

Alister 2.0

В пилотном проекте МПЦ для региональных линий в Германии

Летом 2006 г. компания Funkwerk получила заказ на оборудование современными устройствами СЦБ региональной линии Киль — Фленсбург в Германии (рис. 1) в рамках пилотного проекта ESTW-R Lindaunis компании DB Netz — оператора инфраструктуры железных дорог Германии (DB). Монтаж оборудования на линии был завершен в декабре 2008 г., после чего начался первый этап опытной эксплуатации системы. В рамках проекта внедряется микропроцессорная централизация (МПЦ) Alister — система нового типа, разработка и допуск к эксплуатации которой осуществляются по нормам CENELEC. Длительный срок службы и низкая стоимость жизненного цикла МПЦ Alister гарантируются последовательным применением стандартизированных промышленных компонентов (программируемых контроллеров, сети Ethernet и др.), что позволяет создавать модульную архитектуру, хорошо приспособленную для объединения в сети, работающую с открытыми интерфейсами и допускающую гибкую адаптацию к специфическим требованиям региональных железнодорожных линий.

Бизнес-подразделение компании DB Netz, отвечающее за региональные железнодорожные сети, эксплуатирует преимущественно те линии, на которых выполняются местные пассажирские перевозки. Большое внимание уделяется применению экономически эффективных решений при санации и модернизации инфраструктуры этих линий. С этой целью DB Netz стремится внедрять системы централизации, отвечающие специализированным требованиям инфраструктуры региональных линий с точки зрения производительности и расходов.

Системы микропроцессорной централизации (МПЦ), разработанные для основных линий DB с высокоскоростным движением и высокой интенсивностью перевозок, как правило, слишком дороги для региональных сетей, для которых характерны преимущественно однопутные участки, скорость движения до 120 км/ч и следование поездов с получасовым или часовым интервалом.

При выборе оптимального технического решения для региональных линий опираются прежде всего на следующие соображения:

- рациональное руководство движением поездов за счет концентрации управления путем отказа от присутствия дежурных на каждом отдельном пункте и передачи их функций центральному диспетчеру;

- сохранение имеющегося уровня безопасности или его повышение;
- рост эксплуатационной готовности оборудования;

- сокращение расходов на закупку систем, их техническое обслуживание и ремонт.

Увеличение пропускной способности линий не является приоритетной задачей обновления оборудования. Пропускная способность преимущественно однопутных линий со станциями, где происходит скрещение поездов, достаточна для реализации имеющейся программы эксплуатации и имеет существенные резервы для выполнения дополнительных перевозок.

Особенности пилотного проекта

Реализуемый компанией DB Netz пилотный проект характеризуется пятью особенностями, которые рассмотрены ниже.

Специальные технические требования. Для большинства региональных линий не требуются МПЦ, способные выполнять сложные функции. Поэтому были разработаны эксплуатационно-технические требования на МПЦ для региональных линий (ESTW-R). Адаптация к потребностям региональных линий достигается в них в первую очередь за счет ограничения максимального размера станций. Кроме того, в требованиях отказались от некоторых специальных эксплуатационных функций. За счет этого размеры инвестиций и эксплуатационных затрат сокращены до уровня, позволяющего сделать новую технику привлекательной с эксплуатационной и экономической точек зрения.

Таким образом, требования к ESTW-R являются подмножеством требований к полноценным МПЦ (Voll-ESTW), в которых предусмотрены все функции, возможность подключения к центрам управления движением поездов BZ, способность работать на крупных узловых станциях и т. п. Это означает, что требования к ESTW-R не содержат никаких новых функций, а предусматривают внедрение систем с ограниченной функ-

циональностью. В частности, они не рассчитаны на станции, на которых в середине станционных путей есть стрелки, неосвобождаемые после прибытия поезда.

Важным отличием от полноценных МПЦ является отказ от подключения ESTW-R к одному из центров управления движением поездов (для основных линий DB создано семь таких центров). На региональных сетях DB придерживаются стратегии региональных диспетчерских постов, на которых сконцентрировано управление одной или несколькими линиями.

