

**А.Ю. Васильев**, главный специалист,  
**С.Б. Платунов**, руководитель проекта,  
**А.Э. Кейян**, директор по продажам (все — ООО «ЛокоТех-Сигнал»),  
**Е.А. Любавин**, директор ТОО «ЛокоТех-Сигнал Азия»

# Система микропроцессорной централизации Ctrl@Lock 400 на платформе HMR-9

Система микропроцессорной централизации (МПЦ) HMR-9 разработана итальянской компанией ECM и предназначена для управления движением поездов на перегонах и станциях магистральных железных дорог с любыми видами тяги. HMR-9 отличают современные технические решения в сочетании со стандартными интерфейсами и развитым инструментарием для создания программного обеспечения разных уровней назначения. Компания «ЛокоТех-Сигнал» адаптирует HMR-9 к условиям «пространства 1520», используя при этом подсистему APM Ctrl@Screen собственной разработки, и намерена предложить заказчикам построенную на ее платформе современную МПЦ Ctrl@Lock 400 для реализации проектов в сфере ЖАТ.

Система МПЦ HMR-9 внедряется на железных дорогах Италии с 2014 г. За это время в рамках более 10 контрактов введено в эксплуатацию более 50 станций (свыше 5000 объектов управления и контроля), в том числе и на участках, где развернута европейская система управления движением поездов (ETCS) уровня 1. Также система получила распространение и за пределами Евросоюза, например в Египте, Эфиопии и Танзании.

МПЦ HMR-9 — сравнительно молодая система, в концепцию которой с самого начала заложено применение современных протоколов передачи данных и вычислительных систем нового поколения. При ее разработке учитывали накопленный мировой опыт принципов построения и эксплуатации систем такого класса. В уже реализованных проектах система про-

демонстрировала высокий уровень гибкости и хорошую масштабируемость, позволяя создавать территориально распределенные децентрализованные или мультистанционные комплексы управления движением поездов на протяженных участках или в крупных транспортных узлах. В сочетании с модульным построением системы это положительно сказывается на отказоустойчивости при функционировании таких управляющих комплексов и сокращает простои и задержки поездов при возможных отказах. Совместимость со спецификациями ERTMS/ETCS и другими европейскими стандартами создает дополнительные возможности реализации проектов в сотрудничестве с ведущими европейскими компаниями, упрощая в том числе увязку с существующими системами европейских поставщиков.

Перечисленные ключевые преимущества HMR-9 предопределили выбор данной платформы как наиболее перспективной для адаптации к условиям стран «пространства 1520», которые заинтересованы в модернизации систем управления, в том числе с учетом перспектив интеграции с железнодорожными сетями сопредельных государств.

В январе 2020 г. между компанией ECM, входящей в состав Progress Rail — подразделения корпорации Caterpillar, и группой Ctrl2GO было подписано соглашение о возможности применения технологий HMR-9 в проектах Ctrl2GO по всему миру (см. «ЖДМ», 2020, № 2, с. 2 обл.). Адаптацией этой платформы и ее внедрением на «пространстве 1520» занимается компания «ЛокоТех-Сигнал» (входит в группу «Трансмашхолдинг»). Система HMR-9 позволяет реализовать разнообразные по функционалу решения с учетом особенностей конкретных объектов инфраструктуры заказчика.

## Архитектура МПЦ HMR-9 и особенности адаптации

Система HMR-9 имеет классическую трехуровневую структуру (рис. 1):

- уровень оперативного управления;
- уровень обработки логических зависимостей;

## УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

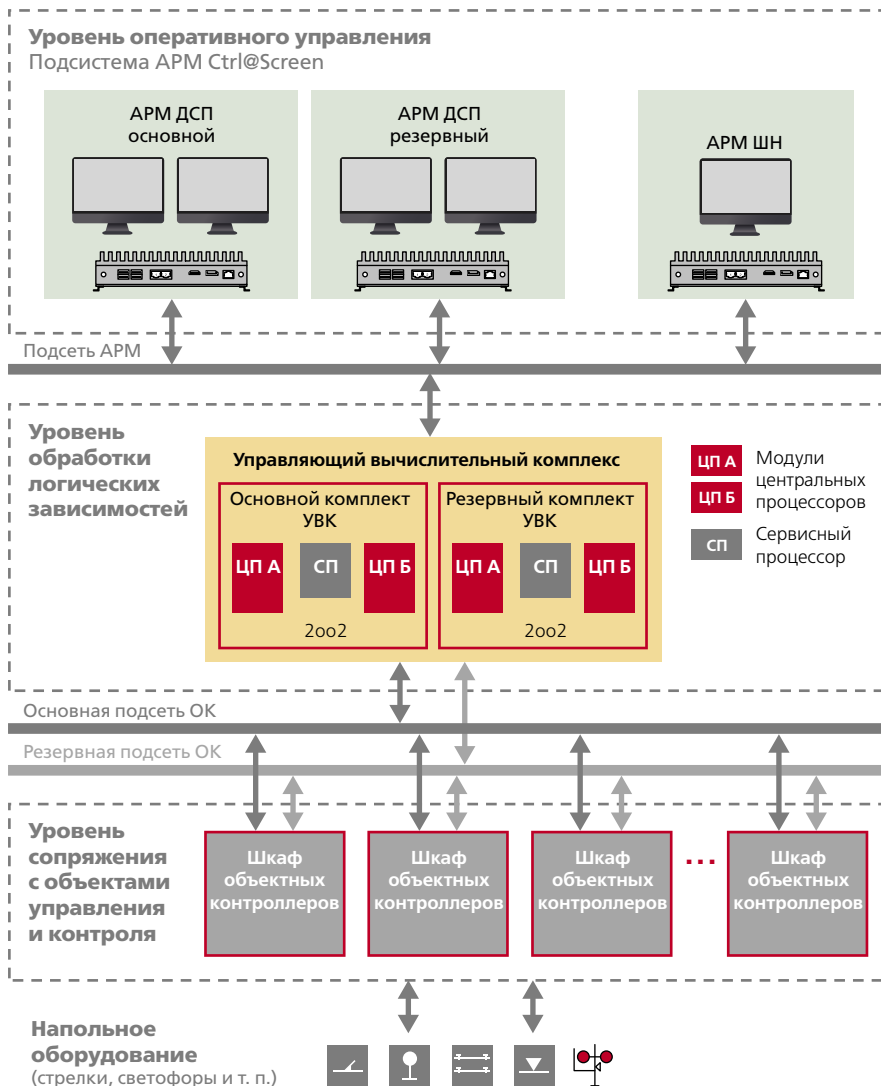


Рис. 1. Архитектура МПЦ Ctrl@Lock 400 на платформе HMR-9 с подсистемой APM Ctrl@Screen

- уровень сопряжения с объектами управления и контроля.

На уровне оперативного управления размещаются автоматизированные рабочие места операторов и электромехаников. Проект адаптации предусматривает интеграцию в HMR-9 подсистемы APM Ctrl@Screen, разработанной «ЛокоТех-Сигнал». Это позволит учесть сложившиеся на железных дорогах колеи 1520 мм правила взаимодействия эксплуатационного персонала с системой и применяемые условные графические обозначения на мнемосхеме станции.

### Уровень оперативного управления: подсистема APM Ctrl@Screen

При разработке графического интерфейса автоматизированных рабочих мест компания «ЛокоТех-Сигнал» ориентировалась на современные стандарты и инновационные технологии, чтобы максимально повысить удобство пользования системой и эффективность работы дежурного по станции (АРМ ДСП) и электромеханика (АРМ ШН).

Интуитивно понятный интерфейс АРМ ДСП и АРМ ШН отображает в реальном времени информацию о поездной обстановке и состоянии устройств ЖАТ, позволяет быстро выявлять и устранять сбои, а также сократить срок обучения эксплуатационного персонала.

