

высокоскоростной передачи видеоданных и в случаях слабого сигнала сети мобильной связи на первый план выходят локальные хранилища данных. Это позволяет при необходимости передать избранные видеозаписи (или неподвижные изображения) с помощью кнопки экстренного вызова, имеющейся у водителя, либо при срабатывании датчика ускорения в случае аварии. Интеллектуальная система анализа видеоданных может, например, распознавать «людей» в приложении подсчета пассажиров или «пряжки» (анализируя цвет, форму и расположение этих элементов) в автобусах, оборудованных ремнями безопасности, для контроля соблюдения пассажирами правил безопасности, а также выполнять другие функции. Это позволяет рационально использовать собранные данные и экономить средства и время администраторов системы.

#### Advantech и Eco-Partner Alliance

Вопросы сохранности и бесперебойной работы интеллектуальных систем автобусного транспорта тре-

буют использования исключительно надежных аппаратных компонентов, способных работать в условиях экстремальных температур, выдерживающих бесчисленное число ударов и сотрясений, неизбежных во время движения, а также способных справляться со сбоями электропитания. Компания Advantech обладает значительным опытом в сфере разработки и использования подобных систем. Готовые к применению комплексные решения Advantech включают весь спектр компонентов от серверов промышленного уровня, интеллектуальных сетевых систем и других элементов, которые могут использоваться вне транспортного средства, до готовых систем BRT, включающих все необходимые элементы оснащения от автобусной остановки до центрального офиса.

Компания Advantech выступила инициатором создания Eco-Partner Alliance — стратегического объединения партнеров, связанных общими идеями и деловыми интересами, помогающего участникам повысить взаимную эффективность.

Контактный телефон (495) 644-03-64.

[Http://www.advantech.ru](http://www.advantech.ru)

## ПЛАТФОРМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

**А.М. Астапкович, И.Н. Васильченко, А.В. Завгородний, С.А. Крутиков (ООО “КОНТИНЕНТ”)**

*Отмечено, что в России реализуется концепция создания единой информационной инфраструктуры пассажирского поезда (ЕИИПП). Представлены три аппаратно-программные платформы, выпускаемые ООО “Континент” (Санкт-Петербург) в рамках реализации этой концепции.*

*Ключевые слова: железнодорожный транспорт, единая информационная инфраструктура пассажирского поезда, контроллер, системы контроля, диагностики и управления, средства коммуникации.*

#### Введение

В настоящее время железнодорожная отрасль России переходит на использование подвижного состава нового поколения. Неотъемлемой частью этого класса промышленного оборудования (тепловозы, электровозы, пассажирские вагоны и т.п.) являются многофункциональные цифровые системы управления реального времени.

Такие системы представляют собой специализированные многокомпонентные аппаратно-программные комплексы, работающие в сложных условиях. Данная область применения обладает рядом характерных особенностей, среди которых:

- жесткие условия эксплуатации по уровню механических воздействий;
- высокий уровень электромагнитных помех;
- расширенный температурный диапазон;
- затрудненный режим обслуживания в штатном режиме обслуживания;
- длительный жизненный цикл (> 20 лет).

Конструктивное исполнение электротехнических изделий для разных областей применения регулируется ГОСТ 17516.1-90. В соответствии с этим ГОСТ изделия, применяемые на железнодорожном транс-

порте, в том числе на метрополитене, относятся к группам исполнения М25-М29. Они должны обеспечивать стойкость к синусоидальным вибрациям 10...100 Гц и к одиночным ударам с максимальной амплитудой 5g. По условиям эксплуатации изделия, как правило, должны работать в температурном диапазоне -40...50 °С.

В настоящее время в РФ для оснащения высокоскоростных железнодорожных составов в качестве основной используется платформа SIBAS фирмы Siemens. Под платформенным решением в данном случае понимается набор взаимосогласованных решений (аппаратных, программных, программно-инструментальных, механических и т.п.) в рамках общей концепцией построения системы управления в целом. Наиболее известные решения в основе этого стандарта — поезда “Сапсан” (SIEMENS Velaro RUS) и “Ласточка” (Desiro RUS).

