

БОЧКОВ К. А. – д.т.н., профессор (БелГУТ)
ХАРЛАП С. Н. – к.т.н., доцент (БелГУТ)
ЛОГВИНЕНКО А. В. – к.т.н., доцент (БелГУТ)

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ СТРЕЛОК И СИГНАЛОВ МПЦ «ПУТЬ»

Введение

Современные тенденции развития систем железнодорожной автоматики (ЖАТ) связаны с заменой существующих релейных систем микроэлектронными и компьютерными системами управления движением поездов. Это обусловлено следующими причинами. Во-первых, снижением эксплуатационных затрат на обслуживание микроэлектронных систем по сравнению с релейными, что даже при более высокой стоимости таких систем делает их внедрение экономически выгодным. Во-вторых, более высокими эксплуатационными показателями микроэлектронных систем благодаря использованию резервирования отдельных элементов системы и развитой системы диагностики. В-третьих, расширением функциональных возможностей систем за счет информационной поддержки оперативного персонала (нормативной и справочной информации) и простой интеграцией микроэлектронных систем ЖАТ в системы управления движением поездов более высокого уровня (ДЦ, центры управления ДП и т.п.).

В рамках развития Белорусской железной дороги было решено создать белорусскую микропроцессорную систему централизации стрелок и сигналов. Специалисты Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта при Белорусском государственном университете транспорта, Конструкторско-технического центра Белорусской дороги, Брестского электротехнического завода исследовали возможность создания системы в кратчайшие сроки. Ее разработка была выполнена в пять лет и завершена в декабре 2006 г., а с мая 2007 г. МПЦ включена в опытную эксплуатацию на станции Ипать.

Структура МПЦ

МПЦ представляет собой комплекс устройств, обеспечивающих установку, замыкание, размыкание маршрутов на станции и проверку выполнения требуемых взаимозависимостей. Она предназначена для оборудования станций вновь или замены отслуживших свой срок систем.

МПЦ «ПУТЬ» позволяет управлять станциями до 80 стрелок, а за счет горизонтального наращивания – в два-три раза больше. Управление может осуществляться как централизованно, например от ДЦ, так и дежурным по станции. АРМ дежурного по станции дополнен системой поддержки принятия решений в штатных и нештатных ситуациях.

МПЦ «ПУТЬ» реализована как двухканальная система с умеренными связями, параллельной и независимой обработкой данных, взаимным сравнением результатов функционирования и переходом в защитное состояние при рассогласовании работы каналов.

Ядро МПЦ размещается совместно с источниками электропитания в стандартном шкафу промышленного исполнения.

Блоки ТУ-ТС реализованы в конструктиве реле НМШ и размещаются на стандартных стативах вместе с исполнительными реле, т. е. не требуются специальные шкафы с принудительной системой охлаждения. По сравнению с БМРЦ на 40 % сокращается используемая площадь релейного помещения.

На одну стрелку приходится 30 реле (при использовании светодиодных светодиффузоров – меньше). Структура системы представлена на рис. 1. Для реализации требуемых функций МПЦ «ПУТЬ» иерархически разделена на три уровня:

– автоматизированных рабочих мест для взаимодействия системы с персоналом и системами вышестоящего уровня, например ДЦ;

– централизации, где безопасно реализуются технологические алгоритмы;

– сопряжения с исполнительными устройствами для безопасного управления исполнительными устройствами централизации и контроля их состояния.

