

Микропроцессорная система электрической централизации МПЦ-МПК

В. В. САПОЖНИКОВ, докт. техн. наук, профессор ПГУПС,

А. Б. НИКИТИН, докт. техн. наук, профессор ПГУПС



На кафедре «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения разработаны и широко внедряются в России и странах СНГ компьютерные системы оперативного управления движением поездов, предназначенные для магистрального и промышленного транспорта, а также для линий метрополитенов. Наиболее известные из них — система диспетчерской централизации ДЦ-МПК (применена на более 600 км железнодорожных линий), комплексная автоматизированная система диспетчерского управления — КАС ДУ (внедрена на пяти метрополитенах) и релейно-процессорная централизация ЭЦ-МПК (системой оборудованы 58 станций, более 1300 стрелок). Представляем новую разработку коллектива, уже апробированную в эксплуатации и заинтересовавшую специалистов оригинальными решениями по обеспечению безопасности бесконтактного сопряжения с устройствами управления и контроля.

применении для электрической централизации (ЭЦ) небольших станций. Однако наметившаяся тенденция снижения стоимости микроэлектронных и микропроцессорных средств на фоне увеличения цены на специализированную железнодорожную релейную технику создает предпосылки для эффективного применения микропроцессорных централизаций и является основанием перспективности данного направления.

С учетом последних достижений современной техники (программных и аппаратных средств) Центром компьютерных железнодорожных технологий ПГУПС была разработана система микропроцессорной централизации — МПЦ-МПК.

Технико-экономические предпосылки разработки и структура системы

Основным сдерживающим фактором использования средств вычислительной техники в системах управления движением поездов является требование обеспечения безопасности, ранее достигавшееся особыми принципами схемотехники, взаимозависимостей элементной базы — реле 1 класса [1]. Использование промышленных вычислительных средств общего применения для этой цели требует дополнительных мероприятий — диверситета программного и/или аппаратного обеспечения, построения безопасных структур избыточной архитектуры собственно микропроцессоров, а также специализированных электронных безопасных схем сопряжения с напольными устройствами (стрелками, светофорами, рельсовыми цепями и т.п.). Зачастую безопасные микропроцессорные технологии оказываются более дорогостоящими по сравнению с релейными или релейно-процессорными аналогами [2], в особенности при

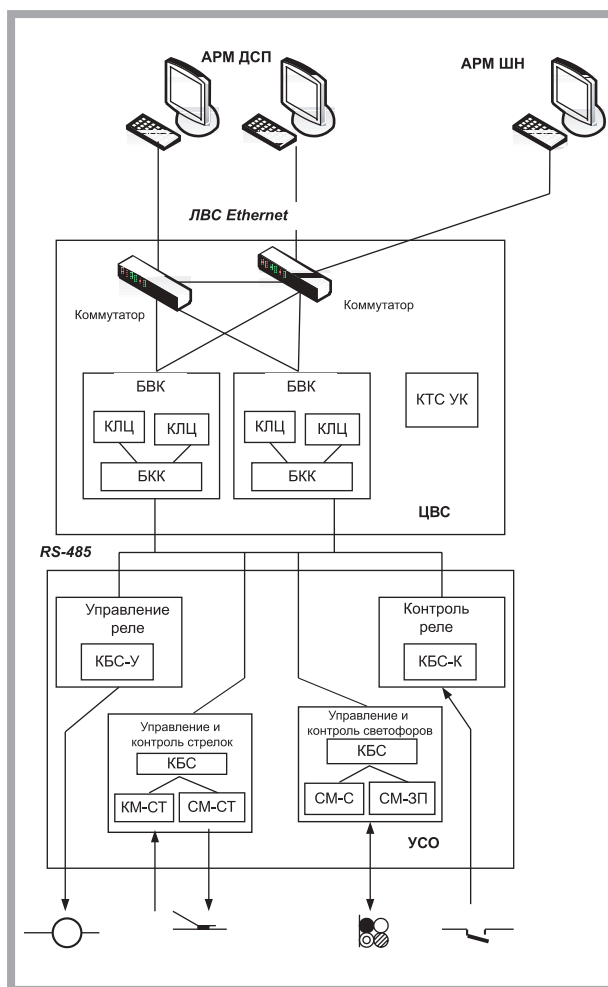


Рис. 1. Структурная схема МПЦ-МПК

МПЦ-МПК представляет собой систему управления, реализующую алгоритм функционирования централизации стрелок и сигналов станций железнодорожного транспорта и метрополитена на программном уровне. В состав МПЦ-МПК (рис. 1) входит автоматизированное рабочее место дежурного по станции (АРМ ДСП), центральная вычислительная система (ЦВС) и устройства сопряжения с объектами (УСО), представленные аппаратурой безопасного сопряжения логического и силового уровней. Узвязка между АРМ ДСП и ЦВС осуществляется по локальной вычислительной сети (ЛВС) Ethernet. Обмен данными между контроллерами ЦВС и устройствами сопряжения осуществляется с помощью интерфейса RS-485.