Российские компании также работают в направлении создания собственных решений для оснащения высокоскоростных железнодорожных составов. Федеральная Пассажирская компания (ФПК) и ОАО “НИИАС” разработали концепцию единой информационной инфраструктуры пассажирского поез-

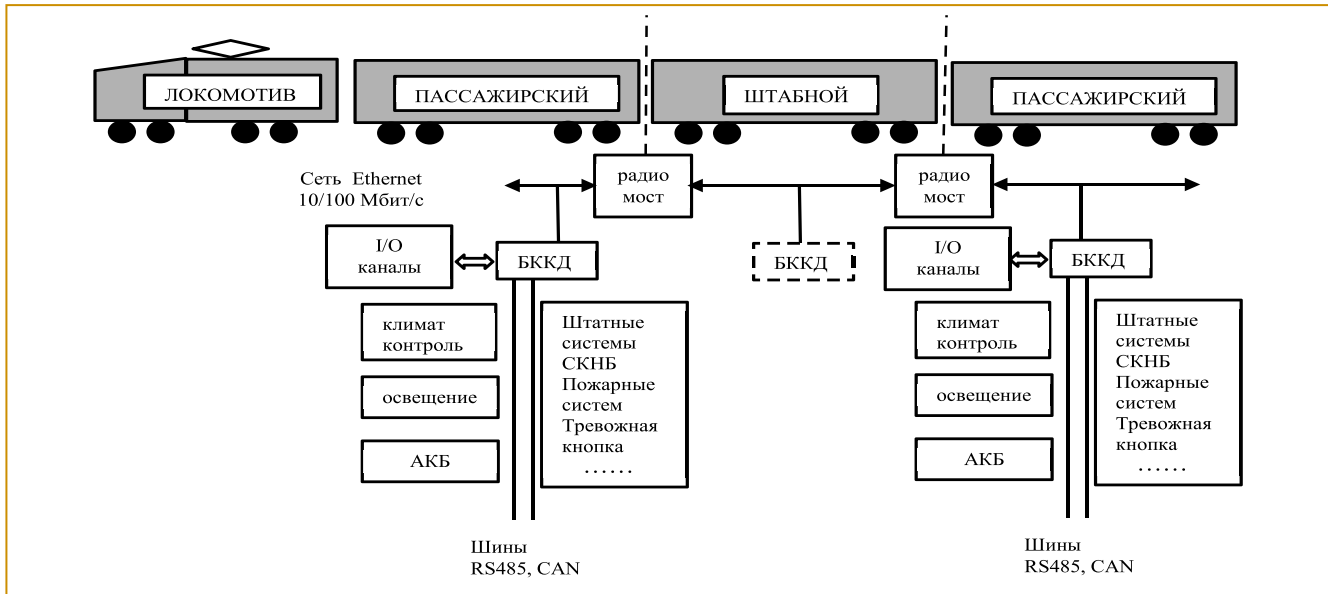


Рис. 1. Модель состава в концепции ЕИИПП

да (ЕИИПП). Эта концепция поэтапно реализуется в серийно выпускаемой продукции ОАО «Тверской Вагоностроительный Завод».

Реализация концепции призвана обеспечить:

- повышение безопасности пассажирских перевозок за счет внедрения современных программно-аппаратных средств: контроля и диагностики технического состояния подвижного состава, пожаротушения, видеонаблюдения, контроля доступа и посадки, средств связи и т. п.;

- повышение конкурентоспособности и привлекательности пассажирского железнодорожного транспорта за счет внедрения современных информационных технологий (доступ в Internet, телевидение, развлечения, заказ такси, гостиниц и т.д).

Экономическая эффективность пассажирских перевозок в рамках этой концепции достигается за счет:

- интеграции, унификации и масштабируемости аппаратно-программных средств;
- повышения оперативности проведения регламентных и ремонтных работ;
- повышения технико-экономической эффективности пассажирских перевозок и предоставления дополнительных услуг пассажирам на возмездной основе.

Согласно этой концепции информационные системы и сервисы, внедряемые в поездах, делятся на группы технологических и прикладных.

На рис. 1 представлена модель состава в соответствии с концепцией ЕИИПП. Отметим, что отличие этой модели от модели SIBAS [1] заключается в разделении системы на две части: систему управления для локомотива и собственно систему управления пассажирского состава. В первую очередь это связано с ориентацией на использование разных технологий организации перевозок пассажиров.

Технологические информационные системы решают задачи, связанные с контролем, управлением и диагностикой подвижного состава. Модель технологической системы поезда состоит из системы контроля, диагностики и управления вагонным оборудованием (СКДУ вагона) и распределенной СКДУ поезда. Базовый набор подсистем, входящих в СКДУ вагона, представлен на рис. 2.

СКДУ поезда формируется посредством интеграции СКДУ вагонов с помощью информационной магистрали поезда. Это приводит к необходимости использования высокоскоростных беспроводных коммуникаций между вагонами.