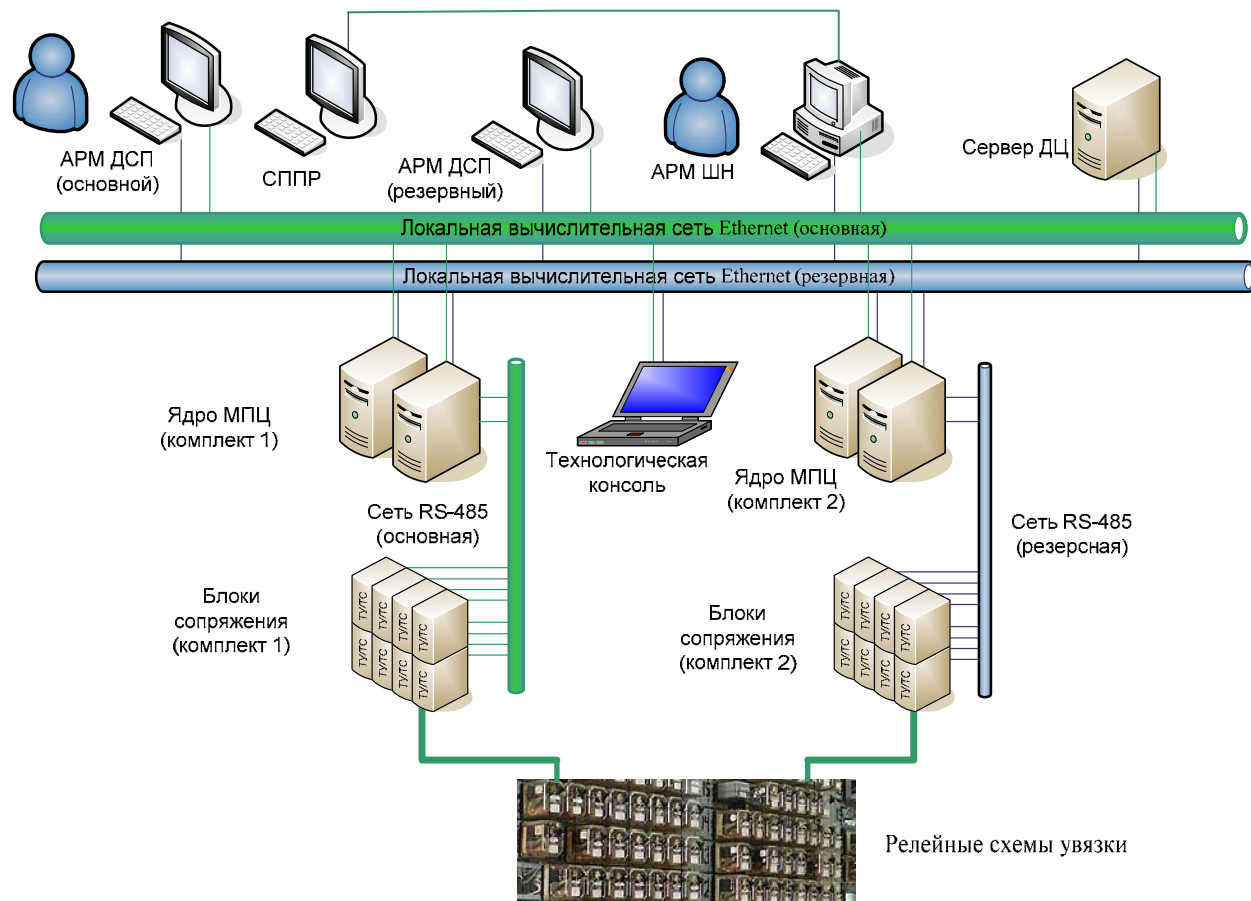


Рис. 1. Структура МПЦ «ПУТЬ»

Дежурный по станции с автоматизированного рабочего места, на котором отображается текущее состояние объектов управления и контроля, поездное положение на станции, подает команды управления (установка и отмена маршрутов, перевод стрелок, искусственное размыкание секций и др.). АРМ дежурного по станции дополнен системой поддержки принятия решений (СППР), которая предоставляет порядок действий при возникновении нештатных ситуаций и контролирует его выполнение.

Функции диагностики выполняет АРМ дежурного электромеханика, на который поступает информация от подсистем внутренней диагностики ядер МПЦ и блоков сопряжения. На этом АРМе ведется авто-

матический протокол всех событий на станции, управляющих команд дежурного по станции, отказов и сбоев отдельных подсистем, а также логически обрабатываются полученные данные, и предоставляется электромеханику информация об устройствах, которым требуется техническое обслуживание или ремонт.

