

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра автоматике, телемеханики и связи

А. Н. КОВРИГА

# СИСТЕМЫ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области транспорта и транспортной деятельности  
для обучающихся по специальности 1-37 02 04  
«Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»  
в качестве учебно-методического пособия по учебной дисциплине  
«Электрическая централизация стрелок и сигналов»*

Гомель 2024

УДК 656.257-83(075.8)  
ББК 39.275  
К56

Р е ц е н з е н т ы: кафедра промышленной электроники ГГТУ им. П. О. Су-  
хого (зав. кафедрой – канд. техн. наук, доцент  
*Ю. В. Крышинёв*);  
главный инженер Гомельского отделения Белорусской же-  
лезной дороги *В. П. Окулович*

### **Коврига, А. Н.**

К56 Системы микропроцессорных централизаций : учеб.-метод. пособие /  
А. Н. Коврига ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус.  
гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2024. – 83 с.  
ISBN 978-985-891-179-9

Изложены основные сведения о системах микропроцессорных централи-  
заций.

Предназначено для студентов специальности «Автоматика, телемеханика и  
связь на железнодорожном транспорте» электротехнического факультета.

УДК 656.257-83(075.8)  
ББК 39.275

ISBN 978-985-891-179-9

© Коврига А. Н., 2024  
© Оформление. БелГУТ, 2024

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АБ – автоматическая блокировка;  
АВБ – автоматический выключатель батареи;  
АВР – автоматический ввод резерва;  
АДК-СЦБ – система технической диагностики фирмы «Югпромавтоматизация»;  
АиТ – автоматика и телемеханика;  
АКБ – аккумуляторная батарея;  
АЛС – автоматическая локомотивная сигнализация;  
АПК – аппаратно-программный комплекс;  
АПК-ДК – аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля;  
АПС – автоматическая перездная сигнализация;  
АРМ – автоматизированное рабочее место;  
АРМ ДСП – автоматизированное рабочее место дежурного по станции;  
АРМ ШН – автоматизированное рабочее место электромеханика;  
АСДК – автоматизированная система диспетчерского контроля;  
АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;  
ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи;  
ДГА – дизель-генераторный агрегат;  
ДК – диспетчерский контроль;  
ДНЦ – поездной диспетчер;  
ДСП – дежурный по станции;  
ДСШ – двухэлементное секторное реле штепсельного типа;  
ДЦ – диспетчерская централизация;  
ЖАТ – железнодорожная автоматика и телемеханика;  
ИБП – источник бесперебойного питания;  
КИП – контрольно-измерительный пункт;  
КПД – коэффициент полезного действия;  
КТСМ – комплекс технических средств модернизированный;  
КТЦ – конструкторско-технический центр;  
КЦ – контроллер централизации;  
МПЦ – микропроцессорная централизация;  
Н – реле нейтрального типа первого класса надежности;  
ОК – объектный контроллер;  
ОУ – основной режим работы системы;

ПАБ – система полуавтоматической блокировки;  
ПК – программируемый контроллер;  
ПМЦ – процессорный модуль централизации;  
ПО – программное обеспечение;  
ПТО – пункт технического осмотра;  
РПБ – система релейной полуавтоматической блокировки;  
РУ – резервное управление;  
РЭЛ – тип электромагнитного реле первого класса надежности;  
САУТ – система автоматического управления тормозами;  
СБЭ – система гарантированного энергоснабжения;  
СПП – система гарантированного питания;  
СПП-МС – система гарантированного электропитания микропроцессорных систем;  
СЖАТ – системы железнодорожной автоматики и телемеханики;  
СОК – система объектных контроллеров;  
СППР – система поддержки принятия решений;  
УБП – устройство бесперебойного питания;  
УВК – управляющий вычислительный комплекс;  
УЗИП – устройства защиты от импульсных перенапряжений;  
УКП – управляющий концентратор процессорный;  
УКЦ – управляющий контроллер централизации;  
УПБ4 – четвертый (высший) уровень полноты безопасности;  
УСО – устройство сопряжения с объектами;  
УЭЗР – устройство эффективного заряда-разряда;  
УЭП-МПК – устройство электропитания микропроцессорной системы;  
ЦП ДЦ – центральный пост диспетчерской централизации;  
ШВР – шкаф вводно-распределительный;  
ШН – электромеханик дистанции сигнализации и связи;  
ШТК – телекоммуникационный шкаф;  
ШУ – шкаф управления;  
ЩВПУ – щит выключения питания;  
ЭВМ – электронно-вычислительная машина;  
ЭЦ – электрическая централизация стрелок и сигналов.

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ МПЦ

Системы электрической централизации (ЭЦ) относятся к «долгоживущим» объектам техники, так как эксплуатировались в течение 25 лет и более. Потребность в новой системе возникает при накоплении обстоятельств, связанных с совершенствованием методов и способов управления технологическим процессом движения подвижного состава и маневровой работы на станциях. С одной стороны, это недостаточность функций, реализуемых существующими системами, и изменение параметров перевозочных процессов, к которым старые системы трудно адаптируются, а с другой – развитие техники, позволяющее при небольших затратах совершенствовать и развивать функциональные возможности систем. Важными являются и факторы морального и физического старения устройств в системах и несоответствия их современному уровню развития науки и техники.

Релейные системы ЭЦ после их разработки и внедрения на станциях в дальнейшем непрерывно совершенствовались как в направлении создания унифицированных систем для широкого и ускоренного распространения на всей сети железных дорог, так и в направлении повышения безопасности и надежности их действия. К таким мероприятиям можно отнести:

- изменение схем замыкания и размыкания маршрутов;
- реализацию схем кодирования поездных маршрутов;
- организацию маршрутизации маневровых передвижений;
- совершенствование схем управления стрелками;
- исключение из схем электролитических конденсаторов;
- применение схем с резервированием (двухнитевые лампы);
- совершенствование электропитающих установок и т. д.

Кроме того, одновременно с указанными мероприятиями создавались и подключались к ЭЦ системы и устройства с дополнительными функциями: ограждение путей, оповещение работающих на путях, речевые информаторы и т. д.

Реализация приведенного перечня мероприятий потребовала за более чем 60-летний период эксплуатации релейных систем ЭЦ значительных финансовых затрат и существенно повысила их стоимость. Например, на мероприятия, связанные только со схемотехникой, расход реле на централизованную стрелку вырос с 24 в первых системах ЭЦ до 140 в новых. Наряду с увеличением расхода цветных и драгоценных металлов это привело к росту массогабаритных показателей и энергопотребления.

С другой стороны, благодаря большому опыту производства, эксплуатации релейных систем и проведенных мероприятий по их совершенствованию определился целый ряд их положительных свойств:

- высокая устойчивость к электромагнитным помехам, включая помехи при грозовых явлениях, и к климатическим факторам, особенно при повышенной температуре;
- подтвержденные эксплуатацией высокие показатели безопасности реле первого класса;
- наглядность схем, обеспечивающих безопасность, что позволяет широкому кругу специалистов вносить изменения и контролировать условия безопасности движения по станции;
- применение новых типов малогабаритных реле и блоков на их основе с большим ресурсом;
- исключение ненадежных элементов (электролитических конденсаторов и др.), что обеспечивает увеличение срока эксплуатации ЭЦ (20–25 лет) без существенных затрат на обслуживание в КИПе.

В 60-е годы прошлого века в ряде стран предпринимались попытки создания систем ЭЦ на электронных, полупроводниковых и других элементах бесконтактного типа. Однако широкого распространения эти системы не получили, так как элементная база для построения систем ЭЦ оказалась неперспективной. Кроме того, в распоряжение разработчиков поступили микропроцессоры, преимущества которых по сравнению с другими элементами оказалась настолько важными, что именно они определили направления и пути развития средств автоматизации в промышленности и на транспорте. Полученный при этом опыт разработки и развития микропроцессорных систем в области железнодорожной автоматики и телемеханики подтвердил не только выбор такой элементной базы, но и обосновал ее необходимость для дальнейшей модернизации систем и достижения ряда преимуществ их по сравнению с релейными.

Недостатки, присущие релейной технике (большая материалоемкость, расход дефицитных металлов, крупные габариты, низкое быстродействие, дорогостоящее обслуживание), сдерживали дальнейшее развитие релейных систем ЭЦ. Кроме того, для них оказались сложными проблемы дальнейшего расширения их функциональных возможностей, связанные с выполнением ряда задач:

- автоматическое ведение записей исполненного графика движения поездов по станции (задача замены поездных журналов ДСП (дежурного по станции));
- регистрация действий эксплуатационного штата;
- автоматическое оповещение пассажиров о движении поездов;
- фиксация нахождения грузов в подвижном составе на подходах к станции и станционных путях (задача списывания номеров вагонов и планирования маневровой работы);

– диагностика отказов (задача выявления предотказного состояния системы и т. д.).