СКДУ поезда обеспечивает решение следующих задач [2–4]:

- сбор и обработка данных о состоянии оборудования каждого отдельного вагона и поезда в целом;
- управление подсистемами поезда;
- отображение диагностической информации на пульт (дисплей) проводника и/или начальника поезда, выдачи рекомендаций к действию;

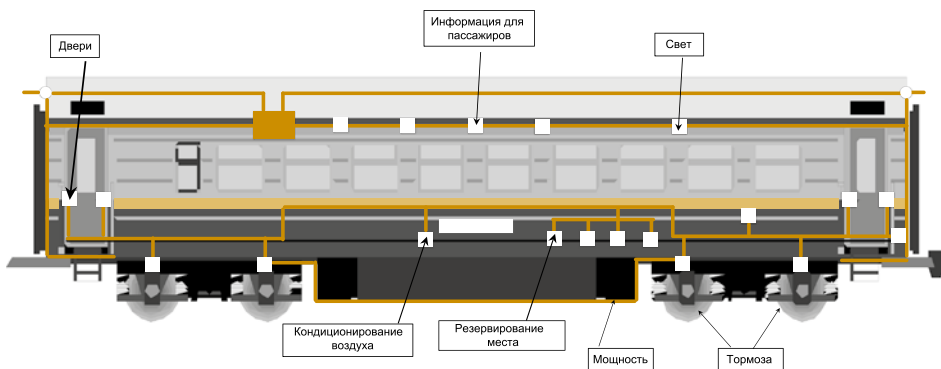


Рис. 2. Состав основных подсистем СКДУ вагона

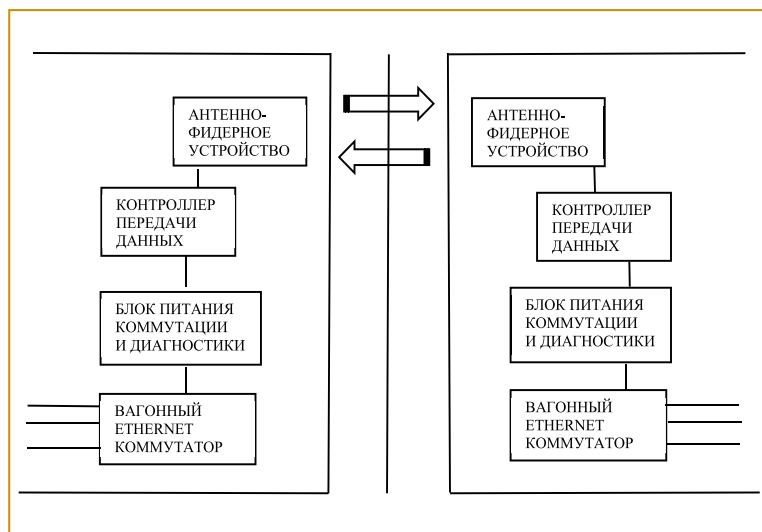


Рис. 3. Структурная схема БРИСС

- регистрация и хранение поездной информации в защищенном режиме;
- подготовка данных о состоянии оборудования поезда для передачи в ситуационный центр;
- автоматическое конфигурирование поездной информационной магистрали (при изменении состава вагонов поезда);
- управление подсистемами пожаротушения, видеонаблюдения, информирования пассажиров и т. п.

Для решения этих задач СКДУ поезда принимает сигналы от функциональных систем подвижного состава (энергоснабжения, кондиционирования, торможения, видеонаблюдения и т. д.) по интерфейсам RS-485, CAN, Ethernet, контактными датчикам и т. д., проводит обработку этих сигналов, отображает необходимую информацию на дисплее проводника, передает необходимую информацию по информационной магистрали в центральный сервер-контроллер, расположенный в купе начальника поезда, для обработки и передачи данных во внешние системы, например, в ситуационный центр ОАО «ФПК».

При этом СКДУ решает задачи диагностики в интересах следующих систем вагона: сантехнического оборудования, компрессорной, гребнесмазывательной, буксовых узлов колесных пар, противоюзной, тормозной, узлов генератора, аккумуляторной батареи, информирования пассажиров.

Одним из ключевых разработчиков и производителей аппаратно-программных решений для концепции ЕИИПП является компания ООО «Континент» (Санкт-Петербург). Рассмотрим три системы, предназначенные для железнодорожного транспорта.

