

А. А. Бородин (директор по развитию бизнеса ООО «ЛокоТех-Сигнал»)

БМЦ-М — специализированная система МПЦ для метро

Масштабное внедрение цифровых технологий в метрополитене требует создания соответствующей инфраструктуры, способной вписаться в новую цифровую среду. Одним из наиболее важных ее компонентов является комплекс систем управления движением поездов, обеспечивающий непрерывный обмен информацией с бортовыми устройствами и взаимодействующий в том числе с системами организации технического обслуживания и ремонта подвижного состава и элементов инфраструктуры. Первым шагом в развертывании такого комплекса современных систем является внедрение в метро микропроцессорной централизации (рис. 1).

При всей схожести задач системы СЦБ для метрополитенов с высокой интенсивностью движения поездов и магистральных железных дорог существенно различаются. Для метрополитенов характерны предельно короткие межпоездные интервалы и необходимость обеспечить массовые перевозки пассажиров в условиях ограниченного подземного пространства, что предъявляет повышенные требования к быстродействию и эксплуатационной готовности оборудования. На подавляющем большинстве новых линий метро за рубежом внедряют системы управления движением поездов, основанные на беспроводных технологиях и ориентированные на особые требования городского рельсового транспорта.

Московский метрополитен — движение к цифровым технологиям

Московский метрополитен — один из крупнейших и загруженных в мире — всегда предъявлял высокие требования к безопасности и эффективности работы систем автоматики. В системах управления Мо-

сковского метрополитена уже широко используются микропроцессорные технологии, но системы централизации и блокировки все еще построены на основе реле. Эти простые, надежные и проверенные в эксплуатации системы обеспечивают безопасное движение с одним из самых коротких межпоездных интервалов в мире — 90 с. В отсутствие адекватной замены они продолжают внедряться и сегодня. Тем не менее релейные системы морально и физически устарели и требуют повышенных затрат на техническое об-

Рис. 1. Концепция двухэтапного внедрения цифровых технологий в Московском метрополитене



служивание. Кроме того, они не позволяют полноценно использовать цифровые технологии, необходимые для автоматизации движения поездов, расширенной диагностики и интеграции различных систем.

Особенности систем МПЦ для метрополитенов

На первый взгляд логичным стало бы использование сходных микропроцессорных систем с магистрального железнодорожного транспорта, однако на деле все оказалось не так просто. Короткий межпоездной интервал, условия работы под землей, необходимость обеспечить высокую готовность и гарантии бесперебойной работы Московского метрополитена предъявляют повышенные требования к резервированию, надежности и быстродействию систем централизации. На магистральных железных дорогах таких требований нет. Вот лишь некоторые из специфических требований метрополитена:

- система должна обеспечить пропускную способность 40 пар поездов/ч;

МПЦ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНОВ



Рис. 2. Шкафы с аппаратурой БМЦ-М на станции «Митино» после завершения опытной эксплуатации. Справа — стивы с реле существующей ЭЦ

- полный цикл системы не должен превышать 500 мс;
- 100%-ное резервирование всех компонентов системы;
- бесконтактное управление стрелочным электроприводом по девятипроводной схеме должно обеспечиваться непосредственно объектным контроллером без уча-

- стия каких-либо дополнительных устройств;
- управление светофорными излучателями типа ИСМПЛ должно осуществляться объектным контроллером без использования согласующих устройств;
- алгоритмы и технология работы МПЦ должны повторять суще-

ствующие схемные решения маршрутно-релейной централизации МРЦ. Это касается и визуализации на автоматизированных рабочих местах дежурного по станции, чтобы обеспечить унифицированное управление всеми станциями независимо от того, какими системами они оборудованы — микропроцессорными или релейными.

Создание специализированной МПЦ для метро

Параллельно с попытками внедрить в метро МПЦ магистральных железных дорог велась разработка специализированных систем микропроцессорной централизации, ориентированных исключительно на потребности метрополитенов.