Внедрение в практику новых достижений техники должно происходить тогда, когда они дают ощутимый технико-экономический эффект. Для систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) на современном этапе это получение новых функциональных возможностей, повышающих безопасность и надежность систем и устройств; улучшение условий труда; сокращение трудозатрат при эксплуатации и техническом сопровождении систем на всех этапах жизненного цикла.

В целом необходимость внедрения МПЦ подтверждается и возможностью создания на их базе интегрированных систем управления. Они позволяют вобрать в себя функции линейного пункта ДЦ, автоблокировки на прилегающих перегонах, переездной сигнализации. Данные системы имеют самодиагностику, которая легко стыкуется с любыми аппаратно-программными комплексами для создания единой автоматизированной системы управления.

Системы МПЦ позволяют размещать аппаратуру в существующих помещениях, экономить кабель при децентрализованном размещении оборудования путем использования волоконно-оптического кабеля, одновременно решая вопросы по помехозащищенности от источников перенапряжения. Минимальное количество релейной аппаратуры позволяет говорить о некотором сокращении эксплуатационных расходов, в том числе с сокращением штата. Однако это должно достигаться в совокупности с внедрением новой технологии технической эксплуатации.

Указанные выше причины обуславливают необходимость внедрения микропроцессорных централизаций. Микропроцессорная централизация – комплекс программно-аппаратных средств, который в соответствии с требованиями обеспечения безопасности движения поездов на станции реализует управление и отображение состояния объектов посредством автоматизированного рабочего места дежурного по станции (АРМ ДСП), безопасно программными способами выполняет все логические взаимозависимости между станционными объектами, передает управляющие воздействия через устройства сопряжения (УСО) на объекты и осуществляет контроль их состояния, обеспечивает информационный обмен с другими системами различного уровня [1, 2].

## 2 ПРЕИМУЩЕСТВА МПЦ

Основной объем работ по внедрению релейных систем электрической централизации на Белорусской железной дороге пришелся на 70-е годы прошлого века. В результате в настоящее время здесь еще эксплуатируется значительное число систем с истекшим сроком амортизации. При этом темпы их переоснащения существенно ниже темпов старения.

Важной причиной для обновления систем ЭЦ является и моральное старение релейных систем. При широком внедрении информационных технологий в перевозочный процесс и управление железнодорожным транспортом релейные системы трудно интегрируются в соответствующие информационные структуры. Для этой интеграции оказываются недостаточными функциональные и информационные возможности релейных систем, их быстрдействие. Требуются дополнительные переходные устройства и преобразователи электрических сигналов.

Электронные системы ЭЦ, которые разрабатывались в 60-е годы прошлого века на отечественных и зарубежных дорогах дальнейшего распространения не получили, так как элементная база, на которой они строились, оказалась для этих целей неперспективной. В то же время в распоряжение разработчиков поступили микропроцессоры, которые и определили дальнейшие пути развития средств автоматизации в промышленности и на транспорте.

Одной из целей внедрения МПЦ на железной дороге является достижение в перспективе на их основе ряда преимуществ по сравнению с релейными системами. К ним относятся:

- более высокий уровень надежности за счет дублирования многих узлов (в том числе центрального процессора) и уровень безопасности движения поездов за счет непрерывного обмена информации между процессором и объектами контроля и управления;
- возможность интеграции управления с другими устройствами СЦБ в одном станционном процессорном устройстве, в том числе: с перегонными устройствами (автоматической блокировкой, полуавтоматической блокировкой); приборами контроля состояния подвижного состава; регистрации номеров поездов; системами идентификации подвижного состава; системами и устройствами контактной сети различных видов тяги станций стыкования;
- возможность управления объектами многих станций и перегонов с одного рабочего места;
- возможность регистрации номеров поездов и всех отказов объектов управления;
- встроенный диагностический контроль состояния МПЦ;
- значительно меньший объем строительно-монтажных работ;



- расширенный набор технологических функций, в том числе прошлого века замыкание маршрута без открытия светофора; блокировка стрелок в требуемом положении, запрещающих показаний светофоров и изолированных секций для исключения задания маршрутов и т. д.;

- повышенная информативность для эксплуатационного и технического персонала о состоянии устройств СЦБ на станции с возможностью передачи информации в центр управления перевозками;

- сравнительно простая стыковка с системами более высокого уровня управления, в которых МПЦ играют важную роль одного из низовых звеньев, передающих в реальном масштабе времени информацию о передвижении поездов в удобном виде для компьютерной обработки, хранения и передачи;

- возможность непрерывного архивирования действий эксплуатационного персонала по управлению объектами и ситуации на станциях;

- значительно меньшие габариты оборудования и, следовательно, в 3–4 раза меньший объем помещений для его размещения, что позволяет замену ЭЦ без строительства новых постов;

- удобная технология проверки зависимостей без монтажа макета за счет специализированных отладочных средств, например, имитатора;

- сокращение времени исключения из работы устройств СЦБ в случаях изменения путевого развития станции и зависимостей между стрелками и сигналами, так как алгоритмы МПЦ реализуются программным путем;

- снижение эксплуатационных затрат за счет уменьшения энергоемкости системы, сокращения количества электромагнитных реле, кабелей, пультов-манипуляторов управления.

В пользу микропроцессорных систем, и в первую очередь МПЦ, свидетельствует ряд аргументов, связанных с использованием в ЭЦ новых и эффективных функциональных возможностей, таких как:

- увеличение зон управления ДСП и сокращение их персонала;

- обеспечение эксплуатационного персонала (ДСП, электромехаников и др.) нормативно-техническими данными, в том числе и системой поддержки принятия решений (СППР);

- переход на безбумажную технологию документирования;

- выполнение функций контролируемых пунктов диспетчерской централизации (ДЦ);

- применение средств телеизмерения, самодиагностики, протоколирования, архивации;

- интеграция функций других систем и т. д. [3].

### 3 ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МПЦ

Первые системы МПЦ введены в эксплуатацию в 80-е годы прошлого века, и с тех пор происходит их дальнейшее развитие. Сегодня изготовители предлагают разные версии систем, рассчитанные на разные размеры зон действия с адаптацией к национальным требованиям разных стран. Появляются и стандартные системы для национальных железных дорог, например, SSI в Великобритании, SMILE в Японии.

Наиболее передовые разработки в области МПЦ реализуют тенденцию по использованию различных способов повышения уровня безопасности, в том числе в условиях ограниченной функциональности при выходе из строя компонента системы. Комбинируются компоненты разных изготовителей и типов.

Основной задачей систем МПЦ стрелок и сигналов является обеспечение безопасности передвижений подвижного состава на станциях. На безопасность их функционирования влияют неправильные действия эксплуатационного персонала, мешающие и опасные воздействия внешней среды и сбой программно-аппаратных средств. Среди особенностей МПЦ, определяющих необходимость дополнительных требований по безопасности, можно выделить следующие:

- разнообразие функциональных и конструктивных элементов и подсистем (рельсовая цепь, светофор, электропривод и др.);
- территориальная рассредоточенность управляемых объектов и их большое количество;
- высокие требования к надежности электропитания;
- широкий диапазон внешних электромагнитных помех;
- периодичность выполнения технологических алгоритмов и их дискретный характер;
- наличие человека в контуре управления.

Высокие требования к функциональной безопасности обозначают, что системы МПЦ как системы железнодорожной автоматики и телемеханики должны соответствовать четвертому (высшему) уровню полноты безопасности УПБ4. Концепция безопасности микропроцессорных систем состоит в том, что одиночные дефекты аппаратных и программных средств не должны приводить к опасным отказам системы и должны обнаруживаться в результате рабочих или тестовых воздействий не позднее чем в системе возникнет второй дефект.

По сравнению с релейной элементной базой электронные компоненты имеют ряд особенностей, снижающих при их использовании в системах микропроцессорных централизаций их безопасность. Для преодоления некоторых из них используют принципы диверситета и избыточности.

Избыточность может быть временной, информационной и структурной. Временная избыточность состоит в выделении специальных интервалов для организации процедур контроля и восстановления. Информационная избыточность заключается в резервировании информационных массивов и в применении корректирующих кодов. Структурная избыточность состоит в различии методов решения задач или способов программной реализации одного и того же метода.

Избыточность означает, что одни и те же функции реализуются в разных аппаратных каналах и результаты сравниваются между собой. Это полезно тем, что помогает исключить случайные ошибки. При проектировании систем с избыточностью используют следующие варианты (рисунок 3.1):

- система «2 из 2» – несовпадение приводит систему в безопасное (ограничивающее движение поездов) состояние;
- система «2 из 3» – если в одном канале возникает отказ, канал изолируется. Централизация продолжает работать по схеме «2 из 2», пока отказавший канал не будет восстановлен;
- двойная система «2 из 2». Одна подсистема активна, другая находится в резерве.