Для связи с системами верхнего уровня служит сервер ДЦ. Он выполняет функции линейного пункта по обмену информацией с центральным постом ДЦ. Вся необходимая технологическая информация телесигнализации (ТС) поступают на сервер ДЦ с АРМа дежурного электромеханика. Таким образом, исключается какое-либо воздействие сервера ДЦ на работу МПЦ. Управляющие команды, полученные с централь-

ного поста, сервер ДЦ передает в АРМ дежурного по станции для их исполнения. Это исключает возможность одновременного управления объектами МПЦ от нескольких источников, которые могут привести к конфликтным ситуациям. Команды на исполнение поступают в ядро МПЦ из АРМа дежурного по станции, в котором имеется информация о типе управления на станции: местном или дистанционном. Технически можно осуществить интеграцию сервера ДЦ в АРМ дежурного по станции.

Обеспечение безопасности функционирования МПЦ

Все технологические алгоритмы по управлению объектами на станции реализованы в программном обеспечении промышленных компьютеров. Два компьютера, работающих параллельно, составляют ядро МПЦ. Схема взаимодействия компьютеров в ядре представлена на рис. 2.

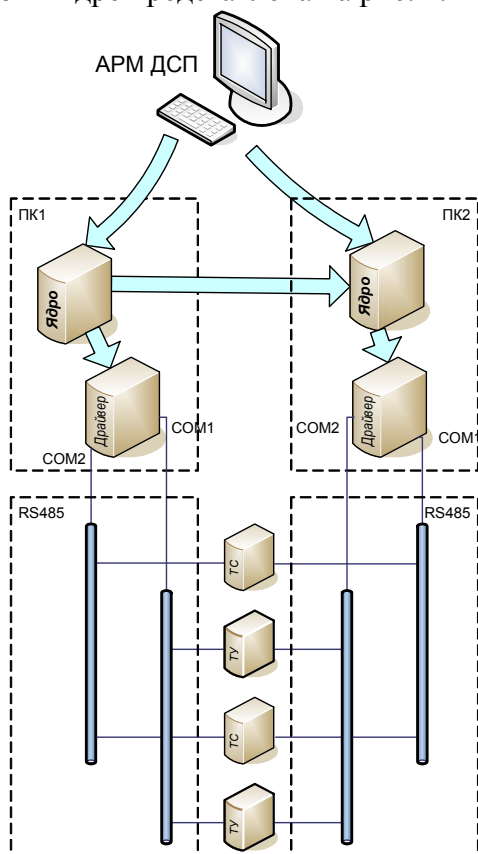


Рис. 2. Схема взаимодействия компьютеров в ядре МПЦ

Команды из АРМа дежурного по станции подаются в компьютеры по локальной сети. Компьютеры обмениваются контрольной информацией и при условии, что информация идентична в каждом из каналов, вырабатывают управляющие воздействия. Далее полученная информация поступает через программный драйвер СОМ-порта в устройства согласования с объектами для реализации этих воздействий. Работа каналов синхронизирована (рис. 3).

Таким образом, безопасность функционирования технических средств ядра МПЦ обеспечивается двухканальной обработкой информации и независимостью дублированных частей ядра. При этом регулярно сравниваются все релевантные по безопасности данные; неисправности обнаруживаются за короткий промежуток времени, позволяющий переключиться на резерв, не нарушая условий безопасности. Система имеет специальный регламент восстановления после перехода на резерв. Для обнаружения не проявляющихся неисправностей, а также тестирования аппаратных средств в каждом цикле программного обеспечения осуществляются особые меры.

