

УДК 656.257+004.89

ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

НИКИТИН Александр Борисович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»; e-mail: nikitin@crtc.spb.ru

НАСЕДКИН Олег Андреевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»; e-mail: nasedkin@crtc.spb.ru

ЛЫКОВ Андрей Александрович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»; e-mail: bastdrew@mail.ru

ЖУРАВЛЕВА Наталья Александровна, д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой «Экономика транспорта»; e-mail: zhuravleva_na@mail.ru

КОРНИЕНКО Анатолий Адамович, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры «Информатика и информационная безопасность»; e-mail: kaa.pgups@yandex.ru

КОПЫТОВ Дмитрий Викторович, аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»; e-mail: dmitry9786@gmail.com

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург

Высокие показатели материалоемкости новых релейных систем не позволяют выполнить модернизацию устройств на существующих площадях и требуют строительства новых зданий постов централизации, что существенно сказывается на объемах капитальных вложений. Переход на микроэлектронную и микропроцессорную электронную базу позволяет проектировать системы более компактными, обладающими расширенными функциональными возможностями. В мировой практике отмечается тенденция массового применения микропроцессорных централизаций. Однако имеет место медленный темп обновления устройств, причиной чему стала высокая стоимость микропроцессорной централизации, которая в разы превышает аналогичные релейные централизации. Высокая производительность вычислительных средств и волоконно-оптических каналов передачи данных позволяет проектировать рациональные структуры микропроцессорных централизаций. В статье выполнен сравнительный анализ структур микропроцессорных централизаций. Применяемые децентрализованные структуры решают вопросы сокращения капитальных вложений на проектирование и строительство кабельной сети станции. Изложены преимущества применения данных систем с точки зрения управления перевозочным процессом, сделаны выводы по эффективному применению возможностей современных систем управления с интегрированными подсистемами применительно к полигонным технологиям управления движением поездов.

Ключевые слова: системы железнодорожной автоматики и телемеханики; микропроцессорная централизация; автоматизированное рабочее место; управляющий вычислительный комплекс; объектный контроллер; устройство сопряжения; пользовательский интерфейс; дежурный по станции; транспортальный модуль; волоконно-оптическая линия связи; полигонная технология управления.

DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-02-153-161

▼ Введение

Техническое перевооружение станционных систем управления в основном происходило в конце 60-х — начале 80-х годов прошлого века. Тогда массовое распространение получила система блочной маршрутно-релейной централизации, которая благодаря унификации схмотехнических решений в виде функциональных блоков (степень типизации достигала 60 %) позволила увеличить темп строительства систем электрической централизации (ЭЦ). К концу 80-х годов СССР по техническому

оснащению системами железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) занимал ведущее место в мире. Это позволило достигнуть высокого уровня безопасности движения поездов, а также исключить персонал стрелочников, занимавшихся переводом стрелок непосредственно в опасной зоне передвижений подвижных единиц. С внедрением ЭЦ, благодаря высокой скорости приготовления маршрутов, возросли пропускная и перерабатывающая способности станций. Типизация схем ЭЦ упростила процесс проектирования,

строительства и обслуживания станционных систем.

Реализация этих задач сопровождалась значительным увеличением числа реле, приходившихся на одну централизованную стрелку [1]. Увеличение числа реле на стрелку влечет удорожание системы и при сохранении существующего темпа строительства ЭЦ требует ввода в действие дополнительных мощностей для их производства. Кроме того, высокие показатели материалоемкости новых релейных систем не позволяют выполнить модернизацию устройств на существующих площадях и требуют строительства новых зданий постов централизации. Рост показателя числа реле на стрелку отражает ситуацию, когда релейные системы практически исчерпали себя для расширения функциональных возможностей.

Также следует отметить, что начавшееся внедрение на железнодорожном транспорте цифровых технологий предъявляет повышенные требования и к системам ЭЦ прежде всего в части интеграции в составе технологических моделей перевозочного процесса. Из-за ограниченности объема данных релейные системы не удовлетворяют тому функциональному набору, который определяет эффективность работы транспорта в свете развития информационных технологий.

На смену устаревшим релейным станционным системам пришли системы нового поколения — микропроцессорные системы централизации (МПЦ). Их появление в конце 70-х годов прошлого века стало началом применения в СЖАТ микропроцессорных больших интегральных схем и персональных компьютеров. Несмотря на то, что с момента промышленной эксплуатации первых МПЦ прошло уже более полвека, их количество на железных дорогах относительно невелико. Основной причиной медленного темпа обновления устройств стала высокая стоимость МПЦ, которая в разы превышает аналогичные релейные ЭЦ [1], что обусловлено прежде всего сложностью реализации безопасных технологий на вычислительной платформе [2]. Это предопределяет актуальность поиска новых эффективных путей применения современных технических средств в станционных системах управления. В [3] такой

подход был рассмотрен в отношении расширения функциональных возможностей и интеграции функций нескольких систем в единых вычислительных средствах. Еще одним из подходов является применение рациональных схем и конфигураций для полигона железнодорожной инфраструктуры.

1. Виды структур МПЦ

В системе МПЦ (рис. 1) можно выделить несколько функциональных подсистем: автоматизированные рабочие места (АРМ), безопасный управляющий вычислительный комплекс (УВК) и объектные контроллеры (ОК).