Одной из таких специализированных систем стала БМЦ-М, созданная командой российских специалистов.

Разработка системы БМЦ-М началась в 2010 г. и с самого начала выполнялась в тесном сотрудничестве с ГУП «Московский метрополитен». Основной идеологией стал эволюционный переход к микропроцессорной технике со всеми ее преимуществами, но с сохранением понятных проектировщикам и персоналу метро принципов построения, присущих релейным системам.

Уже через год опытный образец системы БМЦ-М представлен комиссии Московского метрополитена, а в 2012 г. БМЦ-М была смонтирована на его полигоне для проведения комплексных линейных испытаний.

Одновременно шел процесс формирования общих технических требований Московского метрополитена к системам МПЦ. В связи с этим на протяжении ком-

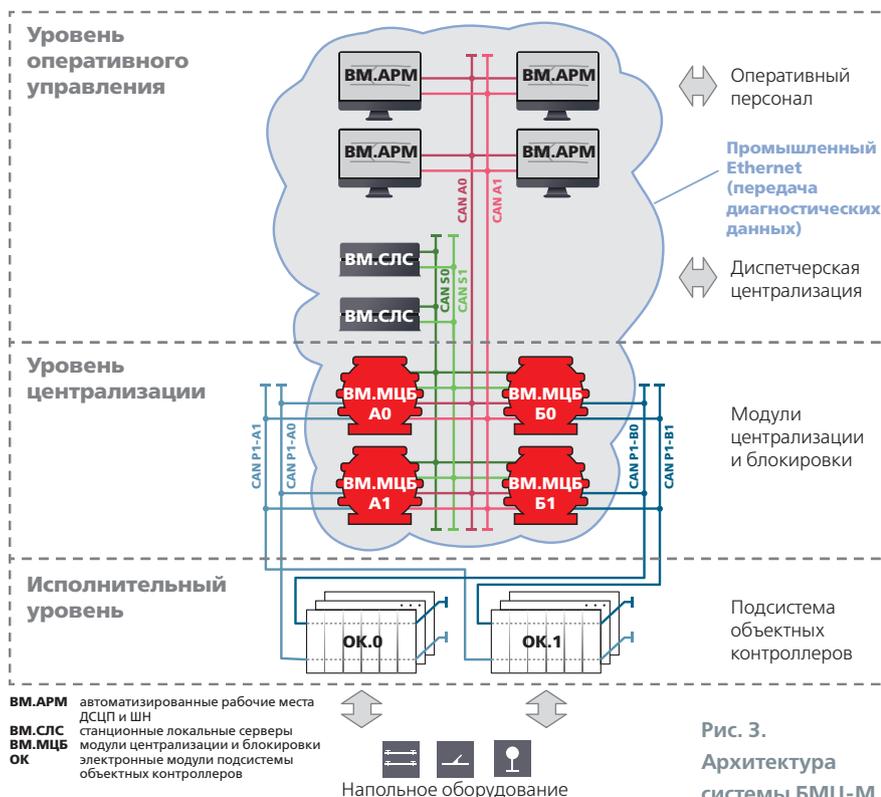


Рис. 3. Архитектура системы БМЦ-М

плексных линейных испытаний и последующей опытной эксплуатации, начавшейся на действующей станции «Митино» в 2015 г., в систему БМЦ-М вносили изменения для обеспечения максимального соответствия вновь созданным требованиям и пожеланиям Московского метрополитена (рис. 2).

В конце 2017 г. был подписан акт об успешном прохождении опытной эксплуатации с учетом всех замечаний и пожеланий заказчика. В результате БМЦ-М стала первой системой микропроцессорной централизации, прошедшей весь цикл проверок и разрешенной к массовому внедрению в Московском метрополитене. В апреле 2018 г. был получен сертификат соответствия на промышленный образец БМЦ-М, а в августе 2018 г. утверждены технические решения для проектирования этой системы.