Принципы обеспечения безопасности

Основной особенностью микропроцессорной централизации МПЦ-МПК является реализация функций, связанных с безопасностью движения поездов, на уровне вычислительных

средств и непосредственное управление стрелками и сигналами без использования электромагнитных реле. Безопасность функционирования микропроцессорной централизации обеспечивается за счет дублирования вычислительных средств и использования принципа безопасного управления «2 из 2», при котором активизация исполнительных объектов осуществляется лишь при наличии соответствующих команд на выходах обоих каналов дублированной системы.

Реализуется данный принцип управления за счет использования безопасных логических элементов «И», входящих в состав контроллеров безопасного сопряжения и представляющих собой электронные устройства с несимметричным отказом. Непосредственное взаимодействие с исполнительными объектами (напольными объектами станций) осуществляется с помощью аппаратуры безопасного сопряжения силового уровня. Безопасность функционирования данной аппаратуры при возникновении отказов обеспечивается путем использования функциональных преобразователей с несимметричным отказом [3].

Для предотвращения возникновения опасных ситуаций при накоплении отказов вычислительных средств осуществляется постоянный контроль идентичности информации в каналах ЦВС. Данная задача в системе МПЦ-МПК также возложена на контроллеры безопасного сопряжения, которые осуществляют контроль идентичности информации не только на выходах контроллеров МПЦ, но и в пределах собственной структуры, вплоть до входных цепей безопасных логических элементов. В случае нарушения идентичности информации, с помощью сторожевых электронных схем или сторожевых реле, построенных по принципам безопасности, происходит необратимое отключение соответствующей группы устройств сопряжения.

Уровень АРМ системы

АРМ ДСП системы МПЦ-МПК предназначен для организации пользовательского интерфейса по управлению и контролю объектами ЭЦ. АРМ ДСП имеет 100% резерв и состоит из двух параллельно и независимо функционирующих комплектов — «А» и «Б» (в минимальной конфигурации используется две ЭВМ промышленного исполнения). Один из комплектов является активным и осуществляет формирование и передачу в ЦВС управляющего воздействия