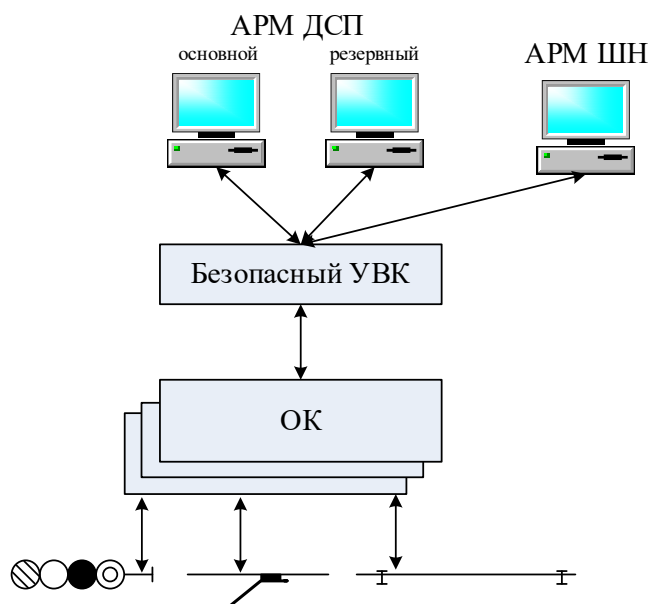


Рис. 1. Структура технических средств МПЦ

АРМ дежурных по станции (ДСП) обеспечивает интерфейс взаимодействия пользователя с техническими средствами МПЦ и позволяет контролировать состояние станционных объектов СЖАТ, передавать приказы оператора в УВК, протоколировать работу системы и ДСП, а также распечатать, при необходимости, данные на принтере. Для АРМ ДСП в системах МПЦ используются, как правило, дублированные, промышленные персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ). Один комплект ПЭВМ является основным и активным (обеспечивает возможность передачи команд управления от ДСП в безопасный УВК), а второй резервный — пассивный,