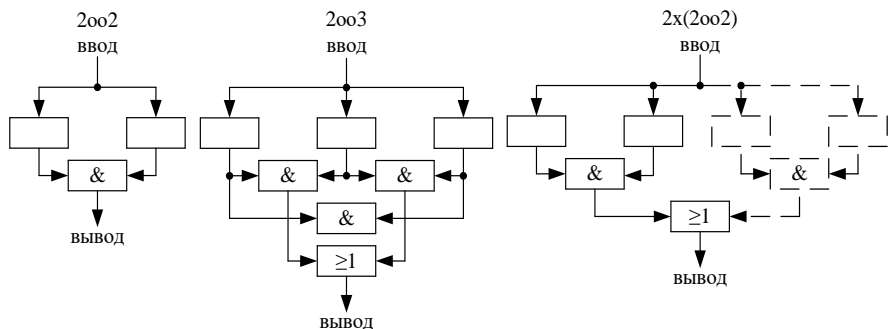


Рисунок 3.1 – Избыточность в микропроцессорных системах

Таким образом, во всех этих системах обеспечивается резервирование с целью повышения безопасности, а в двух последних – резервирование с целью повышения готовности.

Диверситет помогает исключить систематические ошибки при проектировании. Он возможен следующих видов: аппаратный (в каналах используется аппаратное обеспечение, созданное разными разработчиками); за счет применения разных операционных систем, например, Windows и Linux; программный диверситет при описании функций централизации или данных, описывающих топологию путевого развития [4].

## 4 СТРУКТУРА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

### 4.1 Составные части структуры МПЦ

В общем случае в структуру МПЦ включают три уровня (рисунок 4.1) [4].

- уровень оперативного управления;
- уровень централизации;
- исполнительный уровень.

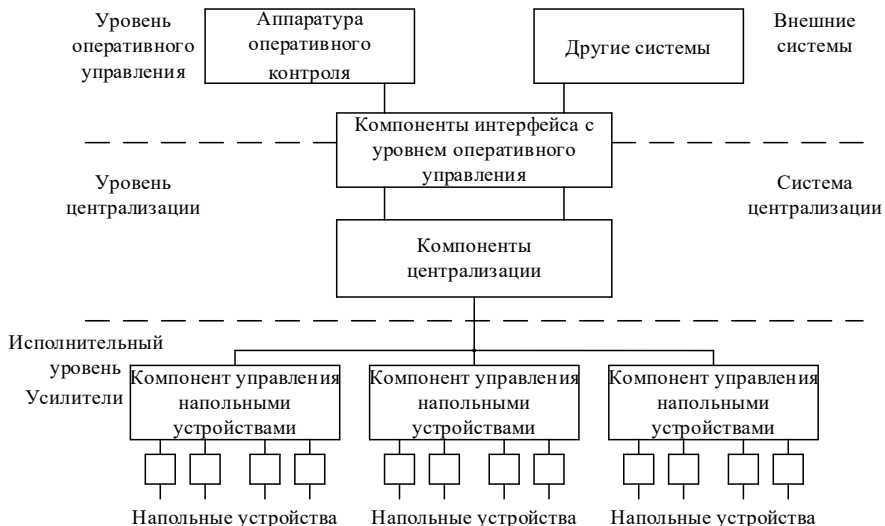


Рисунок 4.1 – Функциональная структура МПЦ

Не следует полагать, что каждый функциональный блок обязательно идентифицирован определенному аппаратному устройству, хотя во многих системах это так. Уровень оперативного управления часто реализуется внешними системами управления или рабочими местами, удаленными от зоны действия централизации. Поэтому обычно уровень управления рассматривается не как составная часть МПЦ, а как отдельная система. Должен быть организован отдельный интерфейс между ним и системой МПЦ.

Управление движением поездов осуществляется с использованием схемы путевого развития. Часто используют несколько мониторов, каждый из которых отражает свою информацию:

- общую схему области управления (большая станция или несколько станций). Часто выполняемые команды доступны на этой схеме и они могут использоваться только для визуализации;
- детализированные схемы для каждого элемента пути;

Для управления процессами движения поездов организуются автоматизированные рабочие места (АРМ), содержащие для этих целей необходимую аппаратуру и средства.

При децентрализованном управлении за работу станции отвечает ДСП данной станции, находящийся на ней. Возможно управление с высокой степенью централизации (два и более ДСП).

Составными частями структуры МПЦ являются также уровень централизации и исполнительный уровень. Например, системы АЛС могут быть подключены к исполнительному уровню (информация от напольных сигналов) или к уровню централизации (в АЛС непрерывного типа и с централизованной выдачей разрешений на движение поезда). Функции диагностики необходимы на каждом уровне. Они обеспечивают проверку состояния компонентов системы, обнаружение отказов и деактивацию отказавших элементов. Часто они компонуются в отдельный аппаратный блок.

Функции МПЦ в первую очередь определяются программным обеспечением. В структуре программного обеспечения имеются компоненты [4]:

- системное программное обеспечение, реализующее алгоритмы работы электронных компонентов;
- программное обеспечение централизации выполняет функции централизации независимо от конкретной топологии путей. Имеются две группы функций: универсальные и специфические для железной дороги, на сети которой устанавливается система;
- программное обеспечение для топопривязки системы централизации на местности.

В силу высокой ответственности ПО его тестирование и последующие изменения связаны с дополнительными сложностями. Для тестирования ПО, описывающего топопривязку элементов системы и их взаимосвязи, используются специальные имитаторы, моделирующие поведение напольных устройств.

По территориальному распределению в некоторых системах МПЦ имеются распорядительный (центральный) и исполнительный (локальный) посты. Размеры районов действия распорядительных и исполнительных постов могут существенно различаться в конкретных системах.

Передача данных между удаленными компонентами системы централизации обеспечивается при помощи электрических или оптических кабелей и осуществляется обычно в виде адресных сообщений. Безопасность при этом реализуется на основе избыточности данных. Для повышения готовности применяется избыточность каналов связи.

Электропитание в большинстве систем МПЦ для повышения готовности организуется с резервированием источников, первичным из которых является электрическая сеть общего пользования.

Предусматриваются также и автономные источники на случай временного отказа сети. Более подробно вопросы электропитания МПЦ рассмотрены в разделе 8.

#### 4.2 Требования к элементам структуры МПЦ

Система МПЦ должна удовлетворять общим требованиям к электрической централизации стрелок и сигналов, изложенным в Правилах технической эксплуатации Белорусской железной дороги.

МПЦ состоит из следующих функциональных подсистем [5]:

- управления и контроля средств ЖАТ, которая должна обеспечивать выполнение традиционных функций взаимодействия с напольными объектами;

- диалоговой, которая обеспечивает взаимодействие оперативного персонала ЭЦ со всеми подсистемами;

- нормативно-справочной, которая должна содержать все необходимые данные для эффективной работы системы, например, такие: профиль участка; пути пропуска и остановки поездов; длина приема отправочных путей; ограничение скорости и др.;

- диагностики технического состояния аппаратной части МПЦ;

- протоколирования, которая должна фиксировать все управляющие воздействия оперативного персонала (изменение поездной ситуации; сбои функционирования системы; результаты диагностики системы);

- интерфейсов с другими информационными и управляющими системами.

МПЦ выполняется на серийно выпускаемых промышленных ЭВМ и программируемых контроллерах (ПК). Средства визуализации АРМ ДСП и АРМ ШН и др. выполняются на стандартных мониторах, входящих в комплектацию ЭВМ. На крупных станциях могут быть использованы средства визуализации коллективного пользования. Они должны отображать информацию о работе всей системы, которую можно наблюдать с расстояния 1–5 метров, и могут быть выполнены на проекционных экранах, на плазменных или люминесцентных панелях, при этом общая площадь экрана не имеет ограничений. В МПЦ должна быть предусмотрена возможность передачи контрольной информации оперативному и обслуживающему персоналу, обеспечивающему процесс движения поезда.

Органом управления в системе является, как правило, специализированная клавиатура. Система может дополняться пультом резервного управления с сокращенным набором кнопок и индикации. В МПЦ должна быть предусмотрена возможность организации нескольких рабочих мест ДСП с разграничением зон управления. Управляющий комплекс должен иметь возможность развития и при необходимости обеспечивать изменение функций и объектов управления.

Для обеспечения показателей надежности и безопасности движения система микропроцессорной централизации должна содержать необходимую избыточность с соответствующим аппаратным и программным контролем функционирования.