Успех реализации такого подхода в масштабах сети DB решающим образом зависит от того, насколько долговременной станет концепция разделения на МПЦ для основных (Voll-ESTW) и региональных (ESTW-R) линий.

Применение стандартных компонентов. Даже для самых современных МПЦ непрерывно сокращаются сроки, в течение которых возникает потребность в их замене. Экстремально высокие требования к безопасности привели к тому, что стоимость систем микропроцессорной централизации оказалась очень высока, поскольку изготовителям пришлось самостоятельно разрабатывать операционные системы и специализированные аппаратные средства. К этому следует добавить отрицательный опыт с ремонтопригодностью МПЦ. Высокий темп обновления компьютерной техники находится в глубоком противоречии с ожидаемым сроком службы МПЦ. Так, из-за невозможности приобрести у промышленности определенные электронные компоненты системы МПЦ первого поколения уже достигли окончания срока службы.

Поэтому в МПЦ компании Funkwerk сделана ставка на программируемые контроллеры, которые уже много лет в широких масштабах применяются в промышленной автоматике. В отличие от специали-



Рис. 1. Пилотная линия Киль — Фленсбург

зированных компонентов на базе микропроцессоров промышленные контроллеры отличаются доступностью в течение длительного времени и возможностью модульного апгрейда (рис. 2). Они обладают высокими показателями безопасности, надежности и экономической эффективности. Благодаря этому модули системы МПЦ Alister 2.0 удовлетворяют требованиям DB в отношении длительности срока службы (20–30 лет).

Во многих отраслях промышленности в течение длительного времени успешно реализуются стратегии сокращения затрат. Для получения значительного эффекта экономии железным дорогам необходимо последовательно использовать такие подходы. В их числе:

- снижение удельных расходов за счет применения продукции массового производства на основе промышленных стандартов;

- применение техники, отвечающей действительным потребностям;
- внедрение эффективных бизнес-процессов на всех этапах жизненного цикла оборудования.

Раздельный заказ МПЦ и компонентов напольного оборудования. Для снижения стоимости при закупках в рамках проекта впервые на DB были объявлены отдельные тендеры на следующие устройства СЦБ:

- оборудование МПЦ для региональных линий ESTW-R, включая здание модульного типа и светофоры на базе светодиодов;
- стрелочные приводы;
- устройства контроля свободы пути;
- устройства переездной сигнализации.

Еще один тендер был объявлен на работы по прокладке кабелей и инженерное строительство.

Ввод нового поставщика МПЦ. Для повышения конкуренции в

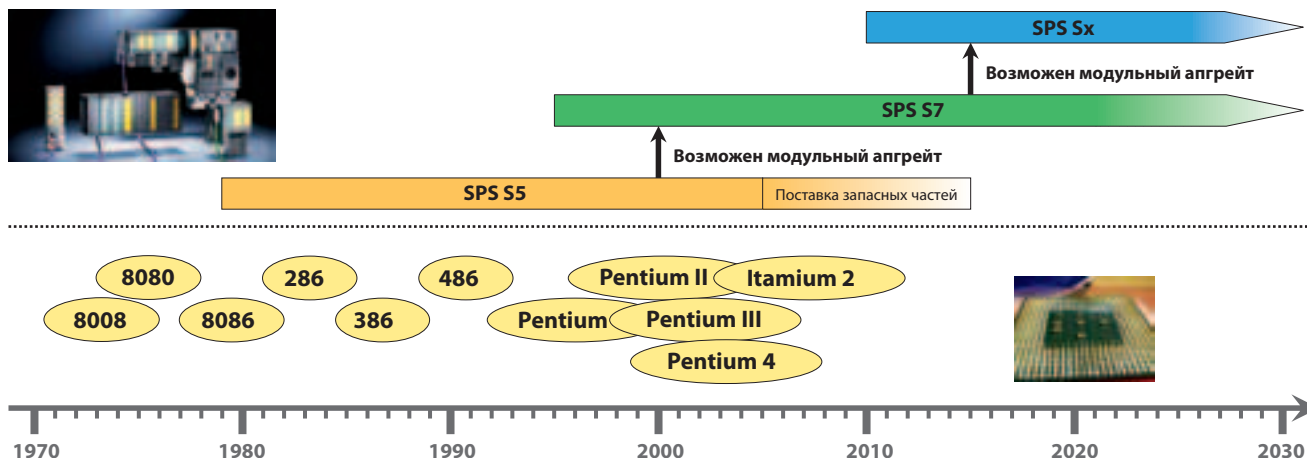


Рис. 2. Смена поколений в сфере программируемых контроллеров и микропроцессоров (источник: Funkwerk)