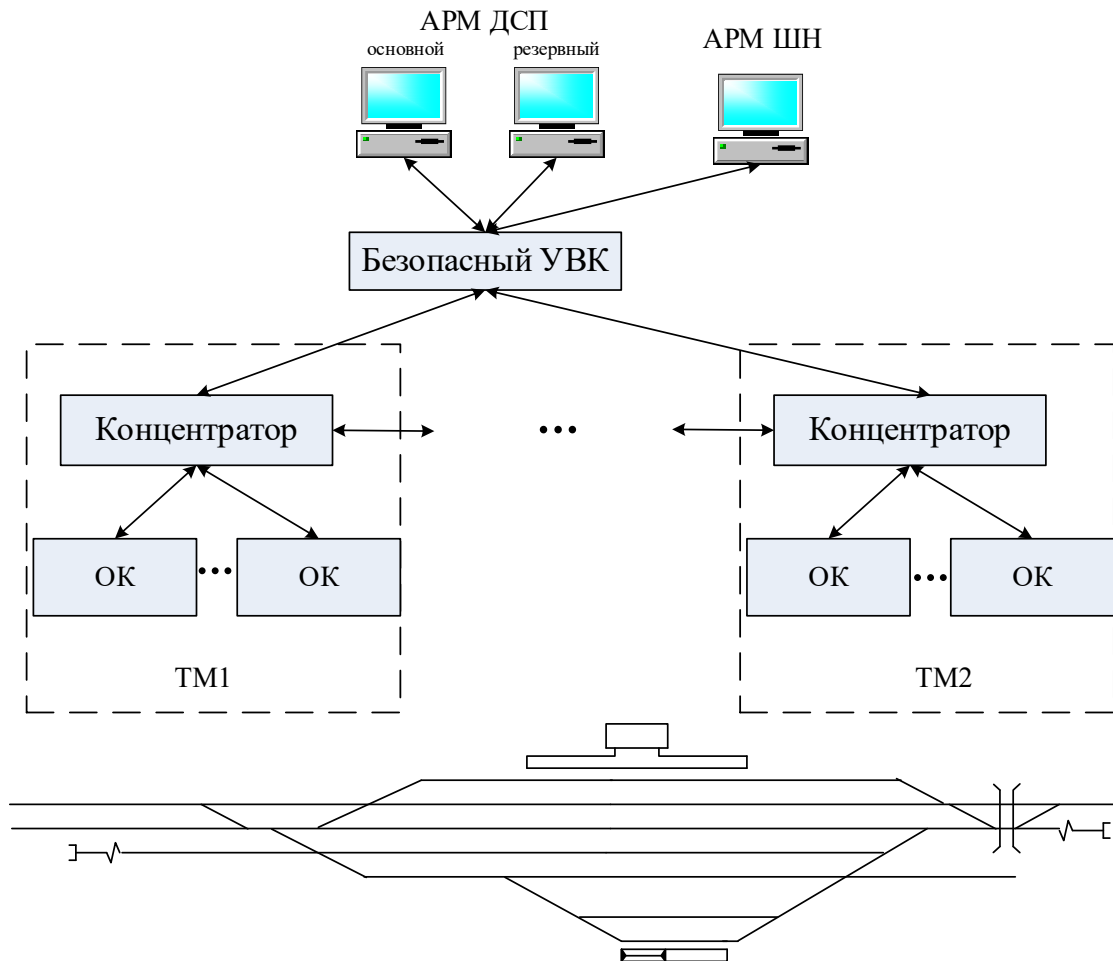


Рис. 2. Децентрализованная структура МПЦ Ebilock-950

находится в «горячем» резерве. В состав оборудования рабочего места ДСП также входят средства связи и щиток ключей жезлов и защелок полуавтоматической блокировки. Обычно для АРМ электромеханика (ШН) применяются аппаратные средства ПЭВМ той же конфигурации, что и у ДСП. Этим обеспечивается «холодное» резервирование АРМ ДСП, что позволяет в исключительных случаях, изменив настройки программного обеспечения, использовать его для управления станцией. В штатном режиме АРМ ШН используется для диагностики и контроля работы системы и напольного оборудования, просмотров архивов, ведения статистик отказов и других сервисных функций для обслуживающего персонала.

УВК представляет собой сложную структуру программно-аппаратных средств, спроектированную по правилам построения безопасных систем [4, 5]. Посредством цифровых

интерфейсов УВК связан с ОК, которые реализуют алгоритмы контроля и управления непосредственно исполнительными устройствами посредством безопасных электронных схем устройств сопряжения со стрелками, светофорами и другим технологическим оборудованием СЖАТ.

Объектные контроллеры включаются в общую систему передачи информации, которая выполняется в виде кольца, что значительно повышает показатель надежности системы [5, 6]. Последнее обстоятельство служит предпосылкой построения распределенных систем.

В отечественной практике схема размещения оборудования объектных контроллеров МПЦ по горловинам станции (рис. 2) была реализована в пилотном проекте системы Ebilock-950 (ст. Калашниково, Октябрьская ж. д., 2000 г.) [7]. Посредством включения концентраторов в петлю связи оборудование ОК

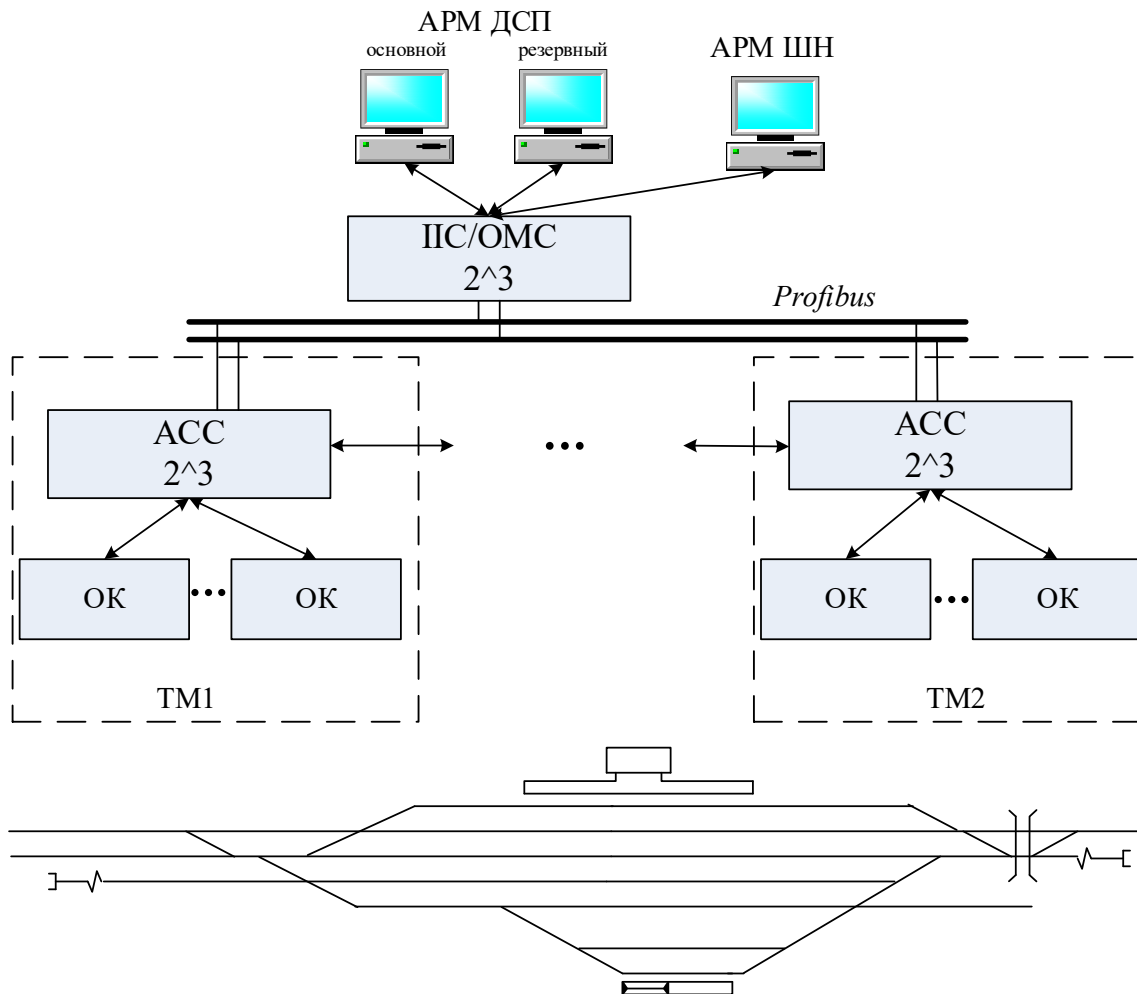


Рис. 3. Децентрализованная структура МПЦ Simis W:
 ПЦ — модуль взаимоувязки и интерфейсов; ОМС — модуль администрирования верхнего уровня;
 ACC — модуль управления районом