Производством, внедрением и развитием системы БМЦ-М занимается компания «ЛокоТех-Сигнал», которая также выпускает для метро современные путевые генераторы и приемники с резервированием для системы автоматического регулирования скорости (АРС).

Концепция системы

Архитектура БМЦ-М ориентируется на достижение максимальной совместимости с существующими релейными системами централизации для минимизации затрат при внедрении (рис. 3).

Математическая модель, применяемая в программируемых модулях централизации и блокировки (рис. 4) системы БМЦ-М для вычисления управляющих воздействий, воспроизводит релейную схему. Это позволяет использовать отработанные десятилетиями принципы проектирования систем централизации, сохраняя при переходе на микропроцессорную технику привычные гибкость и понятность релейных схем.

Конфигурация логических зависимостей конкретного объекта внедрения может быть распечатана в виде комплекта релейных схем, хорошо знакомых обслуживающему персоналу станции. Автоматизированные рабочие места операторов имеют стандартный графический интерфейс (рис. 5 и 6), применяемый в системе диспетчерской централизации ДЦ-ММ Московского метрополитена.

Интеграция БМЦ-М с системами диспетчерского управления возможна как на уровне телемеханических каналов передачи данных, так и традиционным для систем релейной централизации способом — через контактные группы реле. Поддерживаются различные способы синхронизации с системой единого времени метрополитена.

Наконец, система БМЦ-М обеспечивает максимальную совместимость с напольным оборудованием, применяемым в настоящее время метрополитенами СНГ. За счет этого при реконструкции действующих объектов инфраструктуры метрополитенов исключается необходимость замены устройств в тоннелях и дополнительной подготовки технического персонала, обслуживающего напольное оборудование.

В качестве электропитающей установки в системе БМЦ-М может быть использована любая современная система, применяемая на Московском метрополитене и обеспечивающая электроснабжение МПЦ от двух независимых источников и автоматический переход на резервный источник в случае отказа основного.

Модульная архитектура

Архитектура системы предусматривает дублирование всех компонентов со 100%-ным горячим резервированием. В БМЦ-М применяются стандартизованные объектные контроллеры (электронные модули) российского производства для управления напольными устройствами. Для каждого типа напольного устройства (такого как стрелочный привод или светофор) разработан свой объектный контроллер, который позволяет без использования электромагнитных реле безопасно и эффективно выполнять управление объектом, его контроль и мониторинг рабочих параметров (рис. 7).

В системе БМЦ-М реализована трехуровневая иерархическая структура. Для обмена информацией между устройствами всех



Рис. 4. Модули централизации и блокировки системы БМЦ-М

МПЦ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

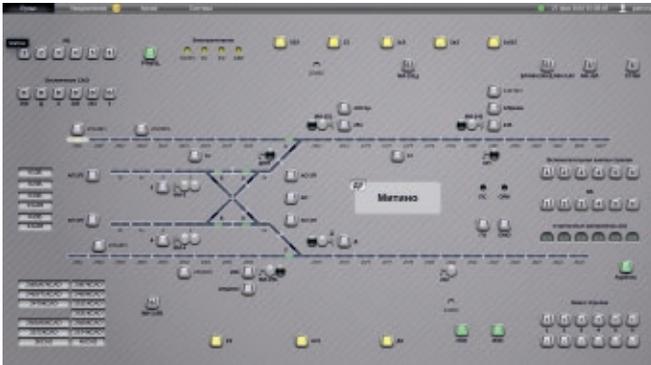


Рис. 5. Схема путей на АРМ дежурного по станции в системе БМЦ-М



Рис. 6. Индикация рабочих параметров оборудования БМЦ-М на АРМ электромеханика

уровней используется высоконадежная сеть CAN, при этом опрос модулей осуществляется по синхронному принципу. Заложенные в систему технические решения обеспечивают ее высокое быстродействие – время реакции БМЦ-М составляет 100 мс.