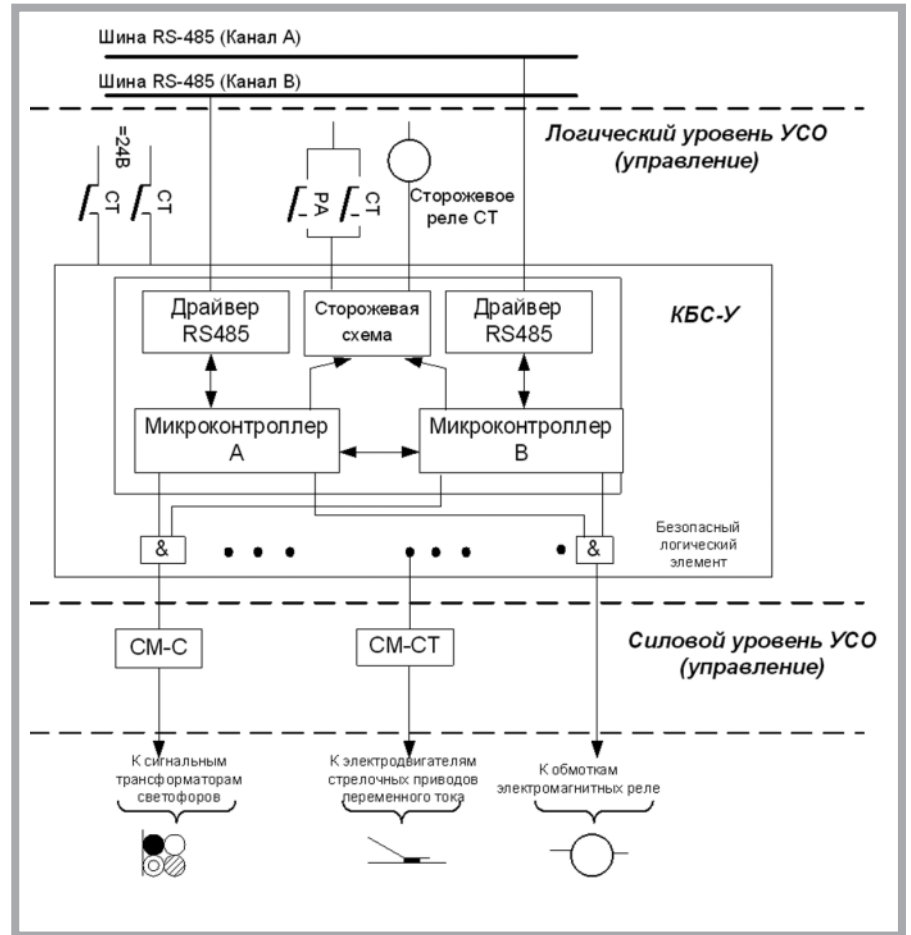


Рис. 2. Структурная схема устройств сопряжения по управлению

и обратно прием информации о состоянии контролируемых объектов. Второй комплект АРМ ДСП является пассивным, применяется только для отображения текущей информации и находится в горячем резерве. Оба комплекта в процессе работы между собой обмениваются информацией по ЛВС. В эту сеть также включен АРМ электромеханика, а при необходимости могут быть включены и другие поль-

зователи информации о передвижении поездов на станции (АРМ оператора, маневрового, станционного диспетчеров и т.п.). Для отправления хозяйственного поезда и толкача на перегон в аппаратной ДСП устанавливается щиток ключей-жезлов. Для крупных станций дополнительно АРМ ДСП может комплектоваться выносными плазменными или жидкокристаллическими панелями (фото 1).



Фото 1. АРМ на ст. Промышленная, Сургут, август 2008 г.

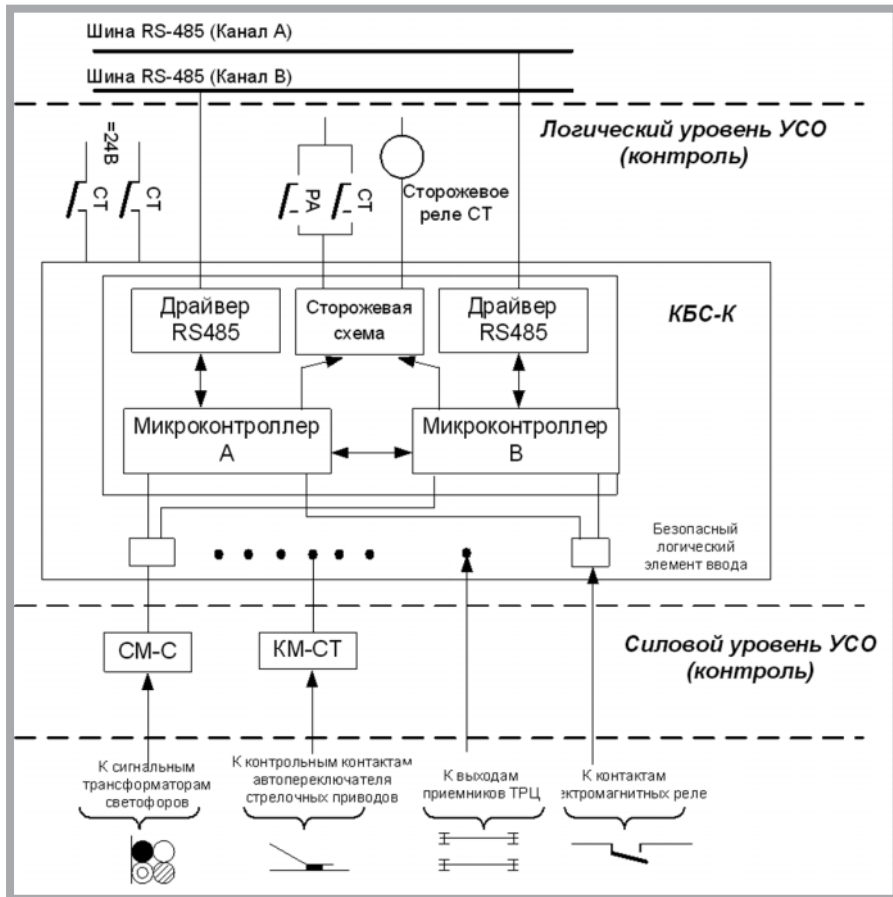


Рис. 3. Структурная схема устройств сопряжения по контролю

Уровень ЦВС

ЦВС является «сердцем» МПЦ-МПК и выполняет главные задачи системы, связанные с обеспечением безопасности и выдачей управления на напольные объекты (фото 2).