устанавливается в транспортабельных модулях (ТМ) по горловинам станции. Это исключает необходимость проектирования и строительства многопроводной кабельной сети с поста до групповых муфт, при этом требуются только локальные кабели в горловине станции для прямопроводного управления от ТМ до объектов.

Более глубокая децентрализация оборудования МПЦ также может быть выполнена в пределах одной станции путем размещения аппаратуры управления в непосредственной близости к группе объектов управления по районам управления (рис. 3). В системе Simis W районные безопасные УВК не только решают задачу сокращения кабельной сети, но и реализуют функции взаимозависимостей для своей зоны ответственности [5], то есть

распределенные вычисления, которые выполняются с учетом обмена данными между смежными УВК.

В новой разработке фирмы Siemens ОК располагаются непосредственно у объекта управления (рис. 4) [8]. Для этого на станции устраиваются две общие резервированные сети, увязывающие ОК:

- передачи данных по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС);
- электропитания устройств.

Для распределенных МПЦ разработано семейство ОК, рассчитанных на работу в расширенном диапазоне температур и крепление на стандартных монтажных рейках в путевых шкафах. Это светофорный контроллер Trackguard SCM 150, стрелочный контроллер Trackguard PCM 150 и система счета осей

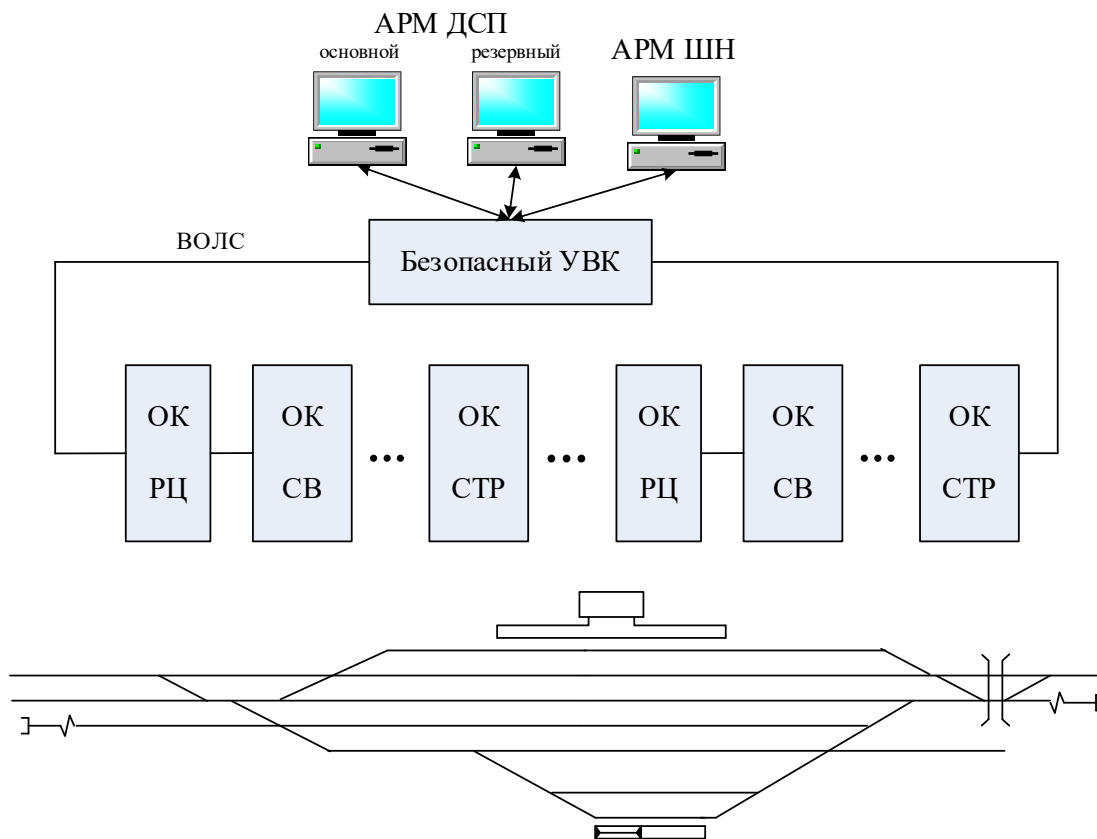


Рис. 4. Распределенная структура МПЦ Siemens с напольным размещением оборудования ОК:
РЦ — рельсовая цепь; СВ — светофор; СТР — стрелка

Clearguard ACM 250. Кроме того, создан контроллер цифрового ввода-вывода Clearguard DCM 150, также рассчитанный на размещение в путевых шкафах.