#### Беспроводная радиочастотная информационная система связи

Беспроводная радиочастотная информационная система связи (БРИСС) предназначена для объединения изолированных локальных информационно-управляющих сетей пассажирских вагонов (СКДУ

вагонов) в СКДУ состава по беспроводному каналу. Ключевой особенностью этой системы является автоматическое установление соединения между соседними вагонами.

Использование системы с такими свойствами позволяет существенно:

- уменьшить трудоемкость формирования состава перед подготовкой в рейс;
- увеличить надежность системы в случае непреднамеренного разрыва соединений в пути следования;
- облегчить проведение регламентных работ и диагностику возможных неисправностей подсистем вагона.

Естественно, что при этом требуется обеспечить надежное высокоскоростное соединения в условиях большого уровня электромагнитных помех естественного и искусственного характера.

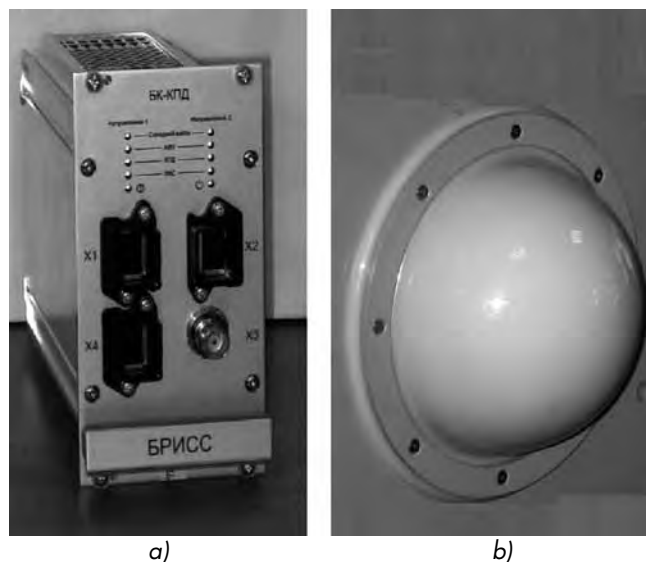
В частности, при нахождении двух поездов на соседних путях системы могут создавать помехи друг другу. Соответственно требуется использовать узконаправленные антенны, которые работают в широком температурном диапазоне и выполнены в вандалозащищенном исполнении.

Структурная схема фрагмента системы приведена на рис. 3.

В состав полуккомплекта БРИСС входят:

- контроллер передачи данных (КПД);
- блок питания коммутации и диагностики (БПКД);
- блок коммутации — контроллер передачи данных (БК-КПД);
- антенно-фидерное устройство (АФУ);
- радиочастотный фидер.

Внешний вид КПД и АФУ приведены на рис. 4. Контроллеры и блоки питания выполняются в 19-дюймовом формате.

Рис. 4. Компоненты БРИСС  
а) БК-КПД, б) АФУ

### Базовые технические параметры семейства БРИСС

Диапазон частот, Гц.....	2,4...2,483
Скорость передачи данных БРИСС/БРИСС-М, Мбит/с .....	10/100
Тип кадров данных.....	EEE 802.3 Ethernet
Поддерживаемые спецификации Ethernet .....	10/100BASE-T Ethernet
Максимальная длина фидера между АФУ и КПД, м .....	15
Диапазон питающих напряжений, В.....	75...150
Потребляемая мощность, Вт .....	≤ 20
Диапазон рабочих температур, °С .....	-30...50
Диапазон рабочих температур для АФУ с внешней стороны, °С .....	-45...60
Степень защиты оболочек для АФУ с внешней стороны.....	IP67
Группа стойкости к механическим воздействиям по ГОСТ 17516.1-90.....	M25

В настоящее время серийно выпускаются две разновидности устройств БРИСС и БРИСС-М.

### Платформа контроля и управления электрооборудованием вагона (КУЭВ)

Платформа контроля и управления электрооборудованием вагона представляет собой набор модулей, обеспечивающих возможность сборки специализированных контроллеров для подсистем управления электрооборудованием вагона. Гибкость и масштабируемость платформы обеспечивается рядом концептуальных решений, заложенных при разработке.

Механизм формирования платформы базируется на использовании специфицированной структуры ядра типового контроллера (рис. 5). В зависимости

от специфики решаемой задачи используется тот или иной набор периферийных модулей.

Контроллер платформы КУЭВ имеет иерархическую структуру, которая обеспечивает возможность реализации как моноблочных, так и распределенных систем управления.