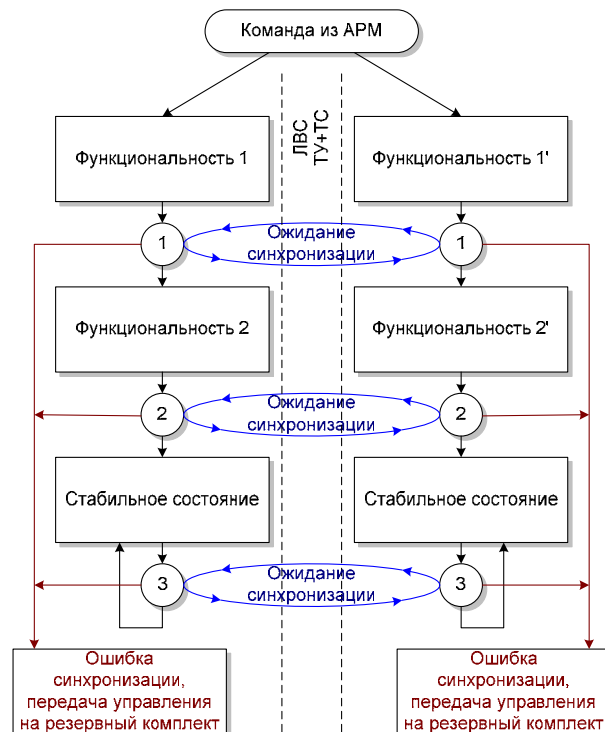


Рис. 3. Схема синхронизации компьютеров в ядре МПЦ

Выполнение условий безопасности контролируется программным обеспечением, поэтому приняты дополнительные меры по повышению безопасности ПО. Так, в каждом канале ядра используется диверсифицированное программное обеспечение. Диверситет распространяется как на операционную систему, в качестве которой в каналах имеются различные клоны ОС Windows, так и на технологическое ПО, которое функционирует по различным алгоритмам.

Кроме того, приняты следующие меры повышения безопасности функционирования программного обеспечения: постоянное обновление отдельно в каждом канале и периодическая проверка целостности наборов данных; программная синхронизация алгоритмов; хранение программных данных таким образом, что искажение любого бита или байта при адресации не приводит к наложению одних данных на другие.

Устройства сопряжения с исполнительными объектами (УСО) подключаются к ядрам МПЦ с использованием отдельных физических каналов. Для повышения надежности и уменьшения времени реакции системы применяют одновременно несколько СОМ-портов каждого компьютера ядра МПЦ.

Каждый блок ТУ-ТС имеет уникальный 14-разрядный код адреса. Блоки УСО подключаются к исполнительным объектам с помощью интеллектуальной колодки, имеющей уникальный адрес. Благодаря привязке блока к колодке невозможно передать информацию на блок ТУ-ТС, подключенный к другой колодке.

Безопасность функционирования УСО обеспечивается параллельной обработкой информации в двух каналах, постоянным программным сравнением идентичности работы каналов, ограничением по времени актуальности команд, использованием безопасной схемы умножителя для формирования управляющего воздействия и безопасной схемы ввода информации, а также двухканальным управлением умножителем, парафазным кодированием информации.

Для повышения надежности функционирования системы МПЦ практически все

ее составные части резервированы. При этом для АРМ дежурного по станции применяется ненагруженный резерв, а для ядра, блоков УСО, релейных схем увязки и каналов передачи информации между уровнями МПЦ – нагруженный (рис. 4). Такое резервирование исключает перерывы в функционировании МПЦ при отказах любых ее функциональных блоков.

Безопасный ввод информации в ядро МПЦ о состоянии тех или иных устройств на станции осуществляется посредством блоков телесигнализации ТС-16Б. Блок имеет 16 входов (ТС1–ТС16). Состояния объектов контролируются путем подачи парафазных сигналов на контакты контролируемых реле и в блок ТС-16Б. Далее они сравниваются.

Для безопасного вывода информации на устройства автоматики и телемеханики, включения тех или иных устройств применяются блоки ТУ-8Б. Блок имеет 8 выходов (ТУ1–ТУ8) и предназначен для включения реле первого класса надежности с рабочим напряжением 24 В. Безопасность обеспечивается тем, что в исполнительной части блока ТУ-8Б напряжения не превышают 4 В, т. е. они меньше напряжения гарантированного отпадания якоря. Любая неисправность блока либо отключает напряжение на выходе, либо снижает его уровень до 4 В, при котором отпадает якорь реле и оно переводится в защитное состояние.

Схемотехнически блоки ТС-16Б и ТУ-8Б реализованы в виде двухканального устройства с самоконтролем. Блоки физически подключены к промышленной шине передачи данных RS-485. Они питаются от резервированного источника питания 24 В. Умножители блоков ТУ-8Б, формирующие управляющее напряжение, питаются от отдельного стабилизированного источника питания 4 В.