В пилотном проекте на станции Аннаберг-Буххольц-Южный в соответствии с новой стратегией DB¹ ставилась задача совместного с компанией Siemens перехода к распределенной архитектуре МПЦ, которую отличают применение безопасных объектных контроллеров, отдельные подвод энергии и обмен информацией с напольными устройствами, а также стандартизация интерфейсов.

Децентрализованное управление напольными устройствами предполагает наличие точек доступа к сети (Points of Services, PoS). Первый этап проекта завершился в 2013 г. вводом в эксплуатацию МПЦ с распределенной архитектурой, основанной на сетевой технологии Sinet компании Siemens.

¹ Deutsche Bahn (DB) — немецкая компания, основной железнодорожный оператор Германии.

На втором этапе были реализованы интерфейсы, соответствующие стандарту NeuPro, для светофоров (SCI-LS), систем счета осей (SCI-TDS) и стрелок (SCI-P). Основой такой МПЦ является высоконадежная дублированная сеть передачи данных на основе протокола IP, в которой применены серийные промышленные коммуникационные компоненты для децентрализованных объектных контроллеров всех напольных устройств и стандартизированные интерфейсы между ядром МПЦ (центральным процессором) и ее подсистемами.

Этим достигается еще и минимизация локальной кабельной сети по сравнению с децентрализованным вариантом (см. рис. 2). Опыт использования такого подхода есть и в отечественной практике — использование активных светооптических светодиодных головок для светофоров, двигателей МСУ для стрелок [9, 10]. Однако напольное расположение ОК требует обеспечения дополнительных мер по требованиям климатологии, механики и

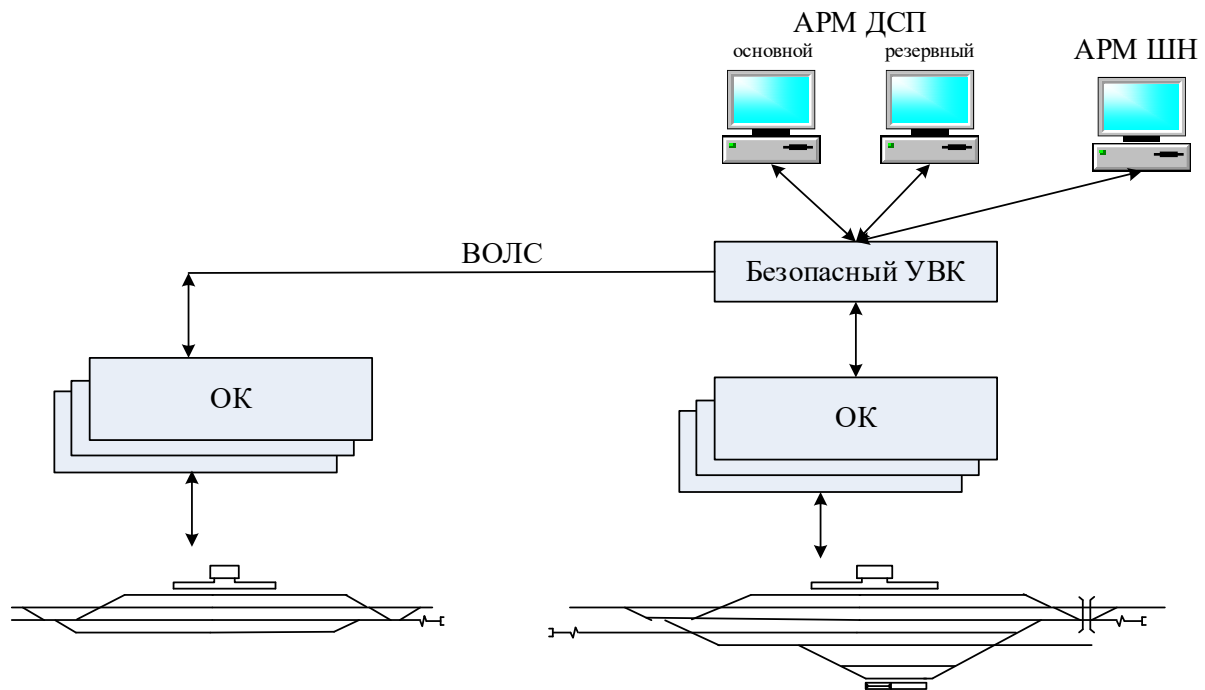


Рис. 5. Мультистанционная архитектура технических средств МПЦ

электромагнитной совместимости. Поскольку для напольного оборудования нормы более жесткие по сравнению с постовым [8], требуется применение элементов СЖАТ и их комплектующих специального использования.

Тем не менее рассмотренные варианты таких распределенных МПЦ обеспечивают экономию напольного кабеля и снижают объем капитальных вложений при строительстве кабельной сети станции.

На основе многочисленных расчетов было показано, что экономически целесообразным является применение МПЦ на станциях с числом стрелок, превышающим 45–50 [1]. Вместе с тем сохранение на небольших станциях релейных систем или применение гибридных систем релейно-процессорного типа [11, 12] нарушает монотонность (однородность) технической оснащённости участков, приводит к многообразию технических решений при комплексной реконструкции участка, что в последующем создает трудности в эксплуатации.