Главным устройством контроллера является модуль центрального процессора (МЦП). Он взаимодействует с модулями ввода/вывода посредством модуля контроллеров расширения (МКР). Каждый МКР с подключенными к нему модулями располагается в отдельном крейте. Число МКР и модулей ввода/вывода зависит от системы управления. Взаимодействие с МЦП осуществляется через специализированный коммутатор локальной сети Ethernet (КЛС).

Масштабируемость контроллера обеспечивается набором модулей расширения, которые представляют собой модули ввода/вывода. Модули расширения предназначены для: приема сигналов от электрооборудования вагона, их предварительной обработки и передачи через модуль МКР в модуль центрального процессора; управления исполнительными элементами электрооборудования вагона.

Набор модулей расширения обеспечивает возможность создания систем управления для различных модификаций электрооборудования, используемого в вагонах железнодорожного транспорта. Для иллюстрации особенностей применения можно отметить, что, например, модуль MDI-220 предназначен для ввода сигналов с уровнями логического нуля 0...20 В и логической единицы 150...300 В по 16-и независимым изолированным друг от друга каналам.

Модуль MAI-I/V предназначен для ввода аналоговых сигналов от источника в диапазоне 0...20 мА по четырем независимым изолированным друг от друга каналам. Этот же модуль обеспечивает возможность ввода сигналов от четырех независимых источников напряжения в диапазоне ± 40 В.

Все модули ввода/вывода (кроме MAI-T) имеют гальваническую развязку между каналами. Модули вывода имеют защиту от короткого замыкания, каждый имеет индикацию текущих состояний каналов.

Изделия из состава КУЭВ конструктивно представляют собой экранированную 19-дюймовую cassette, высотой 3U и глубиной 160 мм. Ширина cassette составляет 35,2 мм. Основание cassette имеет направляющие для облегчения установки cassette в крейт. Тыловой разъем одинаков у всех изделий из состава КУЭВ: DIN 41612 тип C, Harting (рис. 6).

Модули расширения могут использоваться для разработки специализированных контроллеров в моноблочном испол-

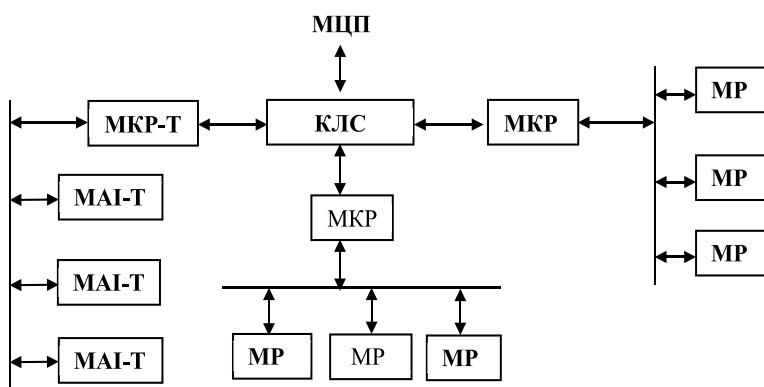
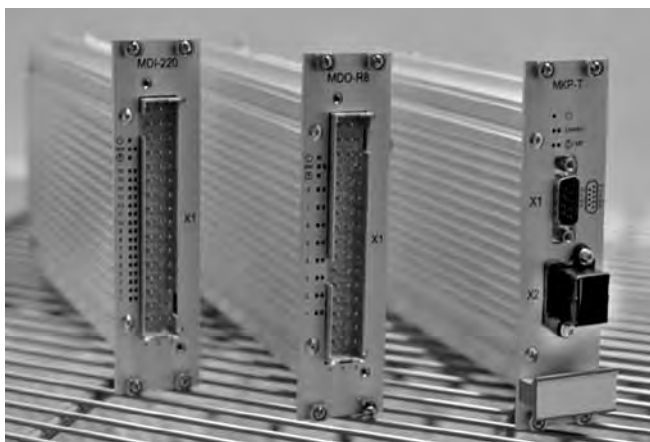
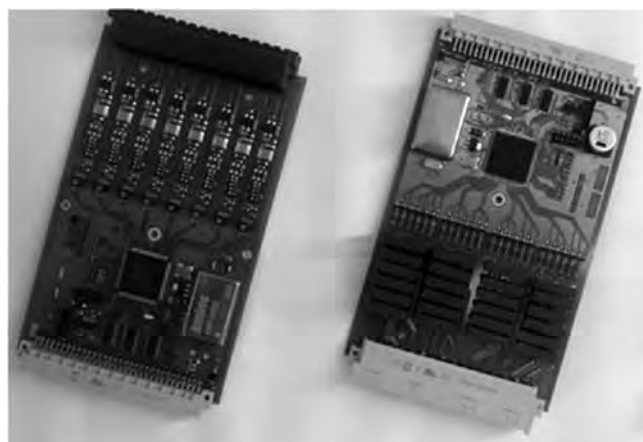