В случае выхода из строя основного комплекта МПЦ при «горячем» переходе на резервный комплект дежурный по станции не должен предпринимать какие-либо действия, так как все осуществляется автоматически.

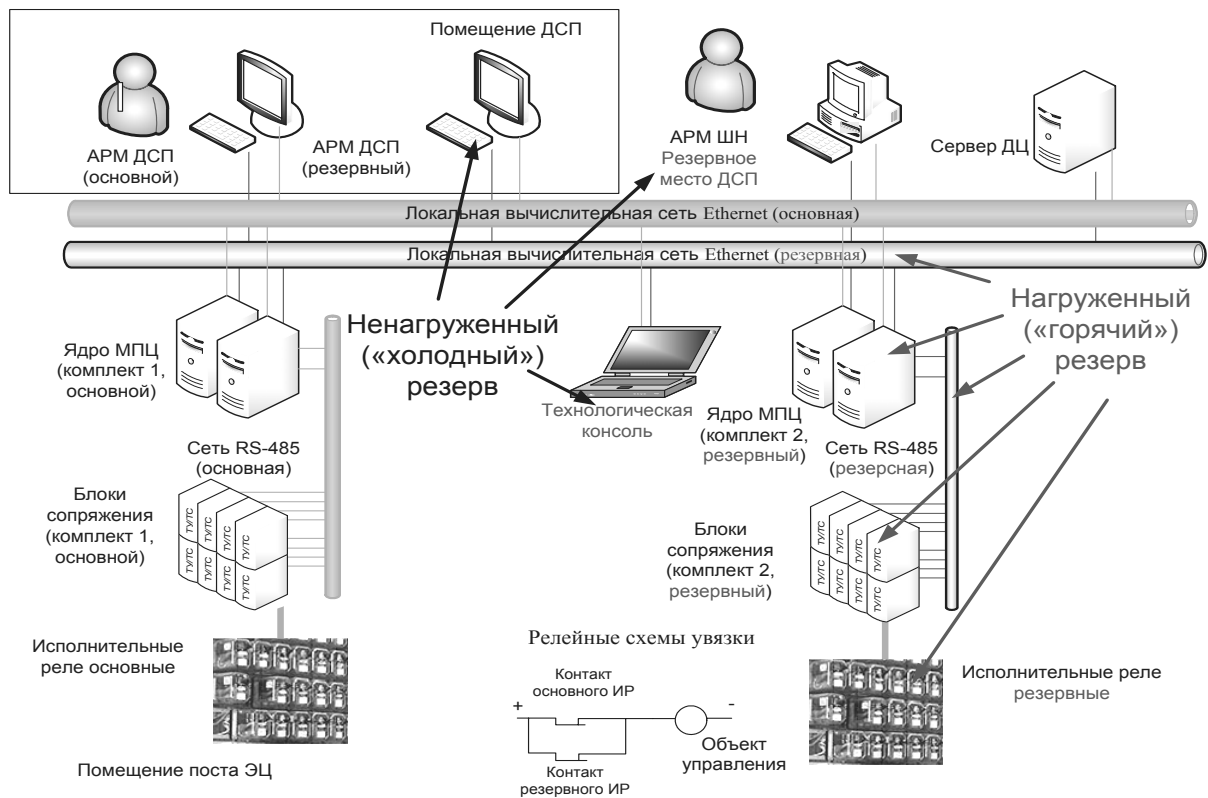


Рис. 4. Схема резервирования отдельных частей МПЦ

Испытания и опытная эксплуатация

В соответствии с рекомендациями действующих нормативных документов экспертиза технических решений и испытания элементов системы МПЦ выполнялись параллельно.

При разработке устройств сопряжения с исполнительными объектами очень эффективно применялись элементы CALS-технологий, которые обеспечивают информационную поддержку процессов на протяжении жизненного цикла устройства. Эти технологии основаны на стандартизации методов представления данных на каждой стадии и безбумажном электронном обмене данными. В результате в несколько раз сократились расходы и сроки создания опытных образцов. Схемы устройств создали в системе моделирования PSpice, затем выполнили имитационные испытания на безопасность. По их результатам схемы откорректировали и повторно испытали на имитационных моделях устройств без изготовления натуральных образцов.