Это противоречие ликвидируется при использовании распределенной архитектуры системы управления, когда для группы станций используется один общий безопасный

УВК (рис. 5). Именно поэтому такое построение системы получило название «мультистанционной» архитектуры. Таким образом, возможности вычислительных средств в сочетании с применением волоконно-оптических каналов передачи данных в МПЦ с распределенной архитектурой впервые позволило рассматривать эффективность не только для крупных станций, но и на расширенном полигоне управления с небольшими раздельными пунктами.

2. Интегрированная распределенная система управления движением поездов

Однако наибольший интерес и экономическую целесообразность представляют интегрированные распределенные архитектуры. На рис. 6 показана схема интегрированной системы комплекса распределенной архитектуры.

Здесь распределение программно-аппаратных средств системы выполняется в пределах полигона управления, включающего несколько станций, а суть интеграции состоит в комплексировании с МПЦ других СЖАТ участка. Благодаря высокой производительности

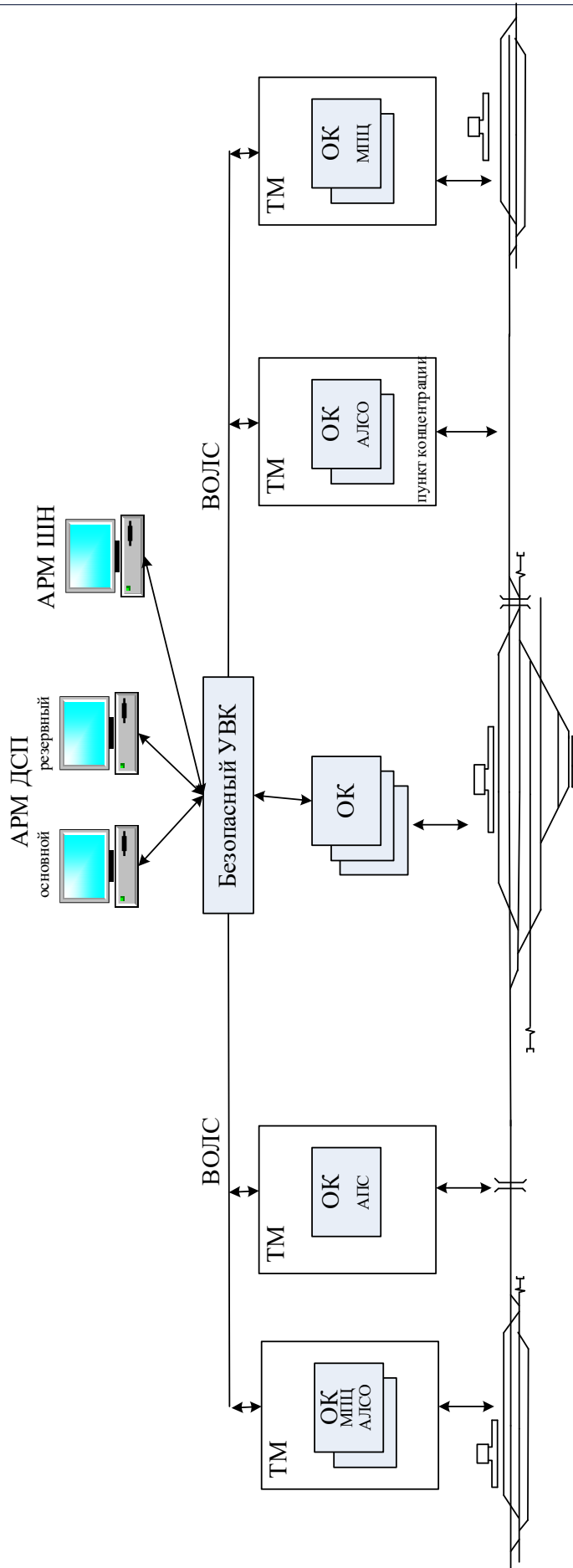


Рис. 6. Интегрированная структура комплексной распределенной архитектуры:

АЛСО — автоматическая локомотивная сигнализация и связь; АПС — автоматическая переездная сигнализация

Заключение

современных вычислительных средств и высокоскоростных цифровых систем передачи данных по ВОЛС обслуживание полигона осуществляется одним УВК, который располагается на опорной станции. В этом варианте опорной станцией является, как правило, наибольшая из них по количеству объектов управления. Критерием выбора опорной станции также является наличие на ней квалифицированного обслуживающего персонала. На станциях, которые находятся на управлении с опорной станции, размещаются только конструктивы с устройствами сопряжения с объектами. Информационный обмен между опорной станцией и соподчиненными отдельными пунктами, которые находятся на управлении, осуществляется по оптоволоконным каналам связи. Исключение сменного дежурства на отдельных пунктах зоны опорной станции позволяет отказаться на них от устройства стационарных АРМ ДСП, предусмотрев возможность подключения мобильного АРМ для обеспечения функции станционного (резервного) управления.