Рис. 5. Структура ядра типового контроллера платформы КУЭВ, где МЦП – модуль центрального процессора (1 ед.); МКР – модуль контроллеров расширения (макс. 4 ед.); MP – модули расширения (макс 14 ед.); МКР-Т – модуль контроллеров расширения для измерения температуры; MAI-T – модуль измерителя температуры; КЛС – коммутатор локальной сети Ethernet.

Максимальное число каналов ввода/вывода, ед. – 1792  
Время реакции – <100 мс



а)



б)

Рис. 6. Конструктивное исполнение модулей расширения: а) модули расширения в кассете, б) платы модулей расширения

нении. В этом случае используется другой тип корпуса и требуется разработка специализированной кросс-платы. На рис. 7. представлен серийно выпускаемый моноблок контроля температуры.

#### Промышленные коммутаторы локальных сетей

Контроллер на базе платформы КУЭВ оснащен коммутатором локальной сети (КЛС). При этом последний имеет самостоятельную ценность и может быть использован в составе других типов промышленного оборудования.

С функциональной точки зрения КЛС обеспечивает адресацию пакетов в локальной сети Ethernet. Выпускаемые версии обеспечивают возможность подключения до 10 сетевых устройств. При этом обеспечивается поддержка стека протоколов: VLAN (IEEE802.1Q, Rev D5.0, 2005); LLDP (IEEE802.1AB); LAG (IEEE802.3ad); STP/RSTP (IEEE802.1D, 2004); SNMP (v1, v2c, v3); NTP (RFC5905).

Основными элементами КЛС являются: электронный модуль на основе комплекта кристаллов фирмы Marvell, осуществляющий быстрые операции пересылки данных между портами, и процессорный модуль, устанавливающий правила пересылки и регулирующий топологию сети согласно протоколам RSTP, LACP.

Правила пересылки устанавливаются через конфигурационный файл, хранящийся в ПЗУ процессорного модуля. В конфигурационном файле сохраняются: принадлежность портов к VLAN; приоритет сетевого трафика портов; ограничения скоростей на портах; настройки протоколов LLDP, DHCP, RSTP; IP-адрес для доступа на Web-страницу и настройки по протоколу SNMP 192.168.0.5.

В отличие от бытовых устройств такого рода КЛС должен соответствовать ряду жестких условий по надежности и исполнению, определяемых условиями эксплуатации.

Особенности применения привели к необходимости создания линейки устройств, отличающихся по функциям и конструктивному исполнению (рис. 8). Отметим, что необходимость конструктив-

ного исполнения по классу M25 требует использования соответствующих типов разъемов.

Коммутаторы выпускаются в вариантах: управляемый/неуправляемый и с поддержкой функции PoE. Управляемые коммутаторы используют протоколы резервирования RSTP и LACP и обеспечивают возможность реализации топологий типа “кольцо”.



Рис. 7. Блок контроля температуры в моноблочном исполнении



Рис. 8. Линейка промышленных КЛС

### Ключевые технические характеристики коммутаторов

Электрическая прочность, кВ	
непосредственный контакт.....	±6
в воздухе.....	±8
Относительная влажность, %.....	5 ... 95
Рабочий диапазон, °С.....	-40...50
Диапазон температур хранения, °С.....	-50...60
Группа механического исполнения по ГОСТ 17516.1-90.....	M25

На прикладном уровне поддерживается протокол SNMP, что обеспечивает возможность использования Web-интерфейсов для настройки, загрузки файлов и т. п.

Питание КЛС осуществляется от источника постоянного тока. Встроенный преобразователь напряжения с гальванической развязкой формирует необходимые питающие напряжения для всех узлов КЛС. Возможно питание от источников постоянного напряжения 24/48 В. Собственное потребление ≤7 Вт.

Коммутаторы, как и другие компоненты платформы КУЭВ, эксплуатируются в условиях наличия большого уровня электромагнитных помех и в широком диапазоне температур и влажности.

### Платформа БУК

Изначально платформа БУК разрабатывалась как унифицированный набор модулей, обеспечивающий возможность быстрой системной интеграции компонентов систем управления климат-контроля. Фактические же возможности платформы существенно шире. Платформа БУК обеспечивает возможность разработки компактных и экономичных контроллеров. На ее базе может разрабатываться широкий спектр промышленного оборудования.