рамках данного пилотного проекта было решено выбрать поставщика по итогам предварительного квалификационного раунда. В результате победителем стал новичок на рынке МПЦ в Германии – компания Funkwerk, предложившая наиболее привлекательное по цене решение.

Выбор пилотной линии. Для проверки обоснованности выбранного подхода к внедрению МПЦ пилотный проект было решено реализовать на линии Киль – Фленсбург. Летом 2006 г. был выдан заказ на первую очередь (участок между Экернфёрде и Фленсбургом). Этот

участок отличают типичные для региональной сети инфраструктура и программа эксплуатации.

На станциях Сёруп, Зюдербраруп и Экернфёрде, а также в раздельном пункте Шляйбрюке-Линдаунис было устроено по посту МПЦ. Кроме того, в Экернфёрде был размещен новый региональный диспетчерский пост, откуда осуществляется управление всеми устройствами СЦБ, а также разводным мостом через р. Шляй. Здесь же имеются средства контроля за состоянием многочисленных перевозов, расположенных на участке.

Описание системы

Концепцию системы отличает централизованное управление удаленными МПЦ, расположенными в раздельных пунктах (рис. 3). Эти местные МПЦ управляют напольными устройствами на станциях и перегонах.

Системы МПЦ соединены кабелем передачи данных (в пилотном проекте – волоконно-оптическим кабелем) друг с другом (для реализации функций централизованной автоблокировки) и с диспетчерским постом. Соединение

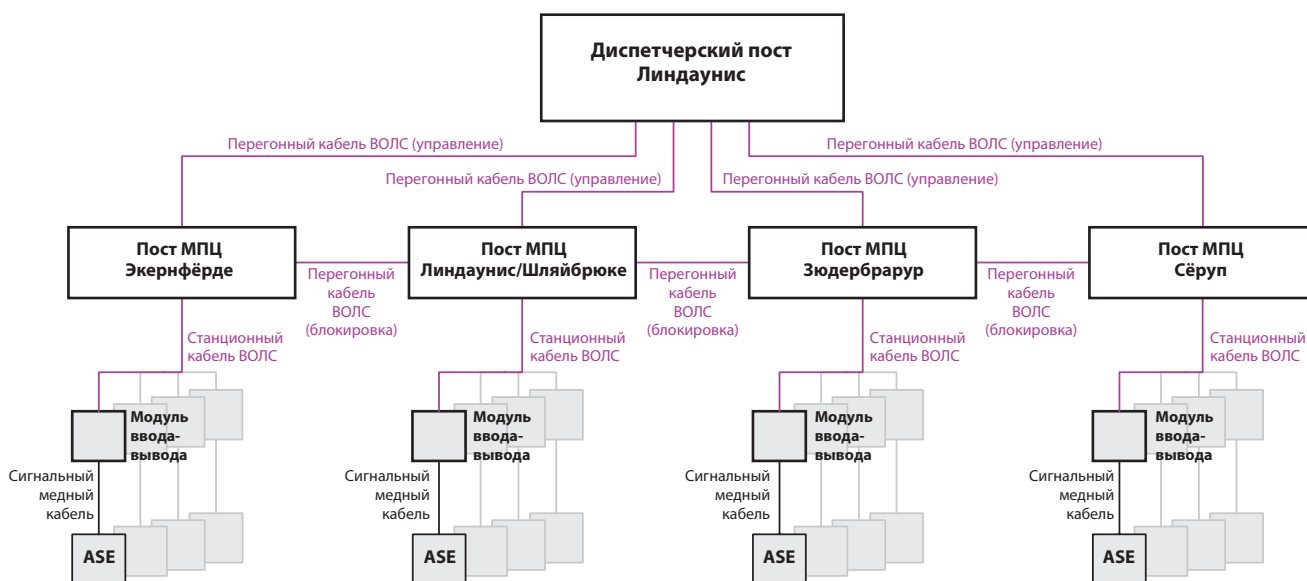


Рис. 3. Структура системы МПЦ Alister 2.0:
ASE – напольные устройства; ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи

с напольными устройствами осуществляется децентрализованно. Управляющие модули ввода-вывода расположены в непосредственной близости от напольных устройств (рис. 4) в сигнальных ящиках или киосках устройств переездной сигнализации. Эти модули соединены с постом МПЦ стационарным кабелем ВОЛС, что позволяет образовать сетевую структуру с ТСР/IP-адресацией.

Разделение на базовую платформу и специализированные приложения. В начале работы над проектом была поставлена задача создать такую стратегию разработки и допуска, которая позволит ввести систему в эксплуатацию в максимально короткий срок и при этом обеспечить возможность простого ее расширения как в техническом плане, так и в отношении допуска к эксплуатации.

Предусмотрено последовательное разделение на базовый продукт, базовое приложение и специфическое приложение. Базовый продукт и базовое приложение включают в себя каждый два подпроекта: для системы централизации и диспетчерского поста. Таким образом, в проекте можно выделить четыре подпроекта:

- базовый продукт — платформа МПЦ Alister (включает в себя в качестве базового компонента программируемый контроллер HiMatrix F30);
- базовый продукт — АРМ диспетчера;
- базовое приложение — логика МПЦ для региональных линий (ESTW-R);
- базовое приложение — АРМ диспетчера.

Для всех этих четырех подпроектов предусмотрен отдельный допуск к эксплуатации.

Специализированные приложения для АРМ диспетчера и поста МПЦ создаются согласно условиям перечисленных подпроектов в рамках проектирования конкретной установки. При этом необхо-



Рис. 4. Управляющий модуль ввода-вывода

димо учитывать, что из-за сжатых сроков нельзя было реализовать теоретически оптимальный процесс разработки, при котором все подпроекты реализуются последовательно. Была поставлена задача выполнять работы над всеми подпроектами параллельно. Завершение отдельных этапов разработки по нормам CENELEC следовало по возможности синхронизировать.

Составной частью всего процесса разработки является подробная проектная документация, отвечающая требованиям норм CENELEC и необходимая для допуска к эксплуатации всей системы. Она была дополнена инструкциями по проектированию, проверке, эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту.

Безопасное АРМ на региональном диспетчерском посту

На этапе создания спецификаций DB поставили условие о применении АРМ диспетчера, безопасность работы которого должна обеспечиваться техническими средствами. Это требование объ-

ясняется стремлением сохранить одинаковые подходы к управлению на региональных диспетчерских постах. В целом процедура управления не должна отличаться от применяемой в других системах микропроцессорной централизации на железных дорогах Германии.

Реализованное техническое решение включает новую технологию, запатентованную компанией Funktechnik. Принцип безопасного отображения информации основан на двухканальной передаче элементов отображения технологического процесса с поста МПЦ в компьютер пользовательского интерфейса и независимом выводе изображений двумя такими компьютерами. В компараторе производится попиксельное непрерывное сравнение цифровых изображений. Передача сигнала изображения на монитор осуществляется только при положительном результате сравнения. Если результат сравнения отрицательный, в МПЦ блокируется функция разрешения исполнения ответственных команд. Это означает, что даже при отказе канала передачи между диспетчерским постом и постом МПЦ возможно управление, не требующее ввода ответственных команд.