По сравнению с классическими системами интегрированная распределенная архитектура позволяет одним УВК решать не только задачи станционных систем, но и существенно расширяет его функциональные возможности. И в этом смысле безопасный УВК следует рассматривать не только как станционное устройство для реализации блокировочных взаимозависимостей стрелок, светофоров и маршрутов, а в более широком смысле, как это принято в английской терминологии Interlocking. При этом на УВК также возлагаются задачи интервального регулирования — полуавтоматической блокировки или автоблокировки, управления заградительными устройствами переездной автоматики, сигнализации пешеходных дорожек и т. д. Именно при интеграции функций безопасности размывается функциональная принадлежность УВК к станционным или перегонным устройствам.

Неотъемлемыми являются в УВК также задачи управления устройствами электрообогрева или пневмоочистки стрелочных переводов, технической диагностики, информирования пассажиров о движении поездов и т. п.

1. Современными тенденциями для обновления и нового строительства систем ЭЦ является применение микропроцессорных централизаций стрелок и сигналов. В настоящее время для использования предлагается линейка систем МПЦ, которые имеют допуск для тиражирования на магистральном транспорте.

2. Реализуемые технологии обеспечения безопасности определяют высокую стоимость внедрения МПЦ, что зачастую обуславливает неэффективное применение этих систем, в особенности на станциях с небольшим числом стрелок, где высокая производительность используемых вычислительных средств создает загрузку 3–5 %.

3. Одним из направлений повышения эффективности использования МПЦ является проектирование распределенных децентрализованных структур, которые обеспечивают функционирование группы станций от одного УВК.

4. Наибольшую экономическую целесообразность представляют интегрированные распределенные архитектуры МПЦ, где распределение программно-аппаратных средств системы выполняется в пределах полигона управления, включающего несколько станций, а суть интеграции состоит в комплексировании с МПЦ других СЖАТ участка — систем интервального регулирования, переездной автоматики, оповещения работающих на путях, диагностики и удаленного мониторинга. Благодаря высокой производительности современных вычислительных средств и высокоскоростных цифровых систем передачи данных по ВОЛС обслуживание полигона осуществляется одним УВК, который располагается на опорной станции. ▲

Библиографический список

1. Сапожников Вл. В. Анализ компьютерных систем оперативного управления устройствами ЭЦ / Вл. В. Сапожников, А. Б. Никитин // Автоматика, связь, информатика. — 2006. — № 6. — С. 6–8.
2. Системы микропроцессорной централизации. Международный обзор // Железные дороги мира. — 1997. — № 8. — С. 8–17.
3. Никитин А. Б. Интеллектуальные функции управления в микропроцессорных системах централизации / А. Б. Никитин, О. А. Наседкин, А. А. Лыков и др. // Автоматика на транспорте. — 2023. — Т. 9. — № 1. — С. 63–71. — DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-01-63-71.

4. Бочков К. А. Микропроцессорные системы автоматики на железнодорожном транспорте: учеб. пособие для вузов / К. А. Бочков, А. Н. Коврига, С. Н. Харлап. — Гомель: БелГУТ, 2013. — 254 с.
5. Fenner W. Bahnsicherungstechnik / W. Fenner, P. Naumann, J. Trinckauf. — Erlangen: Siemens, 2003. — 472 p.
6. Алешин В. Н. Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов системы Ebilock-950 / В. Н. Алешин // Автоматика, связь, информатика. — 2003. — № 1. — С. 20–23.
7. Алешин В. Н. Этапы создания и внедрения МПЦ Ebilock-950 / В. Н. Алешин // Автоматика, связь, информатика. — 2005. — № 12. — С. 22–24.
8. Смагин Ю. С. Первая цифровая система централизации в Германии / Ю. С. Смагин, А. Ю. Ефремов // Железные дороги мира. — 2018. — № 8. — С. 63–67.
9. Электродвигатель малогабаритный стрелочный универсальный (ЭМСУ). ТУ32 ЦШ 162.22—2009. — URL: <http://geksar.ru/> (дата обращения: 02.11.2020).
10. Электродвигатель малогабаритный стрелочный универсальный (ЭМСУ) // Микрон. — URL: <https://www.mikronom.ru/katalog/privodnaia-tekhnika/elektrodvigateli/elektrodvigatel-malogabaritnyi-strelochnyi-universalnyi-emsu.html> (дата обращения: 02.11.2020).
11. Гавзов Д. В. Релейно-процессорная централизация ЭЦ-МПК / Д. В. Гавзов, А. Б. Никитин // Автоматика, связь, информатика. — 2002. — № 4. — С. 12–15.
12. Долгий И. Д. Возможности релейных и процессорных систем управления станцией / И. Д. Долгий // Автоматика, связь, информатика. — 2010. — № 5. — С. 25–27.