Архитектура платформы базируется на классическом магистрально-модульном принципе, что обеспечивает возможность адаптации к особенностям создаваемой системы (рис. 8). Ядро контроллера состоит из блока центрального процессора (БЦП) и варьируемого набора модулей расширения (МР), которые крепятся на DIN-рейку (рис. 9). Последние соединяются с БЦП по интерфейсу RS-485, который является для контроллера системной шиной со скоростью обмена 115 Кб/с. Топология сети: физическая

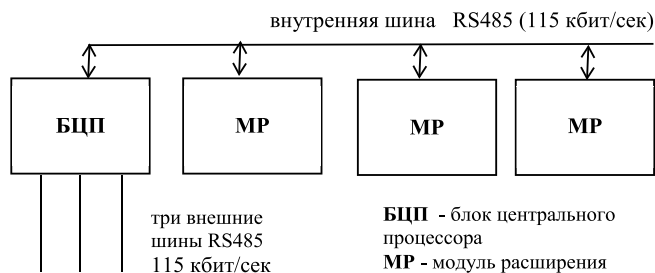


Рис. 8. Структура контроллера на базе платформы БУК

шина/логическая звезда. БЦП имеет набор интерфейсов: Ethernet, RS-485, CAN, что обеспечивает возможность построения распределенных многоуровневых систем управления.

В настоящее время обеспечивается поддержка до 15 МР. Номенклатура модулей обеспечивает возможность работы с: цифровыми входами 24 В; релейными выходами; аналоговыми входами напряжения и тока; аналоговыми входами для стандартизованных температурных датчиков. Возможна дополнительная комплектация вынесенным пультом управления и другим аналогичным оборудованием с интерфейсом по RS-485. Эти устройства подключаются по отдельным интерфейсам RS-485.

БЦП реализован на базе SOM (System On Module) ConnectCore 9P 9215 фирмы Digi. Модуль реализован на 32-bit микропроцессоре NS9215 фирмы Digi, имеющем двухядерную структуру с ядрами ARM926EJ-S. В качестве внутренней шины SOM используется 75 МГц шина стандарта АНВ. Микропроцессоры ядра имеют возможность доступа по этой шине к внутреннему хэбу из аппаратных реализаций стека протоколов. Последний непрерывно расширяется и в настоящее время включает UART, SD/SDIO, CAN bus, 1-Wire®, низкоскоростной USB, I2 S и др.

SOM оснащен высокоскоростным интерфейсом 10/100 Мбит Ethernet, по которому осуществляется перепрограммирование модуля по протоколу FTP. За счет отдельного модуля дополнительно обеспечивается возможность работы в беспроводных сетях Wi-Fi 802.11a/b/g. Во всех МР входы/выходы гальванически развязаны от вычислительного ядра.

В настоящее время серийно выпускается набор модулей, сформированный по спецификациям вагоностроителей и на сегодняшний момент перекрывающий весь спектр их потребностей. Так как платформа является открытой, то в случае необходимости возможно дополнение платформы новыми МР.

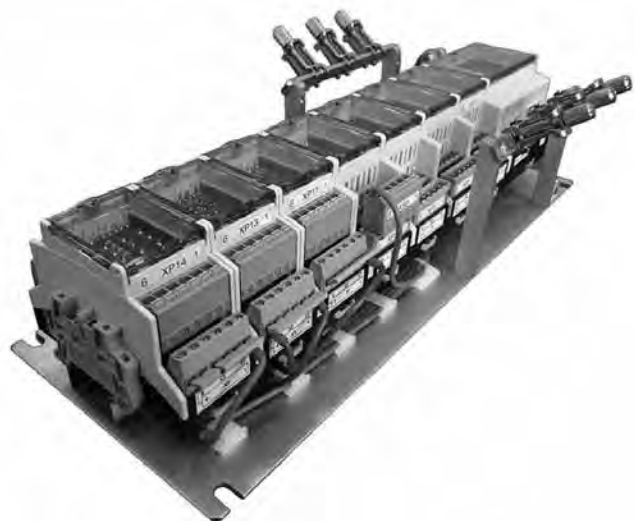


Рис. 9. Внешний вид контроллера платформы БУК

Программное обеспечение платформы БУК имеет четырехуровневую структуру: низкоуровневое ПО МР; прикладное ПО БЦП; системное ПО БЦП; инструментальное ПО.