Различия между командами, не влияющими на безопасность, и ответственными командами сохранены такими же, как в центрах управления DB. В ходе разработки достигнуто полное соответствие с техническим заданием; требования, содержащиеся в каталоге элементов управления и индикации, воспроизведены попиксельно (рис. 5). Полученная модель была поэтапно сопоставлена с результатами работы системы имитационного моделирования эксплуатационного процесса и системы централизации BEST, разработанной компанией Funkwerk. При обнаружении расхождений в дизайне изображений вносились исправления с целью обеспечить

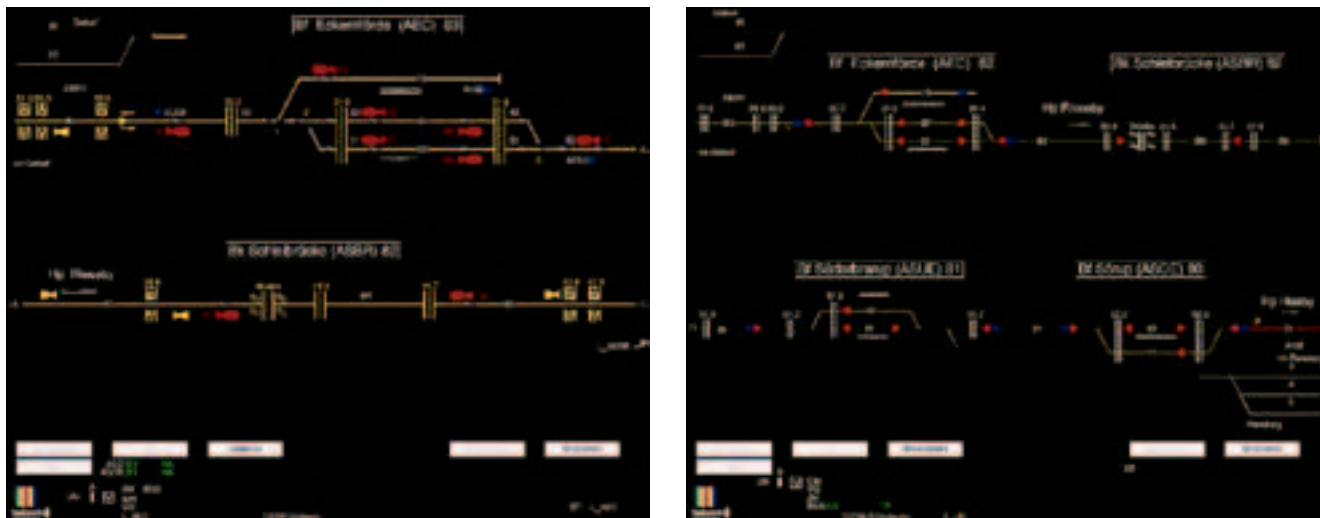


Рис. 5. Детальное (слева) и обзорное (справа) изображения схемы путей на мониторе АРМ диспетчера (источник: Funkwerk)



Рис. 6. Компактное модульное здание поста МПЦ

совместимость с МПЦ других поставщиков (например, написание заглавными буквами текстов извещений). Таким образом, достигнута полная совместимость со сценариями управления, принятыми в цент-

рах управления ДВ, что позволяет обойтись без переобучения диспетчерского персонала.

Местные посты МПЦ на станциях

Местные МПЦ ESTW-R управляют напольными устройствами на всем отдельном пункте (станции). В каждой из них предусмотрены системное программное обеспечение, управляющее ПО для напольных устройств, вся логика централизации и местные проектные данные. Местные МПЦ соединены волоконно-оптическим кабелем с диспетчерским постом в Экернфёрде.

На посту централизации наряду с аппаратурой счета осей (она частично размещена в том же компьютерном шкафу, что и аппаратура МПЦ Alister 2.0) установлены источники бесперебойного электропитания. Для размещения всего оборудования достаточно недорогого модульного здания (рис. 6).

Ядро МПЦ с безопасными программируемыми контроллерами

В качестве базового продукта для ядра МПЦ ESTW-R используется программируемый контроллер NIMatrix F30 компании NIIMA, которая является ведущим поставщиком на рынке контроллеров для решения ответственных задач (рис. 7).

NIMatrix F30 имеет дублированную архитектуру для безопасной вычислительной системы, работающей по принципу «2 из 2». Контроллер содержит два дублированных вычислительных канала с дублированными ОЗУ и высококачественной тестируемой схемой безопасности.