Аппаратура МПЦ должна эксплуатироваться круглосуточно в непрерывном режиме с минимумом профилактического обслуживания. Критерием отказа системы является невыполнение любой из функций.

Система должна быть отказоустойчивой. При одиночных отказах элементов аппаратуры действие системы в целом не должно нарушаться.

Применение в аппаратуре МПЦ электронных компонентов требует для обеспечения безопасности действия системы решения дополнительных задач, связанных с тем, что:

- в отличие от реле электронные компоненты не имеют четкой направленности отказов в сторону защитных состояний. Последствия возникших ошибок сложно предугадать и это делает невозможным создание полностью безопасной системы;

- низковольтные электронные компоненты обладают высокой чувствительностью к внешним воздействиям;

- высокая сложность электронных компонентов затрудняет предотвращение систематических ошибок на этапах производства, а также контроль за происходящими в технической системе процессами и изменением ее состояний.

Для преодоления некоторых из этих недостатков в той или иной степени используется принцип избыточности. Аппаратная избыточность используется почти во всех микропроцессорных системах централизации. Резервирование с целью повышения готовности к работе на случай возникновения неисправностей снижает вероятность задержек в поездной работе.

МПЦ должны отвечать требованиям системы с безопасными отказами:

- одиночный отказ не должен приводить систему в опасное состояние;
- обнаружение отказа происходит настолько быстро, что вероятность появления за это время второго независимого отказа может не учитываться;
- при обнаружении отказа система приходит в безопасное состояние, а соответствующие сигналы и объекты приходят в защитное состояние.

Во время работы производится непрерывное диагностирование аппаратной части МПЦ. Это позволяет выявлять одиночные отказы, не дожидаясь пока в системе возникнет второй отказ. Одновременное существование двух независимых отказов могло бы привести к опасной ситуации.

Логика централизации проверяется на согласованность функционирования в режиме симуляции и в реальных условиях. Прикладные программы тестируются в условиях симуляции для реальных станций на техническую совместимость.

Методики определения и контроля показателей надежности должны устанавливаться в соответствии с конкретными условиями и требованиями нормативных документов железной дороги.

Средний срок службы должен быть не менее 10 лет. Суммарная интенсивность отказов – не более  $5 \cdot 10^{-5}$  1/ч. Среднее время восстановления системы – не более двух часов. В качестве нормированного вероятностного показателя безопасности принимается интенсивность опасных отказов  $A = 7,7 \cdot 10^{-9}$  1/ч на одну стрелку.

Должна быть предусмотрена возможность модификации аппаратного и программного обеспечения системы в случае изменения путевого развития станции, функционального назначения объектов или изменения сигнализации светофоров.

Аппаратура МПЦ должна эксплуатироваться в помещениях или специальных транспортабельных модулях. В помещениях, где расположены средства вычислительной техники и источники бесперебойного питания, должно быть предусмотрено кондиционирование воздуха. Организация АРМ ДСП должна удовлетворять требованиям санитарных норм, действующих на железной дороге.

Электропитание узлов управляющего комплекса, обеспечивающих безопасность движения, должно осуществляться через источники бесперебойного питания (ИБП).

Обслуживание технических средств должно осуществляться периодически, без прекращения функционирования системы. Периодичность и трудоемкость обслуживания, квалификация персонала определяется на основании рекомендаций заводов-изготовителей соответствующих технических средств.

Доступ к информации и управлению должен быть разрешен только лицам, занимающимся эксплуатацией и обслуживанием. Должна быть предусмотрена система идентификации персонала. Защита данных от несанкционированных изменений и разрушений должна осуществляться программным и организационным обеспечением.

Система МПЦ работает в режиме реального времени, поэтому время предоставления информации об изменениях контролируемых объектов должно быть не более 1 с, а время реакции системы на команды ДСП, подаваемые с клавиатуры или другого устройства, – не более 0,5 с.

Обработка оперативной информации должна производиться в соответствии с функциональными задачами на общей базе данных, основу которой составляет информация о состоянии путевых объектов устройств СЦБ, характеристики подвижных средств и т. д.



## **5 ВОЗМОЖНОСТИ И ФУНКЦИИ МПЦ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ**

Система МПЦ должна обеспечивать выполнение всех функциональных задач, реализованных в традиционных релейных схемах. Сюда относятся: контроль состояния, замыкания и размыкания; ограждение рельсовых участков и путей; перевод, реверсирование, автовозврат и контроль положения острия стрелок; управление, выбор и контроль сигнальных показаний светофоров, режимов их работы; установка, размыкание и отмена поездных и маневровых маршрутов; сигнализация на переездах, пешеходных дорожках, для монтеров пути и т. д. [1, 3].

Объектами управления и контроля МПЦ являются:

- электроприводы стрелочных переводов, тормозных упоров стационарных;
- станционные светофоры (лампы): поездные и маневровые;
- устройства переездной сигнализации на станциях и перегонах (если в участок приближения входят станционные рельсовые цепи);
- устройства кодирования рельсовых цепей на станции;
- устройства ограждения путей, оповещения работающих на путях станции, устройства передачи районов станции на местное управление, энергообеспечения, интерфейсы с ДЦ, АБ и др.

В общем случае относительно объектов управления и контроля система МПЦ должна обеспечивать следующие возможности:

- установку, отмену поездных и маневровых маршрутов с обеспечением всех условий безопасности;
- индивидуальное управление стрелками;
- отключение и подключение стрелок, светофоров и секций к управлению;
- замыкание маршрутов при отдельных неисправностях с приемом и отправлением поездов по пригласительным сигналам или приказу;
- автоматическое посекционное размыкание маршрутов;
- автоматическое размыкание неиспользованной части маршрутов при угловых заездах;
- искусственное размыкание секций;
- предоставление обслуживающему персоналу необходимого сервиса при техническом обслуживании;
- предоставление необходимой информации ДНЦ, ШН;
- передачу станций на дистанционное управление;
- увязку с работой переезда на станции и перегоне, системами оповещения монтеров пути, с перегонными системами АЛС, САУТ, КТСМ и др.;

- изменение направления движения на перегоне;
- накопление маршрутов и исключение накопления;
- автоматическую нормализацию устройств ПАБ на обеих станциях при отмене маршрута отправления;
- передачу на управление в соседнюю станцию светофоров главных путей при РПБ и АБ без организации дополнительных физических цепей.

С целью обеспечения безопасности движения устройства МПЦ аналогично релейным системам ЭЦ должны исключать:

- открытие поездных светофоров (входного, маршрутного, выходного) на занятый путь;
- установку поездного маршрута или маневрового маршрута по двум белым огням на путь, на которой установлен встречный поездной или маневровый маршрут, или на путь, переданный на местное управление, в том числе на путь или с пути, переданного на ограждение;
- установку маневрового маршрута на путь, на который установлен встречный поездной или маневровый по двум белым огням;
- установку маневрового маршрута по трассе установленного поездного маршрута, а также поездного маршрута, включающего в себя установленный маневровый маршрут;
- установку встречных маневровых маршрутов на бесстрелочный участок пути в горловине станции;
- перевод замкнутой или заблокированной стрелки;
- перевод стрелки, входящей в занятую секцию без специальной команды;
- возможность сохранения на светофоре разрешающего показания при потере контроля положения стрелки, входящей в маршрут или являющейся охранной;
- возможность отмены маршрута при открытом на разрешающее показание светофоре, ограждающем этот установленный маршрут, а также отмены маршрута без необходимой выдержки времени при занятости участка приближения;
- замыкание маршрута при занятой секции без специальной команды ДСП или при отсутствии контроля стрелки;
- открытие светофора на разрешающее показание при занятой секции, входящей в маршрут;
- возможность установки маршрута отправления, если перегон не установлен в направлении отправления или при ПАБ не получено согласие с соседней станцией на установку маршрута отправления на эту станцию;
- возможность установки маршрута на перегон, если ранее на перегон был отправлен хозяйственный поезд с ключом-жезлом и ключ-жезл не возвращен в замок;

- смену направления движения на перегоне, если изъят ключ-жезл или если на перегон установлен маршрут отправления;
- сохранение разрешающего показания на светофоре, ограждающем маршрут при искусственной разделке секций по трассе маршрута;
- сохранение «темного» показания светофора при перегорании лампы разрешающего огня;
- сохранение разрешающего показания при занятой секции, за исключением первой секции в маневровом маршруте;
- размыкание секции при кратковременной потере шунта;
- размыкание первой секции поездного маршрута при нахождении поезда на участке приближения и перемеживающемся коротком замыкании (менее 4 секунд) в стыках между первой и второй секциями маршрута;
- размыкание секции при переключении питания рельсовых цепей в результате разновременной работы путевых реле;
- перекрытие разрешающих показаний светофоров при переключении фидеров питания;
- установку встречных поездных маршрутов до поездных светофоров в створе;
- установку маршрута, если отсутствует контроль положения охранной стрелки или свободы негабаритного участка;
- установку поездного или маневрового маршрута, если продолжение установленного маневрового маршрута (при перегорании запрещающего показания на светофоре прикрытия) пересекает предполагаемый к установке маршрут;
- установку маневрового маршрута до светофора прикрытия при перегорании на светофоре прикрытия запрещающего показания, если продолжение этого маршрута пересекает установленный поездной или маневровый маршрут.
- возможность выключения действия переездной сигнализации при: кратковременной (до 5 с) потере шунтирования от подвижной единицы любой рельсовой цепи участка приближения; ложной занятости рельсовых цепей, входящих в участки приближения и удаления, в любом сочетании перед подвижной единицей; нарушение логической последовательности занятия и освобождения рельсовых цепей, входящих в участок приближения;
- возможность одновременной установки обеих станций, ограничивающих перегон между ними, в положение «Отправления» на один и тот же путь этого перегона;
- отмену маршрута при открытом на разрешающее показание светофора, ограждающем установленный маршрут, без необходимой выдержки времени при занятом участке приближения.