В подсистеме автоматизированных рабочих мест Ctrl@Screen применяются компьютеры безвентиляторного исполнения. Они устойчивы к воздействию пыли и электромагнитных полей, способны работать в условиях повышенной



Рис. 2. Внешний вид АРМ подсистемы Ctrl@Screen 100

влажности и вибраций. Подсистема АРМ поддерживает функцию 100%-го горячего резервирования.

Программное обеспечение АРМ является кроссплатформенным и допускает развертывание на современных операционных системах. Цвет фона мнемосхемы и обозначения объектов могут быть изменены в соответствии с требованиями заказчика.

Подсистема АРМ Ctrl@Screen обеспечивает непрерывное протоколирование действий эксплуатационного персонала, архивирование параметров и формирование необходимых протоколов и отчетов. Расширенная диагностика АРМ дежурного электромеханика предоставляет детальную информацию о состоянии всех компонентов МПЦ (рис. 2).

Для связи уровня оперативно-го управления и уровня обработки логических зависимостей в системе применяется локальная сеть с отказоустойчивой кольцевой топологией, построенная на типовых промышленных коммутаторах. Такая топология сети, помимо выполнения требований в отношении надежности и готовности, позволяет легко масштабировать систему на протяженные участки железных дорог с минимальными затратами в отличие от топологии «звезда», требующей увеличенного расхода кабеля.

### Уровень обработки логических зависимостей

Для связи уровня обработки логических зависимостей, на котором расположен управляющий вычислительный комплекс (УВК) системы НМР-9, с уровнем сопряжения с объектами управления и контроля также применяется сеть объектных контроллеров (ОК) с кольцевой топологией. К готовности этой сети предъявляются более высокие требования, поэтому в концепцию платформы НМР-9 за-



Рис. 3. Оборудование управляющего вычислительного комплекса

ложена возможность формирования двух кольцевых подсетей объектных контроллеров – основной и резервной, что существенно повышает уровень надежности системы.

Управляющий вычислительный комплекс микропроцессорной централизации имеет классическую отказоустойчивую безопасную структуру, построенную по схеме «2 из 2» (2oo2), и состоит из двух комплектов: один комплект находится в рабочем режиме, а другой – в режиме «горячего» резерва. Резервирование организовано без приоритета, т.е. комплекты УВК равноценны. Любой из них может функционировать в основном рабочем режиме до отказа или до команды переключения на резервный комплект УВК. Данные синхронизируются между комплектами УВК по отдельно выделенной внутренней локальной сети.

Пример размещения оборудования управляющего вычислительного комплекса приведен на рис. 3.

Каждый комплект УВК состоит из трех аппаратно независимых блоков:

- модуля центрального процессора А (ЦП А);

- модуля центрального процессора Б (ЦП Б);
- модуля сервисного процессора (СП).

Каждый из модулей А и Б размещается в едином конструктиве стандарта CompactPCI (рис. 4) и представляет собой набор плат. Такая модульная структура улучшает ремонтопригодность: при выходе из строя одной из плат не требуется замена всего модуля процессора.

Модули А и Б работают параллельно и независимо друг от друга. Они вычисляют состояния объектов управления и контроля в логике МПЦ и затем обмениваются данными между собой по внутренней локальной сети. Каждый модуль, получив результаты вычисления другого, независимо сравнивает их с собственными результатами. Полученный в ходе сравнения результат отправляется на модуль сервисного процессора, выполняющего роль безопасного устройства сравнения и сторожевого таймера. Сервисный процессор в свою очередь размещен в специализированном аппаратном модуле управления электропитанием, который служит для перевода комплек-