По требованию заказчика для питания использовано безопасное сверхнизкое напряжение 48 В. Для этого напряжения на рынке предлагаются недорогие и уже имеющие



Рис. 7. Ядро МПЦ Alister 2.0 с безопасными программируемыми контроллерами

щие допуск к эксплуатации выпрямители и преобразователи постоянно-постоянного тока, необходимые для получения напряжений 24 и 69 В. Все выпрямители и преобразователи выполнены с резервированием для защиты от отказов.

Спецификации

Ниже на примере логики ESTW-R (базовое приложение) коротко рассмотрен процесс работы над спецификациями. При этом ставилась задача выполнить требования стандарта EN 50128 при помощи полужформальных методов. Применение высокоразвитой технологии управления конфигурациями с самого начала гарантировало следование требованиям — важному показателю процесса разработки.

Основой спецификации являются соответствующие технические задания и действующие директивы DB. На первом этапе было выполнено вербальное описание содержания технических заданий, включая таблично-ориентированное определение состояний всех элементов. Здесь выяснилось, что входящих документов оказалось недостаточно для спецификации логики централизации. Потребовалось определить и обсудить с заказчиком специальные требования. Это касается прежде всего ошибочных состояний и динамических показателей.

На следующем этапе сведения о состояниях, описанные в табличной форме, были трансформированы в UML-диаграммы (Unified Modelling Language). UML — это стандартизированный унифицированный язык для моделирования эксплуатационных прикладных и программных систем, который занял доминирующее положение при реализации современных проектов в сфере информационных технологий. Выбранные UML-диаграммы по построению похожи на результаты графического программирования контроллеров

с применением функциональных блоков, а потому являются идеальной базой для дальнейшей работы.

В каждом проекте разработки систем СЦБ возникает потребность перевести эксплуатационно-технические сведения в форму, характерную для информационных технологий. В проекте ESTW-R это был переход между таблично-ориентированным описанием и UML-диаграммами. Выбранные технологии позволяют сделать этот переход более гладким, что особенно важно для надежной верификации отдельных этапов разработки.

На конечном этапе осуществлялась трансформация UML-диа-

ская проверка целостности вводимых данных. В дальнейшем проектные данные преобразуются в формат XML.

Верификация данных осуществляется в первой очереди проекта вручную. Безопасная передача и безопасная загрузка данных в диспетчерский пост, а также технологически защищенный процесс их загрузки в ядро МПЦ обеспечивают целостность проектных данных.

Данные в формате XML, получаемые на выходе проектного инструментария, составляют основу для формирования документации. Для облегчения восприятия информации из XML-данных

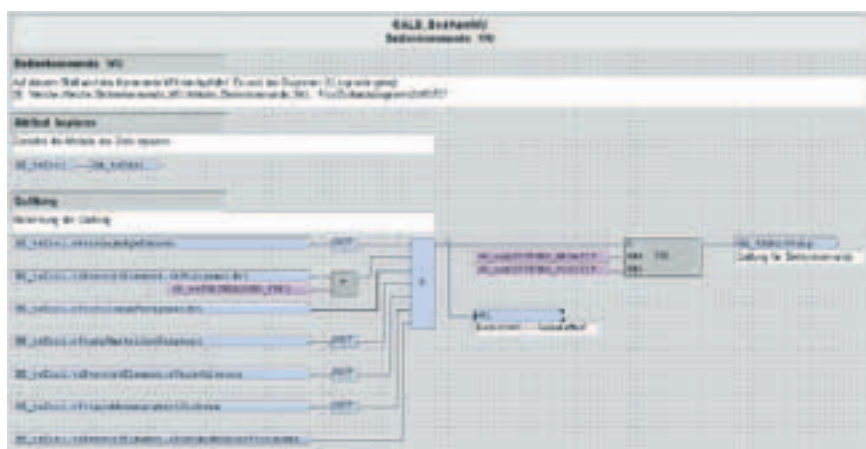


Рис. 8. Интерфейс проектного инструментария на основе системы BEST

грамм в язык программирования ELOP, основанный на применении функциональных блоков.