Прикладное ПО для SOM разрабатывается с использованием свободно распространяемой программно-инструментальной среды Digi ESP, которая предназначена для разработки приложений реального времени.

В настоящее время различные модификации контроллеров, разработанных на основе платформы БУК, применяются в системах обеспечения климата помещений подвижного состава железнодорожного транспорта, метрополитена и специализированных железнодорожных транспортных средств.

В качестве иллюстрации отметим серийно выпускаемые контроллеры с групповым названием СУ СОК КМ (система управления системой обеспечения климата кабины машиниста). Фактически эти контроллеры входят в состав системы управления в качестве независимой подсистемы. В настоящее время серийно выпускаются несколько типов контроллеров для кабин машинистов: маневрового тепловоза ТЭМ18 ДМ, ЕЭМ18 В; магистрального тепловоза 2ТЭ25 АМ; электрички ЭГТ2 т; магистрального тепловоза 2ТЭ25 КМ.

#### Заключение

В настоящее время и в среднесрочной перспективе на российском рынке систем железнодорожной автоматизации для подвижного состава будут использоваться две концепции: SIBAS фирмы Siemens и ЕИИПП.

Эти концепции ориентированы на разные технологии организации перевозок и разные типы подвижного состава. Используемые платформенные решения имеют серьезные отличия как по способу аппаратной реализации сетевой компоненты на уровне поезда, так и уровню вагона.

Если говорить о перспективах развития платформ автоматизации железнодорожного подвижного состава, то стоит рассмотреть альтернативную концепцию развития сетевых технологий, развиваемую в автомобильной промышленности. Коренное отличие заключается в одновременном использовании четырех классов сетей (А, В, С, D) для разных подсистем управления на борту [5]. В соответствии с классифи-

*Будущее - это не то, куда мы идем, а то, что мы создаем. Дороги следует не искать, а строить. Сам процесс строительства меняет как самого творца, так и его судьбу.*  
Джон Шаар

кацией, предложенной Society of Automotive Engineers, эти сети различаются по скорости и требованиям по надежности. Так, подсеть класса С обеспечивает управление активной подвеской, системой предотвращения столкновений и двигателем. Эта подсеть должна обеспечить скорость передачи данных 0,125...1 Мб/с. К ней предъявляются самые жесткие требования по надежности. Высокоскоростная же подсеть класса D предназначена для работы с мультимедийным контентом и не задействована в контуре управления подсистемами, критически важными с точки зрения безопасности пассажиров.

Темп введения новых моделей в автомобильной промышленности составляет 4...6 лет. Соответственно можно прогнозировать, что эта промышленность будет являться драйвером новой волны инноваций в области встраиваемых систем управления. В силу этого для разработчиков систем управления для железнодорожного транспорта представляется важным отслеживать базовые тенденции развития и достигнутые результаты в этой смежной области.

#### Список литературы

1. Колчин И. Система железнодорожной автоматизации SIBAS PN // Современные технологии автоматизации. 2015. №5.
2. Котов О. Автоматизированная многофункциональная система управления локомотивом // Современные технологии автоматизации. 1998. №4.
3. Бадьян И. Аппаратура микропроцессорной системы управления и диагностики электровоза // Современные технологии автоматизации. 2000. № 4.
4. Бабков Ю., Котов О., Литвинов А.и др. Многофункциональная микропроцессорная система управления тепловозом // Современные технологии автоматизации. 2004. №3.
5. Астапович А.М., Шейнин Ю.Е. Встроенные системы управления. СПб.: ГУАП, 2011.

*Астапович Александр Михайлович* — канд. техн. наук, зам. ген. директора по развитию,  
*Васильченко Игорь Николаевич* — руководитель направления,  
*Завгородний Алексей Владимирович* — канд. техн. наук, руководитель направления,  
*Крутиков Сергей Александрович* — зам. ген. директора по производству ООО «КОНТИНЕНТ».  
Контактный телефон (812) 363-3120.  
E-mail: [Astapovich.a@kontinent-spb.ru](mailto:Astapovich.a@kontinent-spb.ru) [krutikov@kontinent-spb.ru](mailto:krutikov@kontinent-spb.ru)

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:  
через каталоги "Роспечать" 81874 и "Пресса России" 39206 • сайт журнала <http://www.avtprom.ru> • Редакцию  
Адрес редакции: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, офис 360 Тел.: (495) 334-91-30, (926)212-60-97 E-mail: [info@avtprom.ru](mailto:info@avtprom.ru)