Кроме того, в состав ЦВС включены программно-аппаратные средства КТС УК, назначением которых является увязка с другими системами и подсистемами (диспетчерской централизации, диагностики и удаленного мониторинга, оповещения работающих на путях), а также контроль и управление



Фото 2. Центральная вычислительная система МПЦ-МПК

вспомогательным оборудованием, к которому не предъявляются требования безопасности (электрообогрев, пневмоочистка стрелочных переводов и др.).

ЦВС обеспечивает следующие функции, связанные с обеспечением требований безопасности:

- сбор и обработка информации о состоянии объектов (положение стрелок, свобода или занятость рельсовых цепей, целостность нитей светофорных ламп);
- логические взаимозависимости стрелок, сигналов и маршрутов;
- программные реализации замыкания, отмены, искусственного размыкания и блокирования элементов маршрутов;
- передача команд в исполнительные модули УСО для перевода стрелок, включения сигнальных показаний светофоров, управления другими объектами станции.

Оборудование ЦВС имеет 100% резерв и состоит из двух параллельно и независимо функционирующих безопасных вычислительных комплектов (БВК) — основного и резервного, включенных в ЛВС. Каждый из комплектов состоит из двух РС-совместимых промышленных контроллеров, реализующих логику централизации, — КЛЦ и

схемы БКК, предназначенной для контроля функционирования комплекта ЦВС. Нормально оба комплекта подключены к кодовым линиям связи с аппаратурой сопряжения с объектами управления и контроля МПЦ. Один из комплектов является активным и осуществляет реализацию управляющего воздействия на объекты и передачу информации о состоянии контролируемых объектов по ЛВС, а второй комплект ЦВС является пассивным и находится в горячем резерве. Оба комплекта в процессе работы обмениваются информацией между собой по ЛВС. Таким образом, в системе МПЦ-МПК реализована безопасная архитектура с резервированием ядра по схеме «(2 из 2) или (2 из 2)».

Уровень УСО

Как уже указывалось, УСО подразделяются на аппаратуру безопасного сопряжения логического (контроллеры безопасного сопряжения) и силового уровней (модули включения разрешающей сигнализации светофоров — СМ-С, запрещающих показаний — СМ-ЗП, управления стрелками и контроля — соответственно СМ-СТ и КМ-СТ). Структура устройств безопасного сопряжения приведена на рис. 2 и рис. 3.

Контроллер безопасного сопряжения КБС-У осуществляет безопасное управление объектами МПЦ, а контроллер безопасного сопряжения КБС-К, соответственно, безопасный контроль их состояния. Контроллер безопасного сопряжения КБС-СТ — специализированный. Он предназначен для управления стрелочными приводами и контроля их положения. В нем на уровне программного обеспечения реализован ряд дополнительных функций, таких как отключение стрелочного двигателя по факту получения контроля положения стрелки, ограничение времени работы на фрикцию (20 сек.) и сравнение фактического контроля стрелки с направлением последнего перевода. Характер и величина выходных и входных сигналов контроллеров безопасного сопряжения позволяет обеспечивать совместимость микропроцессорной централизации МПЦ-МПК с релейными системами автоматики и дает возможность реализации релейного сопряжения с исполнительными объектами путем непосредственного подключения обмоток реле первого класса надежности к выходам КБС-У или контактов реле к входам КБС-К.

Контроллеры безопасного сопряжения выполняют следующие основные функции:

- взаимодействие с ЦВС через интерфейс RS-485;
- контроль идентичности информации в каналах дублированной системы управления с целью выявления отказов структуры и гарантированное отключение устройств сопряжения при обнаружении несоответствия в передаваемой информации;
- обеспечение безопасной конъюнкции сигналов управления в дублированной системе для реализации принципа управления «2 из 2» (для КБС-У);
- безопасный ввод информации о состоянии контролируемых объектов (для КБС-К).

Для гарантированного отключения устройств сопряжения при обнаружении несоответствия в передаваемой по каналам информации используется сторожевое реле. Его контактами отключается питание плат, осуществляющих передачу управляющих воздействий, либо производится отключение соответствующего контроллера безопасного сопряжения от интерфейса RS-485, чем предотвращается передача ложной информации в контроллеры ЦВС. Повторное включение сторожевого реле становится возможным только после устранения причины нарушения нормальной работы системы путем кратковременного нажатия обслуживающим персоналом кнопки и срабатывания ее повторителя РА.