## 6 РЕЖИМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ МПЦ

### 6.1 Технологические функции основного режима

Технологические функции МПЦ распределены на 2 группы [3]:

- функции основного режима управления;
- функции вспомогательного режима управления.

Основной режим – функционирование системы при исправной работе устройств. Он включает в себя:

- программное, маршрутное или индивидуальное управление объектами;
- местное управление объектами, предполагающее временную передачу функций управления и контроля с центрального поста МПЦ операторам районов местного управления;
- диспетчерское управление объектами МПЦ, когда все функции ДСП передаются на более высокий уровень управления – поезвному диспетчеру (ДНЦ) через систему ДЦ.

При выполнении функции управления объектами на станции должны автоматически проверяться условия их выполнения. Как и в релейных системах, эти функции должны выполняться при полностью работоспособных системах МПЦ и полностью работоспособных объектах управления и контроля.

К функциям основного режима относятся:

- установка маршрутов и их отмена с необходимой выдержкой времени;
- открытие сигналов, ограждающих маршрут, с проверкой необходимых условий безопасности и с замыканием секций маршрута;
- автоматическое перекрытие показания поездного сигнала на запрещающее при вступлении поезда на маршрут;
- автоматическое посекционное размыкание использованных секций маршрута по ходу движения поезда;
- автоматическое размыкание неиспользованной части маршрута;
- перекрытие разрешающего показания светофора: без отмены маршрута; с отменой установленного маршрута;
- повторное открытие светофора дежурным по станции;
- увязка с переездными устройствами в пределах станции или на перегоне, если в участок приближения входят станционные рельсовые цепи;
- увязка с устройствами ограждения пешеходных дорожек и оповещения монтеров пути;
- ограждение путей по запросу от ПТО и снятие ограждения;
- индивидуальный перевод стрелок с контролем свободности стрелочной секции;
- снижение напряжения на лампах светофоров станции;

- индивидуальное отключение стрелки от управления и подключение к управлению;
- увязка с системами пневматической очистки стрелок и электрообогрева электроприводов.

При создании интегрированных систем управления движением поездов системы МПЦ могут включать в себя функции и возможности переездной сигнализации, автоматической локомотивной сигнализации, автоматической блокировки и др.

## **6.2 Вспомогательный режим управления**

Функции вспомогательного режима управления должны выполняться при частичной неработоспособности устройств МПЦ, отказах объектов управления и кабельных сетей. Полная неработоспособность не рассматривается. МПЦ должна выполнять функции этого режима и проверять условия безопасности при их выполнении [3].

В этом режиме функции должны сопровождаться особыми условиями взаимодействия оператора и МПЦ, направленными на проверку осмысленности действий оператора:

- однозначно воспринимаемая, четкая индикация действий вспомогательного режима;
- повторные запросы от системы к оператору с пояснением производимых им действий, требующих подтверждения;
- обязательные требования от МПЦ к оператору на указание причины работы во вспомогательном режиме и регистрации ее в МПЦ.

К функциям вспомогательного управления относятся:

- индивидуальный перевод стрелок без контроля свободности секций (при ложной занятости);
- установка и замыкание поездного маршрута без открытия разрешающего показания светофора;
- разрешение на занятие маршрута, установленного без открытия разрешающего показания светофора;
- отмена маршрута, установленного без открытия сигнала;
- искусственные размыкания секций, замкнутых в маршруте;
- блокировка и разблокирование стрелки;
- блокировка запрещающего показания светофора и индивидуальное разблокирование;
- подача и снятие извещения на переезд в случае нарушения технологических функций, выполняемых в автоматическом режиме;
- вспомогательная смена направления движения на перегоне, оборудованном автоблокировкой; блокировка смены направления;

### **6.3 Дополнительные функции МПЦ**

Замена релейных систем ЭЦ на системы МПЦ открывает широкие возможности реализации новых дополнительных функций с помощью средств МПЦ, при этом технико-экономические обоснования необходимости их реализации в данное время на конкретной станции должны проводиться отдельно.

Дополнительными функциями, которые могут быть реализованы в МПЦ с использованием ее данных и аппаратуры, являются:

- построение модулей перевозочного процесса (перезездного, локомотивного, вагонного и т. д.);
- организация постоянных и оперативных информационно-справочных баз данных и их передача в режиме реального времени;
- автоматизация документирования технологических событий или переход на безбумажную технологию (ведение журналов, статический учет, график исполнения движения и т. д.);
- автоматизация действий ДСП (автоматическая установка маршрутов, автодействие сигналов, автоматический прогноз и т. д.);
- протоколирование выполнения перевозного процесса с высокой эффективностью учета;
- логический контроль работы системы и действий персонала;

Перечень указанных функций может быть в дальнейшем дополнен по мере возникновения необходимости решения тех или иных проблем в организации перевозочного процесса или других задач. Наличие их в МПЦ не является обязательным, и их необходимость должна доказываться отдельно с проведением полного технико-экономического обоснования.

### **6.4 Требования к отображению информации**

Средства отображения технологической информации играют важную роль в обеспечении эффективной деятельности человека-оператора, так как до 80 % информации им воспринимается зрительно. В системах ЭЦ выполнение всех функций требует наличия информации об управляемых объектах станции и возможности реализации управления в соответствии с выбранным типом информационной модели. Границу взаимодействия в композиции технической части МПЦ и оперативного персонала называют пользовательским интерфейсом, который в МПЦ представляет собой совокупность программно-аппаратных средств и протоколов обмена. К техническим средствам интерфейса относятся: программно-аппаратные средства увязки; средства ведения диалога (клавиатура, манипулятор, пульта); средства отображения информации (мониторы и др.). Для сравнительной оценки различных систем отображения информации используют следующие факторы [1]:

- доступность, возможность системы отображения обслуживать широкий класс пользователей;
- удобство работы пользователей, степень удовлетворения их потребностей в обеспечении средств общения;
- оперативность отображения;
- гибкость системы отображения, способность системы к перестройке с целью достижения наилучшего эффекта.

Для организации работы станции система должна предоставлять оператору (ДСП) информацию:

- о контроле положения стрелок;
- свободности (занятости) секций, участков, путей, подходов к станции, районов, переданных на местное управление; путей, переданных на ограждение составов;
- кратковременных отказах устройств, не приводящих к перекрытию светофоров на запрещающее показание;
- установленных маршрутах и открытых сигналах;
- проследовании поезда по маршруту;
- состоянии системы переездной сигнализации на станции;
- состоянии устройств электропитания на станции и перегоне, включая контроль работы ДГА;
- состоянии перегона, смене направления движения;
- наличии ключа-железа и блокировке перегона.

Безопасность систем управления движением поездов требует применения дополнительных мер для обеспечения достоверности изображений на мониторах и правильности выдаваемых команд. Эти меры, как правило, основаны на применении избыточности процессов.

Средства отображения системы МПЦ должны обеспечивать вывод информации о техническом состоянии системы и режиме работы как всей системы МПЦ, так и работы самого АРМа ДСП непосредственно, а также результатов работы подсистемы диагностики [5]. Отражение информации на экранах мониторов АРМ ДСП должно осуществляться с учетом требований эргономики, технической эстетики, инженерной психологии.

АРМ ДСП должен формировать акустические сигналы в случаях, требующих вмешательства персонала, (например, при потере контроля положения стрелки в отсутствии команды на перевод и т. д.). Выключение акустического сигнала должно осуществляться по команде оператора (ДСП, электромеханика). Рекомендуется формировать коротковременные звуковые сигналы в ситуациях, требующих привлечения внимания оперативного персонала, например, при занятии участка приближения.