Графическое проектирование при помощи BEST

Проектирование специализированных данных по конкретной станции осуществляется при помощи инструментария, основанного на системе имитационного моделирования эксплуатационного процесса и системы централизации BEST и работающего с дружественным интерфейсом пользователя (рис. 8). Основой проектного инструментария является автоматиче-

генерируются таблицы Excel. На каждую станцию приходится один файл формата XML. Такой подход позволяет снизить затраты и сроки на проверку в случае будущей модернизации или реконструкции оборудования по сравнению с другими методами.

Кроме того, результаты проектирования могут сразу использоваться для имитации работы МПЦ. Благодаря этому при помощи системы BEST возможно обучение диспетчерского персонала с выводом на экраны мониторов реальных обзорных и детальных изображений схем путей еще до ввода МПЦ в эксплуатацию.



Рис. 9. Центр тестирования. Слева — рабочее место оператора, справа — программируемые контроллеры и модули ввода-вывода на испытательных стендах

Центр тестирования

В ходе работы над пилотным проектом большую пользу принес центр тестирования и интеграции, созданный на предприятии компании Funkwerk (рис. 9). Здесь была реализована интеграция всей системы, включая напольные устройства, для ее лабораторного тестирования.

Для тестирования интерфейсов и испытаний системы в лаборатории установили как минимум один экземпляр напольного устройства каждого типа. Работа всех других элементов имитировалась при помощи отдельного программируемого контроллера с тем, чтобы воспроизвести всю линию в лабораторных условиях. При этом моделируемые элементы работают точно так же, как реальные устройства. Преимуществом такого подхода является неразрушающая проверка работы системы в случае отказов всех видов в подключенных компонентах.

Концепция тестирования и испытаний, использовавшаяся в ходе реализации всех перечисленных выше подпроектов, включает три уровня:

- испытания отдельных модулей. При этом модули испытывают автономно силами разработчиков ПО с использованием мощного инструментария;
- испытания на соблюдение технико-эксплуатационных требова-

ний. Эти испытания выполняются на всех этапах с привлечением самостоятельной независимой команды специалистов и в значительной мере автоматизированы. Для этого применяются имитационные модели внешних интерфейсов (в первую очередь между разными подсистемами);

- комплексные, или системные, испытания. Проверяется совместная работа подсистем силами самостоятельной независимой команды специалистов.

В результате значительная часть приемочных испытаний заказчика была выполнена в центре тестирования компании Funkwerk еще до размещения оборудования на линии.

Лаборатория интеграции и тестирования представляет собой мощную среду для испытания и приемки практически всех компонентов системы еще до их поставки заказчику, что способствует облегчению ввода комплексной системы в эксплуатацию.

Перспективы

Разработка всех подсистем МПЦ Alister 2.0 была в основном завершена в 2008 г. Система установлена на линии и тестируется. Первоначально ДВ планировали ввести МПЦ в коммерческую эксплуатацию во второй половине 2009 г.,

однако из-за затянувшегося выполнения процедуры допуска этот срок перенесен на 2010 г.

Создание системы Alister 2.0 позволяет использовать преимущества промышленных стандартных компонентов — программируемых контроллеров в системах железнодорожной автоматики и телемеханики. Ядро МПЦ сертифицировано согласно требованиям безопасности SIL4. Децентрализованные гибко конфигурируемые стандартные модули управляют интерфейсами с существующими внешними системами и напольными устройствами разных изготовителей. Кроме того, применение программируемых контроллеров позволяет использовать недорогие и доступные на рынке запасные части, а также упрощает переход к технике нового поколения. Результатом является сокращение стоимости жизненного цикла систем для оператора инфраструктуры и возможность модернизировать устройства СЦБ с применением техники с уровнем безопасности SIL4 прежде всего на региональных линиях.

Доклады представителей компании Funkwerk Information Technologies на коллоквиумах центра компетенции по оперативному управлению перевозками VIMOS (www.vimos.org) 29.04.2009 и 20.05.2009 г.; D. Bahr et al. Signal und Draht, 2009, № 5, S. 6–14; материалы компании Funkwerk Information Technologies (www.funkwerk-it.com).