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH, 2023, Vol. 9, No. 2, pp. 153–161
DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-02-153-161

Construction of Distributed Microprocessor-Based Train Control Systems

Information about authors

Nikitin A. B., Doctor in Engineering in Engineering, Professor, Head of the Automation and Remote Control on Railways Department. E-mail: nikitin@crtc.spb.ru

Nasedkin O. A., PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Automation and Remote Control on Railways Department. E-mail: nasedkin@crtc.spb.ru

Lykov A. A., PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Automation and Remote Control on Railways Department. E-mail: bastdrew@mail.ru

Zhuravleva N. A., Doctor in Economics, Professor, Head of the Transport Economics Department. E-mail: zhuravleva_na@mail.ru

Korniyenko A. A., Doctor in Engineering, Professor, Professor of the Information Technology and IT Security Department. E-mail: kaa.pgups@yandex.ru

Kopytov D. V., Postgraduate Student, Automation and Remote Control on Railways Department. E-mail: dmitry9786@gmail.com

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg

Abstract: High material requirements of new relay systems make it impossible to modernize devices within existing areas and require the construction of new interlocking system buildings, which significantly affects the volume of capital investments. Transitioning to microelectronic and microprocessor electronic platforms allows for the design of more compact systems with expanded functional capabilities. In global practice, there is a trend towards widespread use of microprocessor-based interlocking system. However, there is a slow pace of device updates, mainly due to the high cost of microprocessor-based interlocking system, which exceeds by several times the cost of similar relay-based interlocking system. The high performance of computing resources and fiber-optic data transmission channels allows for the design of efficient structures for microprocessor-based interlocking system. The article presents a comparative analysis of the structures of microprocessor-based interlocking system. The implemented decentralized structures solve the issues of reducing investments for the design and construction of the station's cable network. The advantages of using these systems from the point of view of controlling the transportation process are described, conclusions are drawn on the effective use of the capabilities of modern control systems with integrated subsystems in relation to field-based train traffic control technologies.

Keywords: railway automation and remote control; microprocessor-based interlocking system; automated workplace; control computing complex; object controller; coupling device; user interface; station attendant; transportable module; fiber-optic communication line; field-based train traffic control technology.

References

1. Sapozhnikov V. I., Nikitin A. B. Analiz komp'yuternykh sistem operativnogo upravleniya ustroystvami ETs [Analysis of computer systems for operational control of EC devices]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communication, informatics]. 2006, Iss. 6, pp. 6–8. (In Russian)
2. Sistemy mikroprotsessornoy tsentralizatsii. Mezhdunarodnyy obzor [Systems of microprocessor centralization. International review]. *Zheleznyye dorogi mira* [Railways of the world]. 1997, Iss. 8, pp. 8–17. (In Russian)
3. Nikitin A. B., Nasedkin O. A., Lykov A. A. et al. Intellektual'nye funktsii upravleniya v mikroprotsessornykh sistemakh tsentralizatsii [Intelligent control functions in microprocessor centralization systems]. *Avtomatika na transporte* [Transport automation research]. 2023, vol. 9, Iss. 1, pp. 63–71. DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-01-63-71. (In Russian)
4. Bochkov K. A., Kovriga A. N., Kharlap S. N. *Mikroprotsessornyye sistemy avtomatiki na zheleznodorozhnom transporte: ucheb. posobie dlya vuzov* [Microprocessor automation systems in railway transport: textbook. allowance for universities]. Gornel': BelGUT Publ., 2013, 254 p. (In Russian)
5. Fenner W., Naumann P., Trinckauf J. Bahnsicherungstechnik. Erlangen: Siemens, 2003, 472 p.
6. Aleshin V. N. Mikroprotsessornaya tsentralizatsiya strelok i signalov sistemy Ebilock-950 [Microprocessor centralization of arrows and signals of the Ebilock-950 system]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communication, informatics]. 2003, Iss. 1, pp. 20–23. (In Russian)
7. Aleshin V. N. Etapy sozdaniya i vnedreniya MPTs Ebilock-950 [Stages of creation and implementation of the Ebilock-950 MPC]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communication, informatics]. 2005, Iss. 12, pp. 22–24. (In Russian)
8. Smagin Yu. S., Efremov A. Yu. Pervaya tsifrovaya sistema tsentralizatsii v Germanii [The first digital centralization system in Germany]. *Zheleznyye dorogi mira* [Railways of the world]. 2018, Iss. 8, pp. 63–67. (In Russian)
9. *Elektrodvigatel' malogabaritnyy strelochnyy universal'nyy (EMSU). TU32 TsSh 162.22—2009* [Electric motor small-sized switch universal (EMSU). TU32 TsSh 162.22—2009]. Available at: <http://geksar.ru/> (accessed: November 2, 2020). (In Russian)
10. *Elektrodvigatel' malogabaritnyy strelochnyy universal'nyy (EMSU)* [Electric motor small-sized switch universal (EMSU)]. *Mikronom* [Micon]. Available at: <https://www.mikronom.ru/katalog/privodnaia-tekhnika/elektrodvigateli/elektrodvigatel-malogabaritnyi-strelochnyi-universalnyi-emsu.html> (accessed: November 2, 2020). (In Russian)
11. Gavzov D. V., Nikitin A. B. Releyno-protsessornaya tsentralizatsiya ETs-MPK [Relay-processor centralization of EC-MPK]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communication, informatics]. 2002, Iss. 4, pp. 12–15. (In Russian)
12. Dolgij I. D. Vozmozhnosti releynykh i protsessornykh sistem upravleniya stantsiy [Possibilities of relay and processor control systems of the station]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communication, informatics]. 2010, Iss. 5, pp. 25–27. (In Russian)