## **7 АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА МПЦ**

### **7.1 Состав аппаратных средств**

Аппаратные средства включают в себя постовое оборудование, напольное оборудование, кабельные линии связи [3].

К постовому оборудованию относятся двоянный модуль центрального процессора, АРМ ДСП, АРМ ШН.

АРМ ДСП обеспечивает интерфейс «человек – система» МПЦ и предоставляет оператору возможность:

- определять состояние объектов управления и контроля;
- вводить необходимые приказы;
- протоколировать работу системы МПЦ и оператора;
- распечатывать необходимые данные на принтере;

Система МПЦ может дополняться пультом резервного управления с сокращенным набором кнопок и индикаций. Для крупных станций может быть предусмотрена возможность организации нескольких рабочих мест ДСП с разграничением зон управления. Управляющий комплекс должен иметь возможность развития и при необходимости обеспечивать изменение выполняемых функций и объектов управления.

АРМ ШН обеспечивает получение информации о состоянии: системы МПЦ в целом, объектов управления и контроля, устройств электропитания и кабельных линий. Он содержит дисплей, принтер, клавиатуру. На станциях, находящихся на диспетчерском управлении, допускается совмещать резервные АРМ ДСП и АРМ ШН.

Напольные устройства системы МПЦ должны подключаться к центральному процессору через устройства сопряжения с объектами управления и контроля (УСО) или через объектные контроллеры (ОК).

### **7.2 Модуль центрального процессора**

Модуль центрального процессора реализует алгоритм управления и зависимостей стрелок и сигналов с целью обеспечения высокой пропускной способности при условии безопасного движения поездов.

Модуль центрального процессора осуществляет:

- прием информации от напольных устройств и оператора;
- обработку полученной информации в соответствии с принятым алгоритмом функционирования МПЦ;
- передачу информации на АРМ ДСП и в напольные устройства;
- организацию протоколов обмена информации с напольными устройствами.

Модуль относится к аппаратуре, которая должна отвечать всем требованиям систем с безопасными отказами.



Единичный отказ не должен приводить систему в опасное состояние; обнаружение отказа происходит настолько быстро, что вероятность появления за это время второго отказа может не учитываться; при обнаружении отказа система приходит в безопасное состояние, при этом соответствующие сигналы и объекты приходят в защитное состояние.

Модуль должен иметь 100%-й горячий резерв и осуществлять автоматическое переключение на резерв при неисправности основного. Он работает циклически, время цикла – не больше 0,6 с. Должна быть предусмотрена собственная автономная система электропитания, которая включается автоматически при пропадании основного питания.

### 7.3 Автоматизированное рабочее место ДСП

В состав системы МПЦ входит АРМ ДСП. Оно обеспечивает интерфейс «человек – система». Технически АРМ ДСП должно включать необходимое число дисплеев (но не более шести). Мониторы с прогрессивной разверткой должны иметь экран не менее 45 см по диагонали, учитывать требования эргономики, а также удовлетворять стандартам по безопасности для здоровья эксплуатирующего их персонала [3].

Результаты работы ДСП и системы протоколируются и сохраняются в течение года.

В АРМе реализуются следующие функции:

- непрерывное достоверное отображение данных о состоянии объектов контроля и управления, расположенных на станции и подключенных к системе МПЦ;
- отображение информации об установленных маршрутах на схематическом плане станции;
- удобное и четкое формирование команд для системы МПЦ;
- отображение на устройствах индикации всех действий персонала по вводу команд управления;
- вывод необходимой информации о работоспособности системы МПЦ и объектов контроля и управления;
- вывод необходимой информации о работоспособности АРМ;
- регистрация и протоколирование данных, поступающих от системы МПЦ, и информации о действиях оператора.

Для обеспечения максимальной полноты системы функции АРМ ДСП распределяются между отдельными подсистемами. Данные от МПЦ представляют собой поток информации о состоянии всех объектов контроля и управления, поездной обстановке и другие необходимые данные о работоспособности системы МПЦ. Этот поток должен носить циклический характер, соответствовать циклу работы системы МПЦ и определять продолжительность рабочего цикла АРМ ДСП.

Поток данных от АРМ ДСП к системе МПЦ должен носить спорадический характер и содержать команды для объектов управления. В канале поддерживается полудуплексный характер режима связи с разделением встречных потоков по времени.

Задачи драйвера канала передачи данных между АРМ ДСП и системой МПЦ со стороны АРМ ДСП:

- прием информации о поездной обстановке, состоянии объектов контроля управления, работоспособности МПЦ;
- предварительная обработка принятой информации для дальнейшего использования в АРМ ДСП;
- передача команд, сформированных по действиям оператора, для объектов управления на станции и в систему МПЦ.

Драйвер канала содержит подсистемы:

1) подсистема ввода данных от МПЦ, которая вызывается циклически при приеме данных и инициирует начало цикла;

2) подсистема выдачи управляющих команд для объектов управления на станции и системе МПЦ, которая вызывается только в тех рабочих циклах, когда производился ввод данных от оператора и он был успешно завершен;

3) подсистема отображения состояния объектов управления и контроля должна показывать состояние поездной обстановки, состояние системы МПЦ и результаты самодиагностики АРМ ДСП.

Средства отображения должны иметь возможность отображать:

- объекты контроля и управления;
- информацию о поездном положении на станции;
- информацию о техническом состоянии системы и режимах ее работы;
- индикацию режима работы самого АРМ;
- результаты работы системы самодиагностики.

В МПЦ, как правило, используются серийно выпускаемые ЭВМ и программируемые контроллеры. Средства визуализации АРМ ДСП и АРМ ШН выполняются на стандартных мониторах, входящих в комплектацию ЭВМ.

На крупных станциях могут быть использованы средства визуализации коллективного пользования. Они должны отображать информацию о работе всей системы и могут быть выполнены и на проекционных экранах, плазменных или люминесцентных панелях. Кроме того, должна быть возможность передачи контрольной информации любому оперативному или обслуживающему персоналу, обеспечивающему процесс движения поездов. В АРМ должны использоваться стандартизированные интерфейсы пользователя, современные операционные системы с окнами, системами меню и другими необходимыми элементами.

## 7.4 Требования к сервисным средствам МПЦ

МПЦ – сложная техническая система, поэтому она должна обеспечиваться расширенным набором сервисных средств диагностики и тестирования, что в целом должно приводить к повышению ее коэффициента готовности [3].

Комплекс сервисных технических средств должен включать в себя встроенные и дополнительные средства.

Встроенные средства диагностики и тестирования являются одной из внутренних подсистем МПЦ. Они должны производить диагностику ряда параметров управляемых объектов. Например, для светофора это состояние нитей светофорных ламп, перегорание основной нити лампы и переключение на резервную.

При работе стрелочного привода должен контролироваться потребляемый им ток, что позволяет организовать диагностирование состояния стрелочного привода. Таким образом, набор сервисных средств диагностики и тестирования зависит от конкретной системы МПЦ и может быть различным.

Дополнительные сервисные устройства предназначены для диагностики и обслуживания системы МПЦ. Они могут быть разделены на устройства, подключаемые к МПЦ в процессе ее нормальной работы, и устройства, которые могут быть использованы при проведении работ, требующих отключения системы МПЦ или перевода ее в защитное состояние.

К первому типу устройств должно быть отнесено оборудование рабочего места электромеханика АРМ ШН. Оно должно использоваться для проверки технических параметров системы в процессе ее эксплуатации и проведения углубленного тестирования системы в процессе нормальной работы. Оно может быть выполнено как в стационарном, так и в переносном варианте.

АРМ ШН должен состоять из персонального компьютера и пакета прикладных программ для получения и обработки данных о техническом состоянии системы МПЦ. АРМ должен обеспечивать получение информации о техническом состоянии напольных устройств, состоянии каналов передачи информации, а также о техническом состоянии центрального процессора.

После выбора соответствующего режима электромеханику должна быть предоставлена интересующая его информация в четком и наглядном виде. Если полученной информации ему недостаточно, то он должен иметь возможность запустить программы углубленного тестирования системы МПЦ.

АРМ ШН должен вести полный протокол работы электромеханика с системой МПЦ, контроль за порядком проведения работ по техническому обслуживанию системы МПЦ.

Устройства, которые используются при проведении работ, требующих отключения системы МПЦ или перевода ее в защитное состояние, должны обеспечивать возможность проведения более глубокого и подробного ис-

следования отдельных модулей и блоков МПЦ. К данной категории сервисных средств должны быть отнесены электронные логические и сигнатурные анализаторы, устройства контроля отдельных параметров электронных логических элементов.

### **7.5 Устройства сопряжения МПЦ с объектами**

Элементами управления и контроля в МПЦ являются электрические приводы стрелок, тормозных упоров, разъединители контактной сети, светофорные лампы, обмотки, контакты реле и др.