В одну физическую линию интерфейса RS-485 может включаться до 32 контроллеров безопасного сопряжения. Для определения адреса контроллера в системе используются настроечные перемычки, устанавливаемые на кросс-плате.

Все внутренние соединения контроллеров безопасного сопряжения КБС-У и КБС-К реализованы в виде печатных дорожек на кросс-платах крейтовой конструкции монтажа. Внешние цепи, включая цепи сторожевых реле, подключаются к винтовым клеммам, размещенным на кросс-платах.

Силовые комплекты позволяют осуществлять безопасное управление теми объектами, для работы которых необходимо переменное напряжение. К таким объектам относится светофорная лампа в комплекте с сигнальным трансформатором, а также трехфазный асинхронный электродвигатель стрелочного привода.

Силовой модуль СМ-С предназначен для непосредственного управле-

ния светофорными лампами разрешающих показаний. Данный силовой модуль осуществляет безопасный вывод информации о целостности нитей ламп.

Силовой модуль СМ-ЗП предназначен для непосредственного управления светофорными лампами запрещающих показаний. Данный силовой модуль также осуществляет безопасный вывод информации о целостности нитей ламп.

Силовой модуль СМ-СТ предназначен для непосредственного управления стрелочными приводами переменного тока.

Контрольный модуль КМ-СТ предназначен для контроля положения стрелочных переводов с контактными автопереключателями в стрелочном приводе.

Силовые модули СМ-С и СМ-СТ являются электронными устройствами с несимметричным отказом и представляют собой инверторы, преобразующие постоянное напряжение питания в переменное напряжение, необходимое для работы напольного объекта. Входными сигналами для силовых модулей являются постоянные напряжения, поступающие с выходов соответствующих контроллеров безопасного сопряжения. Безопасность функционирования силовых модулей обеспечивается за счет того, что питание схем формирования управляющих сигналов для инверторов осуществляется от энергии входных сигналов. При отсутствии входного сигнала не осуществляется формирование управляющих воздействий для ключей инвертора, а значит, становится невозможным преобразование постоянного напряжения в переменное.

Резервирование аппаратуры сопряжения с объектами управления и контроля МПЦ в базовом варианте осуществляется по следующим принципам:

- для стрелочных электроприводов контроллеры безопасного сопряжения, силовые модули управления и контроля резервируются частично или в полном объеме (определяется проектом);
- контроллеры безопасного сопряжения и силовые модули управления нитями ламп светофоров, как правило, не резервируются (необходимость их резервирования оговаривается в техническом задании на проектирование МПЦ конкретной станции), но основная и резервная нити двухнитевых ламп светофоров подсоединяются соответственно к разным комплектам и



Фото 3. Устройства сопряжения с напольными устройствами

разным кодовым линиям — блок управления основной нитью к основной кодовой линии, блок управления резервной нитью к резервной кодовой линии. Таким образом, аппаратура управления двухнитевыми лампами светофоров в любом случае оказывается резервированной; резервирование включения красных огней светофоров осуществляется аппаратно непосредственно в модуле СМ-ЗП;

- контроллеры безопасного сопряжения управления и контроля релейно-контактных схем, как правило, резервируются (фото 3).

Внедрение системы

Впервые в минимальной конфигурации (без резервирования) система МПЦ-МПК была включена в декабре 2006 г. в электродепо Выборгское Петербургского метрополитена. В полной конфигурации технические решения апробированы в эксплуатационных условиях на ст. Промышленная, Сургут (44 стрелки), где МПЦ-МПК эксплуатируется с июля 2008 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононов В. А., Лыков А. А., Никитин А. Б. Основы проектирования электрической централизации промежуточных станций. — М.: Маршрут, 2003. — 316 с.
2. Сапожников В. В., Никитин А. Б. Анализ компьютерных систем оперативного управления устройствами ЭЦ // Автоматика, связь, информатика. — 2006. — № 6. — С. 6–8.
3. Ковкин А. Н. Безопасный контроль состояния аналоговых объектов в системах железнодорожной автоматики // Автоматика и телемеханика железных дорог России. Техника, технология, сертификация. Сб. науч. трудов ПГУПС. — СПб.: ПГУПС, 2008. — С. 58–62.