Подсистема программируемых модулей централизации и блокировки (МЦБ) реализует командный интерфейс с подсистемой АРМ и однонаправленный диагностический интерфейс с внешними системами, рассчитывает логические зависимости и выдает управляющие воздействия в объектные контроллеры.

Подсистема объектных контроллеров (ОК) охватывает электронные модули управления стрелочным приводом (ЭМУСП), светодиод-

ным светофором (ЭМУСС) и рельсовыми цепями (ЭМУРЦ), а также модули цифрового ввода и вывода, каждый из которых способен соответственно управлять 16 выходами для подключения реле и считывать информацию с 16 контактов электромагнитных реле.

Модуль ЭМУСП предназначен для управления по семи- или девятипроводной схеме существующими на метрополитене стрелочными электроприводами и обеспечивает непрерывную фиксацию их электрических и временных параметров, что позволяет диагностировать предотказные состояния электропривода.

Модуль ЭМУСС управляет встроенными в светофор светодиодными излучателями ИСМПЛ и маршрутными указателями с не-

зависимой подстройкой выходного напряжения на каждом из девяти каналов питания излучателей для обеспечения стабильной работы светофора и маршрутного указателя при использовании питающего кабеля разных типов и разной длины. Модуль обеспечивает защиту от короткого замыкания и перегрузки по току по каждой линии питания ИСМПЛ, измерение выходного напряжения на этих линиях и информирование о коротком замыкании или перегрузках.

Один модуль ЭМУРЦ замещает сразу несколько традиционных корпусных приборов: генератор тональной рельсовой цепи (ТРЦ), два приемника ТРЦ, генератор кодов автоматического регулирования скорости (АРС) основной частоты, генератор АРС предупредительной частоты (для питающего и релейного узлов). Конфигурация модуля ЭМУРЦ настраивается через персональный компьютер, в нем реализованы диагностические функции и визуализация происходящих процессов. Полное резервирование модуля достигается без использования дополнительных коммутационных устройств. Кроме того, возможно объединение рельсовых цепей в случае отказа napольного оборудования од-

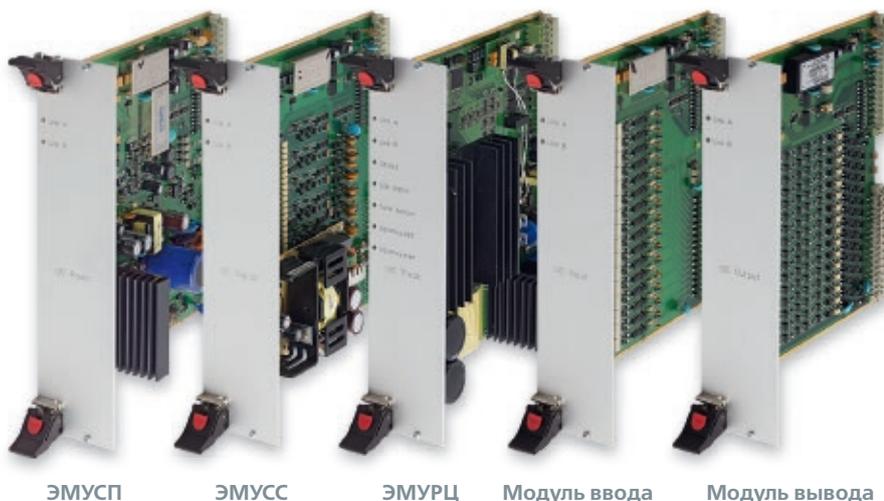


Рис. 7. Объектные контроллеры микропроцессорной централизации БМЦ-М

ной из них путем загрузки новой конфигурации.

Важным достоинством модуля ЭМУРЦ является значительная экономия пространства в аппаратных шкафах. Если при использовании модулей других изготовителей в одном шкафу можно разместить только шесть рельсовых цепей со 100%-ным резервированием, то в случае ЭМУРЦ – 21 рельсовую цепь с кодированием АЛС-АРС со 100%-ным резервированием и 42 – без резервирования.

