные данные в обоих каналах цифровой обработки сигналов, что позволяет выявлять одиночные ошибки при предварительной обработке сигналов.

Шинные интерфейсы

Модуль ATB-EG STM взаимодействует с другими компонентами системы обеспечения безопасности движения поезда через шину Profibus, выполненную по стандарту FFFIS. Модульное построение аппаратных средств позволяет без труда осуществлять обмен информацией и через другие системы шин, такие, как MVB или CAN.

Самотестирование

Тестирование при инициализации безопасной компьютерной системы. После включения напряжения питания двоякая вычислительная

система подвергается детальному самотестированию, включающему, в частности, проверку полной работоспособности центрального процессора и памяти.

Контроль антенн. Особое внимание уделяется контролю корректного функционирования антенн и последующего определения сигнального показания в эксплуатации, поскольку вследствие сравнительно простого кодирования преходящий сбой, обусловленный, например, потерей контакта, ведет не только к защитному отказу системы безопасности, но и в наиболее неблагоприятном случае — к искажению сигнального показания. Приемный контур контролируется проверочным сигналом, накладываемым на полезный сигнал в контуре антенн. Если в контуре антенн происходит прерывание сигнала, то этот наложенный сигнал не будет корректно распознан средствами определения сигнального показания.

Такой непрерывный контроль позволяет, например, выявить обрыв антенн или потерю контакта в контуре антенн.

Контроль обработки сигналов перед рейсом. Для проверки получения сигнала от антенн, защитного включения аналоговых сглаживающих фильтров, аналого-цифрового преобразования, гальванической развязки и средств последующего определения сигнального показания перед рейсом в антенный контур запитываются проверочные сигналы. Они обрабатываются и оцениваются так же, как сигнальные показания. Дополнительная схема позволяет однозначно детектировать различия между проверочным сигналом и сигналами, поступающими в антенны с пути в условиях регулярной эксплуатации. За счет этого выявляются сбои, вызванные нарушениями при запитывании проверочных сигналов.

Валидация функций АТВ-ЕГ по данным с пути

Проверка функционирования специализированного модуля передачи АТВ-ЕГ STM осуществлялась в ходе разработки модуля в сравнении с эталонной системой в среде Lab View. Уже на начальной стадии проекта осуществлялся прием данных с пути при помощи антенн АТВ и средств последующей цифровой обработки сигналов. Эти данные использовались в качестве основы для проверки определения сигнальных показаний в ходе разработки модуля АТВ-ЕГ STM. В лаборатории исходные данные с пути запитывали через антенные интерфейсы в систему, чтобы предварительно протестировать ее, не прибегая к дорогостоящим полевым испытаниям.

Благодаря такому подходу первый лабораторный образец был успешно введен в эксплуатацию без доработок по итогам работы в реальных условиях.

Для проверки функционирования модуля АТВ-ЕГ STM на подвижном составе в ходе полевых испытаний и опытной эксплуатации регистрировались данные с пути и внутренние потоки данных, чтобы в случае неадекватной реакции системы иметь возможность проанализировать ее работу в воспроизводимых условиях. Для этого были предусмотрены интерфейсы, использовавшиеся в ходе разработки и валидации системы для запитывания проверочных сигналов и запитывания и регистрации данных с пути.

Варианты исполнения

Блочная концепция специализированных модулей передачи EBI Cab STM компании Bombardier позволяет обеспечить их работу с интерфейсами разных систем шин. Так, существует модуль LZB STM в варианте исполнения с шиной MVB

для применения на локомотивах семейства TRAXX и с шиной Profibus (FFFIS) для испанского высокоскоростного поезда HSP 250.

Блочное построение двояной вычислительной системы позволяет также реализовать на основе тех же аппаратных и программных средств модуль STM для более низких требований к безопасности (до SIL 2) в виде одноканальной системы.

Подобная конфигурация применяется, в частности, в модулях UNI STM для включения автономных бортовых систем обеспечения безопасности KVB и MEMOR. При этом модуль UNI STM используется как совместимый со стандартом FFFIS интерфейс для активизации и деактивизации этих систем, причем возможны статические и динамические переходы между уровнями 1 и 2 системы ETCS, а также разными уровнями функционирования специализированных модулей STM, имеющих на подвижном составе.

При сравнительно малых затратах на адаптацию аппаратных средств приемного контура платформа модуля АТВ-ЕГ STM может быть адаптирована для других национальных систем АЛС, использующих кодовые рельсовые цепи. Прототип созданного на этой платформе модуля RSC STM, предназначенного для работы с АЛС ВАСС/РС и SCMT железных дорог Италии, успешно введен в эксплуатацию.

Кроме того, уже существует версия модуля АТВ-ЕГ STM, в которой реализованы некоторые расширенные функции локомотивной сигнализации железных дорог Нидерландов.

Cl. Heilig, J. Altmeier, Signal und Draht, 2010, № 3, S. 28–30; материалы компании Bombardier (www.bombardier.com/en/transportation).