Весь процесс разработки, изготовления и испытаний таких ответственных узлов,

как устройства сопряжения с объектами, занял менее полугода, что в несколько раз меньше затрат на разработку аналогичных устройств организациями, использующими принцип «сначала изготовить, потом испытать».

В процессе испытаний были использованы все известные методы доказательства функциональной безопасности: техническая экспертиза документации, схемных решений и программного обеспечения, расчеты показателей безопасности и надежности, имитационное моделирование ответственных элементов, лабораторные и эксплуатационные испытания.

Техническая экспертиза проводилась на ранних стадиях разработки. Экспертизе подвергались: структура системы, принципы обеспечения безопасности, схемные решения и программное обеспечение блоков сопряжения с объектами, схемы резервирования, релейные схемы увязки.

Выполненные расчеты подтвердили соответствие разработанной системы МПЦ требованиям ОСТ 32.146-2000 «Аппаратура железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Общие технические условия».

Расчетные показатели безопасности и надежности системы:

– коэффициент готовности – не менее 99,9998 %.

– средняя наработка на отказ (с учётом процесса восстановлений) – более 1 300 тыс. ч;

– интенсивность опасных отказов – менее 10^{-14} 1/ч.

Для всех ответственных элементов системы выполнялось имитационное моделирование. С помощью PSpice выполнено моделирование наиболее ответственных элементов: умножителя блока ТУ и оптронной платы блока ТС. Безопасность этих элементов подтверждена соответствующими протоколами. С помощью программного комплекса КИИБ [1] выполнено моделирование плат управления блоков ТУ-ТС системы МПЦ, выполненных на базе микроконтроллеров PIC.

Предварительные лабораторные испытания МПЦ были проведены в период с 5 по 16 марта 2007 года в БелГУТе. Программа лабораторных испытаний опытного образца МПЦ включала испытания на соответствие требованиям ТУ, ОСТ 32.146-2000 и СТБ 972-2000 «Разработка и постановка продукции на производство. Общие положения». Положительные результаты испытаний подтверждены соответствующими протоколами.

В мае 2007 года МПЦ «Ипать» включена в опытную эксплуатацию на станции Ипать Гомельского отделения Белорусской железной дороги. За время опытной эксплуатации не было ни одного отказа или сбоя, приведшего к задержкам поездов и нарушениям условий безопасности движения.

В настоящее время выполнена интеграция в ядро системы МПЦ функций автоблокировки близлежащих перегонов. Планируется внедрение следующей системы «ИПАТЬ» на станции Сож, соседней со станцией Ипать. При этом функции автоблокировки (АБ) перегона Ипать-Сож будут разделены и интегрированы в ядра систем МПЦ станций Ипать и Сож.

Библиографический список

1. Харлап С. Н., Комплекс для проведения имитационных испытаний микропроцессорных систем железнодорожной автоматики на функциональную безопасность // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте: Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Красноярск, 2005. – С. 188-193.
2. Бочков, К. А. Методы определения параметров опасных помех при проведении исследовательских испытаний [Текст] / К. А. Бочков, С. Н. Харлап, А. В. Логвиненко // Испытания систем железнодорожной автоматики и телемеханики на безопасность и электромагнитную совместимость: Труды второго Международного семинара. – Гомель, 2003. – С.42-54.
3. Жаднов, В. В. Современные проблемы автоматизации расчетов надежности [Текст] / В. В. Жаднов, И. В. Жаднов, С. Н. Полесский // Надежность, 2007. – № 2 (21). – С. 3-12.

Ключевые слова: функциональная безопасность, устройства счета осей, электромагнитный дифференциальный датчик, вероятность ошибки, синтез приемного устройства.

Ключові слова: функціональна безпека, пристрої підрахунку осей, електромагнітний диференціальний датчик, імовірність помилки, синтез прийомного пристрою.

Key words: functional safety, axes count device, electromagnetic differential sensor, probability of the mistake, synthesise of receiver.

Поступила в редколлегию 31.01.2011.

Принята к печати 1.02.2011.