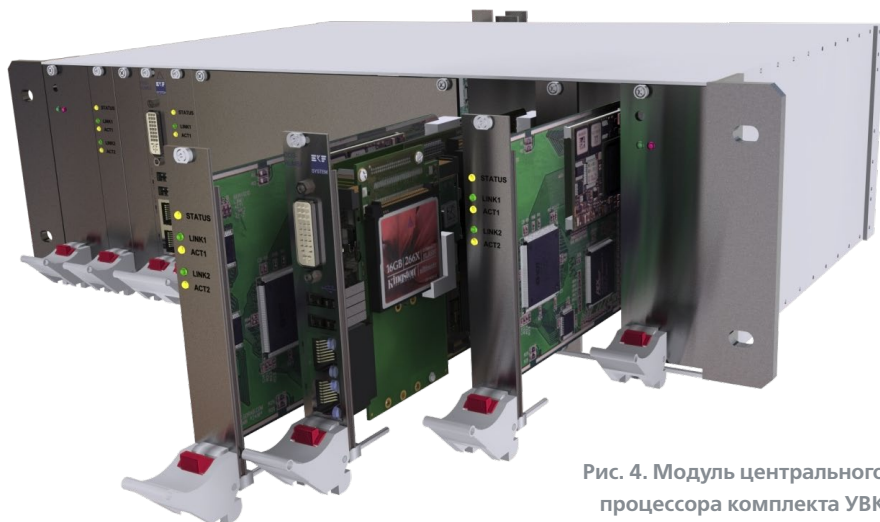


Рис. 4. Модуль центрального процессора комплекта УВК

ных ошибочных команд и индикации также за счет физического отключения коммутаторов, а в-третьих, позволяет применять в качестве модулей центральных процессоров типовые коммерческие устройства, так как безопасность обеспечивается специализированным сервисным процессором. Это положительно влияет на унификацию, стоимость системы и позволяет регулярно обновлять вычислительные мощности УВК.

Программное обеспечение УВК имеет четкое разделение на три уровня в соответствии со стандартом CENELEC EN50128, не требуя изменения исполняемых файлов базового ПО при изменении топологии станции или отдельных логических функций системы. Заказчик может самостоятельно корректировать программное обеспечение системы при изменении путевого развития станции. При этом ему не требуется согласовывать свои проекты по реконструкции станций с разработчиками системы при условии сохранения неизменными ее логических функций управления объектами.

### Объектные контроллеры

Уровень сопряжения с объектами управления и контроля состоит из следующих основных компонентов:

- сигнального объектного контроллера;

та УВК в безопасное состояние за счет отключения питания на физическом уровне.

Если сервисный процессор УВК получает совпадающие между собой результаты сравнения от обоих модулей, то результаты вычислений передаются во внешние устройства (автоматизированные рабочие места и объектные контроллеры), в противном случае модули А и Б, а также их внешние коммутаторы отключаются физически, и комплект УВК переходит в безопасное состояние. При этом второй комплект УВК, находившийся в режиме горячего резерва, принимает на себя функции основного.

Кроме того, в процессе функционирования каждый модуль комплекта УВК периодически выполняет ряд процедур самодиагностики, обеспечивающих выполнение требований по функциональ-

ной безопасности. В частности, проверяются:

- корректность полученных данных;
- правильная последовательность выполнения процессов вычислений;
- целостность, корректность и регулярность обновления баз данных;
- обновление входов и внутренних переменных в каждом цикле;
- обновление выходов в каждом цикле и их соответствие вычисленным значениям.

Такая реализация принципа обеспечения безопасности, во-первых, гарантирует перевод отказавшего комплекта УВК в безопасное состояние за счет физического отключения, во-вторых, гарантирует блокирование передачи возмож-

Рис. 5. Внешний вид (а) и платы (б) модуля управления, а также внешний вид силового модуля (в) стрелочного объектного контроллера