Устройства сопряжения с объектами (УСО) осуществляют связь управляющего вычислительного комплекса УВК с напольными объектами. К ним предъявляются следующие требования [1, 3]:

- обеспечение временного и энергетического согласования электронных схем и исполнительных объектов;
- исключение возникновения ложного сигнала на выходе при любом отклазе его элементов;
- высокая устойчивость к электромагнитным помехам и влияниям;
- стабильность параметров в течение всего срока эксплуатации;
- высокая технологичность в производстве в сочетании с низкой стоимостью.

Для выполнения данных требований используются такие основные принципы безопасных схем сопряжения, как:

- непрерывный контроль исправности электронных элементов за счет периодического изменения их состояния (контроль динамической работы);
- статистическая обработка (накопление) сигналов управления;
- гальваническая развязка входных и выходных цепей;
- частотная или амплитудная защита от неисправностей источников питания;
- отсутствие обратных связей, приводящих к самовозбуждению схем;
- амплитудная, полярная или частотная защита от опасных отказов при изменении параметров входных сигналов в пределах, выше допустимых.

Согласование УВК с напольными объектами может осуществляться применением релейных или полностью бесконтактных схем.

В качестве примера приведены требования к устройствам сопряжения при управлении и контроле стрелочными приводами, светофорами, реле [5].

#### **Требования по управлению электрическими приводами:**

- управление электроприводом должно обеспечивать перевод объекта (стрелки) из «плюсового» положения в «минусовое» и обратно;
- возможность управления спаренными стрелками;

- возможность возврата стрелки в первоначальное положение при любом её положении по команде оператора, а на станциях с диспетчерским управлением возможность автоматического возврата в первоначальное положение, повторного перевода и возврат ее в первоначальное положение;
- возможность поочередного управления (перевода), если это требуется по условиям электропитания;
- перевод стрелки до крайнего положения при появлении занятости секции после начала перевода;
- исключение ложного контроля при повреждениях в кабеле (например, перепутывание проводов), произвольном замыкании контрольных проводов, снижении сопротивления изоляции кабеля ниже допустимой;
- возможность контроля времени перевода и формирования диагностического сообщения при выходе его за установленные сроки;
- обеспечение сопряжения с электрическими приводами с двигателями постоянного и переменного тока.

**Управление светофорными лампами** или светофорными светоизлучающими системами должно обеспечиваться через интерфейс устройства связи с объектом или контроллер без применения каких-либо устройств и с использованием сигнальных трансформаторов.

Интерфейс должен:

- отвечать требованиям безопасности технических средств;
- осуществлять контроль тока лампы, определять ее горящее состояние, погашенное состояние и формирование соответствующего сообщения о состоянии лампы;
- контролировать в холодном состоянии целостность нити лампы;
- обеспечивать сопряжение с двухнитевыми лампами и определять, какая из нитей (основная или резервная) в это время используется;
- при обрыве основной нити лампы обеспечивать автоматическое переключение на резервную.

**Вывод управляющих воздействий на обмотки реле** осуществляется с соблюдением требований безопасности технических средств и должен иметь гальваническую развязку с пробивным напряжением не менее 2 кВ при мощности пробивной установки не менее 0,5 кВ·А и обеспечивать выходную мощность не менее 1,2 кВт.

**Съем информации с релейных схем** должен осуществляться с «сухих» контактов реле схем. Пробивное напряжение входных устройств МПЦ должно быть не менее 2 кВ при мощности пробивной установки не менее 0,5 кВ·А.

## 8 ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ СИСТЕМ МПЦ

### 8.1 Основные принципы электропитания устройств ЭЦ

Устройства ЭЦ должны питаться от двух независимых, взаимно резервируемых источников питания. Независимым является такой источник питания, на котором сохраняется напряжение при отключении его на другом источнике питания. Подвод питающего напряжения к постам ЭЦ должен быть выполнен самостоятельными (одноцепными) питающими линиями (фидерами). Каждый фидер представляет собой силовой четырехжильный кабель (три фазы и 0), сечение которого рассчитывается на максимально длительный ток нагрузки. Две кабельные питающие линии называются одноцепными, если они проложены по отдельным изолированным трассам и связаны с независимыми источниками питания. Расстояние между траншеями для таких кабелей должно быть не менее 1 м. В пределах здания эти кабели прокладываются на расстоянии не менее 1,5 м по вертикали и 1 м по горизонтали.

В качестве резервного питания устройств ЭЦ могут быть использованы электростанции с автоматизированным дизель-генератором (ДГА), являющимся для потребителей третьим независимым источником питания. Системой питания должен обеспечиваться автоматический запуск ДГА при соблюдении условия, что эти электростанции обслуживают только устройства СЦБ и связи. Запас топлива для ДГА должен обеспечивать работу дизель-генератора в течение двух суток.

Дополнительно для питания устройств СЦБ и связи должен предусматриваться аккумуляторный резерв. Например, на крупных станциях расчетное время резервирования питания от таких батарей равно 2 ч.

Таким образом, компьютерные ЭЦ являются потребителями электроэнергии первой категории и должны получать питание от двух независимых источников энергии по двум фидерам, а на крупных станциях – дополняться ДГА с автоматическим переключением в случае пропадания напряжения с одного фидера на другой.

Наличие вычислительных средств в составе систем ЭЦ предъявляет дополнительные требования к электропитанию. Электронное оборудование МПЦ в процессе эксплуатации может оказаться под воздействием различных электромагнитных полей, большая часть которых распространяется по цепям электропитания. Применение двух независимых фидеров позволяет снизить вероятность полного пропадания сетевого напряжения, но остается зависимость системы от качества этого напряжения. Эти факторы могут вызвать также сбой в работе компьютеров или другого электронного оборудования и потерю данных. Бесперебойное электропитание электронных устройств позволяет избежать таких отказов путем применения устройств бесперебойного питания (УБП) по зарубежной терминологии Uninterruptible

Power Supply (UPS). Они позволяют гарантировать параметры питающего напряжения в жестких пределах (напряжение  $\pm 1\%$ , частота  $\pm 0,1\%$ ) и избавиться от всякого рода помех.

Существуют два подхода использования УБП в МПЦ. Первый подход предполагает питание от УБП только электронного оборудования МПЦ, а все остальные устройства ЭЦ (реле, стрелочные электроприводы, светофоры) соединены с традиционными панелями питания. В этом случае для каждого (основного и резервного) комплектов АРМ ДСП, для АРМ ШН устанавливаются индивидуальные маломощные (до 1000 ВА) УБП с продолжительностью питания 10–15 мин при пропадании гарантированного напряжения. Непрерывность функционирования компьютерного оборудования сопряжения с ЭЦ обеспечивается подачей постоянного тока напряжением 24 В с аккумуляторным резервом от контрольной батареи поста ЭЦ.

Главный недостаток традиционных панелей в составе безбатарейной системы питания – это то, что от аккумуляторного резерва обеспечивается питание только реле. Нормальное действие других устройств прекращается. Считается, что такая ситуация не влечет нарушения условий безопасности перевозочного процесса. Однако косвенная угроза остается, поскольку персонал должен регулировать движение без технических средств.

Условием бесперебойной работы ЭЦ является постоянное электропитание. Поэтому второй подход предполагает использование в составе системы питания мощных УБП, полностью обеспечивающих электроснабжение всех устройств ЭЦ не менее чем в течение 1 ч. При определении емкости батареи проектируется 20%-й запас для обеспечения заявленной продолжительности бесперебойного питания с учетом времени старения аккумуляторной батареи [6, 7].

## **8.2 Организация бесперебойного питания систем МПЦ**

Устройства бесперебойного питания должны решать две основные задачи: обеспечение приемлемого качества электроэнергии на выходе, ликвидируя потенциальные возмущения входного напряжения, и выполнение роли резервного источника энергии в случае полного пропадания или отклонения за пределы установленных норм входного напряжения [1, 7].

В состав УБП входят:

- радиочастотный фильтр и подавитель импульсных помех;
- аккумуляторная батарея (АКБ) с зарядным устройством (ЗУ);
- инвертор-преобразователь постоянного тока в переменный;
- в некоторых типах УБП – конвертор; преобразователь постоянного тока в переменный; различные трансформаторные развязки между выходом и входом; схемы управления работой УБП.

Различают три класса источников: off-line, line-interactive, on-line.

В УБП класса off-line электроэнергия внешнего источника снабжения через подавитель импульсов и радиочастотный фильтр передается на

нагрузку (рисунок 8.1). В случае недопустимых возмущений или полного пропадания входного напряжения специальные ключи переводят подключаемую к УБП нагрузку на АКБ и инвертор. Недостатком таких УБП является время переключения на резервный источник, при котором на выходе устройства возникает разрыв синусоиды напряжения на время 1–15 мс.