В систему объектных контроллеров МПЦ входят также модули цифрового ввода-вывода для сопряжения с релейными системами и специализированным напольным оборудованием (например, устройствами контроля прохода в тоннель) и увязки с системами маршрутной релейной централизации соседних станций.

Безопасность и готовность

БМЦ-М отвечает всем требованиям в отношении безопасности, предъявляемым к системам железнодорожной автоматики. Проверка и подтверждение безопасности БМЦ-М выполнены АО «НИИАС».

В составе технических средств БМЦ-М предусмотрены аппаратные и программные средства диагностирования их технического состояния и измерения отдельных параметров устройств СЦБ. Информация о техническом состоянии выдается на АРМ и регистрируется в системном протоколе. Для обеспечения заданного уровня надежности предусматривается резервирование всех компонентов системы, включая каналы передачи данных.

Данные в устройствах системы защищены от разрушений и искажений при отказах и сбоях электропитания. При длительном его отключении данные в устройствах системы сохраняются и после включения электропитания восстанавливаются. БМЦ-М функцио-

нально совместима с управляющими и информационными системами более высокого уровня.

В БМЦ-М уже на системном уровне предусмотрены меры по обеспечению киберзащитности в соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 61508. Внешние системы контроля и мониторинга подключаются через кибербезопасный однонаправленный интерфейс.

Масштабируемость и функциональность

Микропроцессорная централизация БМЦ-М способна решать широкий спектр задач с различными требованиями. Она хорошо масштабируется и подходит как для малых, так и для крупных станций. При этом в минимальной конфигурации БМЦ-М очень компактна и может быть размещена в трех стандартных 19-дюймовых стойках.

Использование компактных объектных контроллеров для управления напольными устройствами обеспечивает высокую гибкость при создании конфигурации системы под конкретное применение. Трудоемкость этого процесса значительно сокращена по сравнению с системами маршрутно-релейной централизации. Программные инструменты работы с конфигурацией позволяют значительно сократить количество ошибок, а программный эмулятор работы системы – произвести отладку логики управления до реализации аппаратной части системы.

Переход к «цифровому метро»

Анализ мирового опыта показывает, что при строительстве новых линий метро за рубежом в последние годы практически повсеместно внедряются системы управления движением поездов, основанные на применении радиоканала.

Такие системы приходят на смену традиционным устройствам

сигнализации и на существующих линиях крупнейших метрополитенов мира, в частности в Лондоне, Нью-Йорке и Париже. Ведутся работы по созданию системы управления по радиоканалу для метрополитена Токио, который, так же как и Московский метрополитен, входит в число мировых лидеров по интенсивности движения поездов.

Технологии управления с передачей информации по радиоканалу за последние десятилетия уже достаточно хорошо опробованы. Они способны органично интегрировать в единый комплекс все системы управления движением поездов и элементами инфраструктуры метрополитена, а также позволяют реализовать развитые функции непрерывного контроля за состоянием поездов и напольного оборудования с целью перехода к их предупредительному техническому обслуживанию.

В переходный период система обмена информацией с поездом по радиоканалу может работать поверх существующей системы сигнализации и использоваться для решения задач, связанных с автоматизацией диспетчерского управления движением поездов, развития автоведения и непрерывного сбора информации о состоянии поездного оборудования. Это станет очередным шагом в реализации концепции «цифрового метро».

«ЛокоТех-Сигнал» входит в одну группу с АО «Трансмашхолдинг» – крупнейшим изготовителем поездов для метрополитенов и сервисной компанией «ЛокоТех», активно внедряющими цифровые технологии на всех этапах жизненного цикла подвижного состава. Опыт и компетенции этой группы позволяют рассчитывать на успешную реализацию концепции «цифрового метро», предполагающей непрерывное взаимодействие его основных составляющих – «цифрового поезда» и «цифровой инфраструктуры».