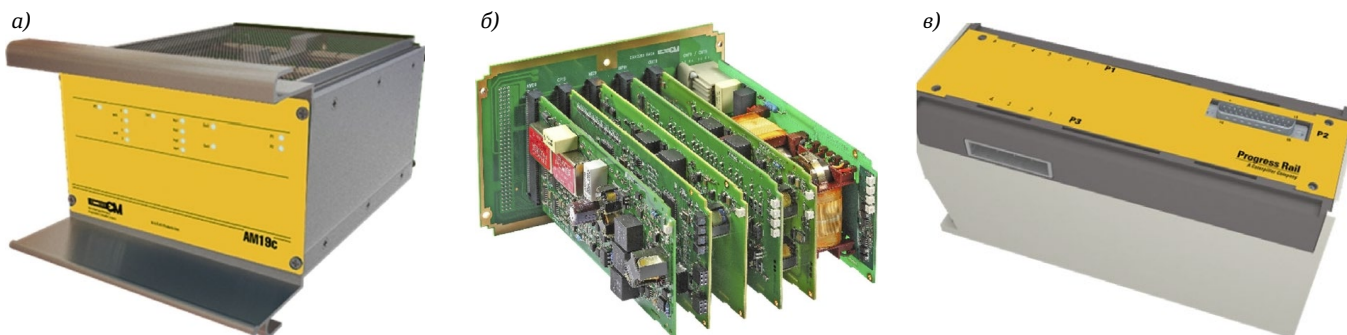


Рис. 6. Шкафы объектных контроллеров

- стрелочного объектного контроллера;
- объектного контроллера ввода-вывода.

Кроме того, в системе имеются объектные контроллеры для увязки с другими устройствами ЖАТ – системами счета осей, рельсовыми цепями, переездной сигнализацией и др.

Объектные контроллеры обеспечивают полностью бесконтактное управление напольными устройствами и представляют собой специализированные наборы плат, размещенных в металлических корпусах стандарта MicroTCA (рис. 5). К особенностям построения объектных контроллеров системы следует отнести унифицированное напряжение питания 48 В от шины постоянного тока. Там, где в силу особенностей внешней нагрузки (например, стрелочный электродвигатель) целесообразно применять низковольтное питание, контроллер разделяется на логическую и силовую части. Такое построение системы позволяет существенно снизить вероятность поражения обслуживающего персонала электрическим током.

Все контроллеры имеют индустриальное исполнение с диапазоном рабочих температур от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  и монтируются в специализированных шкафах (рис. 6). Такой расширенный температурный диапазон позволяет размещать объектные контроллеры не только в помещениях постов централизации, но и в модульных зданиях или шкафах уличного исполнения в соответствии с требованиями конкретного проекта.

Стрелочный объектный контроллер имеет модификации для управления стрелками с электродвигателями как постоянного, так и переменного тока.

Сигнальный объектный контроллер может управлять светодиодными светооптическими системами,



причем за счет логического объединения контроллеров может быть построена схема управления светофором любой сложности и количества огней.

Контроллер ввода-вывода позволяет определять состояние восьми контактов внешних электромагнитных реле и управлять восемью обмотками.

### Перспективы

Накопленный опыт специалистов «ЛокоТех-Сигнал» по подготовке систем ЖАТ к работе в условиях «пространства 1520» в сочетании с открытостью ПО платформы HMR-9 позволяет рассчитывать, что МПЦ Ctrl@Lock 400 будет адаптирована в короткий срок. Заказчики получают возможность выбрать наиболее подходящую конфигурацию – от полностью централизованной до максимально децентрализованной, чему способствует наличие аппаратуры с расширенным диапазоном рабочих температур.

Применение унифицированной системы APM Ctrl@Screen позволяет создать единую среду отобра-

жения графической информации и ввода управляющих команд, а в перспективе – обеспечить интеграцию функций диспетчерской централизации и автоматизации диспетчерского управления движением поездов (TMS).

Система Ctrl@Lock 400 обладает всем необходимым для организации взаимодействия со смежными системами сторонних производителей по релейному или цифровому интерфейсу. Это дает возможность планомерно наращивать объем готовых технических решений и легко реализовывать сложные комплексные проекты строительства новых и модернизации существующих линий.

Система Ctrl@Lock 400 гармонично дополняет семейство уже имеющихся у компании «ЛокоТех-Сигнал» МПЦ Ctrl@Lock 200 для промышленного транспорта и МПЦ Ctrl@Lock 100 для метрополитенов и других видов городского рельсового транспорта. В результате «ЛокоТех-Сигнал» будет располагать полным спектром экономически эффективных решений для всех сегментов рынка.