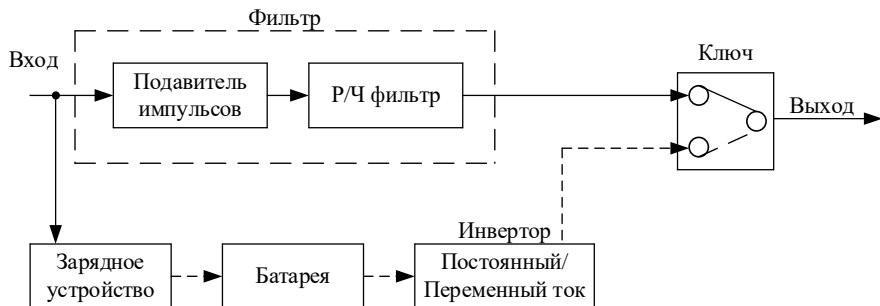


Рисунок 8.1 – Функциональная схема off-line УБП

Недостатком УБП off-line является также его неудовлетворительная работа при низком качестве входного напряжения, когда имеют место частые переключения на батарею и обратно. При этом трудно восстанавливается емкость аккумулятора. Главными преимуществами таких УБП являются высокий КПД и простота схемотехнических решений.

Схема УБП on-line построена по принципу двойного преобразования энергии (рисунок 8.2). Входное напряжение через фильтрующие элементы поступает на выпрямитель, затем на инвертор и далее на нагрузку.

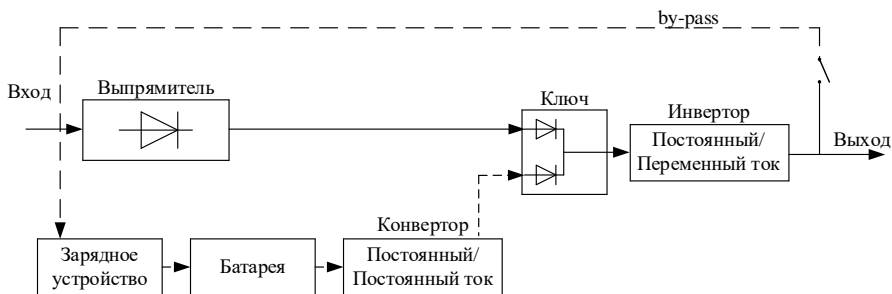


Рисунок 8.2 – Функциональная схема on-line УБП

На входе и выходе этой цепи могут быть трансформаторные развязки. АКБ подключена к инвертору, и в случае пропадания напряжения входной



сети нагрузка безобрывно переходит на питание от АКБ. В случае нарушения работы какого-либо из элементов входное напряжение напрямую коммутируется на нагрузку.

Недостатками такой технологии являются снижение ресурса АКБ, относительно низкий КПД, ограниченные динамические и перегрузочные возможности. Бесспорными преимуществами УБП on-line являются:

- отсутствие разрыва кривой выходного напряжения при переходе на резервный источник;
- синусоидальность форм выходного напряжения в любом режиме работы УБП;
- лучшие, по сравнению с другими УБП, стабилизационные и помехоподавляющие характеристики.

УБП класса line-interactive представляют собой разнообразные гибриды on-line- и off-line-систем. Например, отличием УБП этого класса является оснащение его бустером (booster), схемой ступенчатого автоматического регулирования входного напряжения за счет переключения обмоток автотрансформатора. В схеме, приведенной на рисунке 8.1, бустер подключается между фильтром и коммутирующим ключом.

На основе УБП проектируются системы гарантированного электроснабжения (СБЭ), которые представляют собой комплекс организационно-технических мероприятий, позволяющий обеспечить бесперебойное и качественное электроснабжения нагрузки.

Децентрализованные СБЭ предполагают установку большого количества маломощных УБП практически для каждого защищаемого прибора (компьютера, узла коммутации и т. д.). В случае централизованного СБЭ проектируются централизованные преобразования, стабилизация и распределение энергии для питания потребителей.

Для надежной защиты нагрузки системы гарантированного электроснабжения контролируют параметры электроэнергии, исправность своих звеньев и своевременно реагируют на возникающие аварийные ситуации. Эти функции в системе выполняет программное обеспечение УБП, основными задачами которого являются:

- закрытие операционных систем без потери данных;
- самодиагностика УБП;
- контроль параметров электроэнергии;
- дистанционное управление УБП;
- мониторинг системы гарантированного энергоснабжения, включая ДГА;
- прогнозирование возможных сбоев в электроснабжении [1, 7].

## 9 КРИТЕРИИ ВЫБОРА СИСТЕМ МПЦ

Замена существующих релейных систем компьютерными системами управления движением поездов обусловлена следующими причинами. Во-первых, необходимостью снижения эксплуатационных затрат. Во-вторых, более высоких эксплуатационных показателей микропроцессорных систем благодаря резервированию, применению систем диагностики. В-третьих, расширение функциональных возможностей и сравнительно легко организуемой интеграцией в них микропроцессорных систем управления движением поездов более высокого уровня.

Направлениями обновления СЖАТ могут быть разработка собственных микропроцессорных систем, отвечающих современным требованиям, или приобретение зарубежных систем, имеющих положительный опыт эксплуатации. Каждый из этих путей имеет свои достоинства и недостатки.

Создание собственной системы МПЦ требует значительного срока разработки. Однако наличие отечественной системы, кроме снижения стоимости и эксплуатационных затрат, имеет ряд преимуществ: организация производства на отечественных предприятиях; возможность организации обучения персонала; техническое обслуживание и сопровождение собственными силами; обеспечение экономической независимости и др.

Приобретение зарубежных систем позволяет достаточно быстро (при наличии собственных средств) провести необходимую модернизацию выработавших ресурс СЖАТ. На Белорусской железной дороге имеется положительный опыт внедрения и даже организации производства современных СЖАТ, разработанных за рубежом. Вместе с тем использование таких систем кроме проблем по их адаптации поднимает проблемы, связанные с экономической и информационной безопасностью.

При выборе и сравнении систем МПЦ потребитель (железная дорога) должен учитывать следующие факторы [1, 8].

**Безопасность и надежность системы.** Как указывалось выше, при использовании в качестве элементной базы микропроцессорной техники эти показатели можно повышать за счет аппаратно-программного комплекса (АПК) с применением избыточности и диверситета. В релейных системах такой способ не использовался из-за повышенного расхода приборов и ухудшения связанных с этим других показателей системы, в основном стоимостных. Различаются системы с резервированием модулей устройств сопряжения по управлению и контролю объектов. Надежность действия релейных интерфейсов согласно требованиям обеспечения безопасности основана на использовании реле первого класса надежности (РЭЛ или Н). Большой ресурс этих реле (до 20 лет) не создает проблем с обслуживанием таких интерфейсов. Бесконтактные интерфейсы более перспективны, схемы их различаются и требуют дополнительных доказательств их безопасности.

Использование универсальных аппаратных средств, их взаимозаменяемость позволяет быстро восстанавливать отдельные узлы систем, что повышает готовность системы к восстановлению в чрезвычайных ситуациях.

Повышению показателей надежности систем МПЦ способствует также использование более совершенных линий связи (кабелей, ВОЛС), современных систем электропитания. Эти факторы оказывают влияние на общую надежность МПЦ, однако следует иметь в виду, что большая часть отказов в ЭЦ приходится на напольное оборудование.

**Стоимость системы МПЦ** – основной показатель, определяющий конкурентность разработки. При выборе системы МПЦ дорога-заказчик должна учитывать не только единовременные затраты на аппаратные и программные средства, но и затраты, связанные со всеми элементами жизненного цикла системы: адаптация к нормативно-техническим требованиям, системам обслуживания и эксплуатации, гарантийное и постгарантийное сопровождение, обучение персонала и т. д.

#### **Степень зависимости от изготовителя и собственника ПО.**

Системы МПЦ относятся к средствам длительной эксплуатации. В то же время исключительные права разработчика на программное обеспечение создают угрозу зависимости от компании-разработчика в вопросах обслуживания, ремонта. При определении степени зависимости от изготовителя следует также учитывать принадлежность прав интеллектуальной собственности и принятую идеологию построения аппаратной части МПЦ. Преимущественным для потребителя является использование изготовителем горизонтального принципа интеграции при производстве МПЦ. Этот принцип основан на использовании COTS-технологий, т. е. берутся хорошо освоенные на рынке серийно производимые аппаратно и программно совместимые изделия и компоненты и используются при создании встраиваемых систем управления. Применение же ранее широко используемого принципа вертикальной интеграции, когда изделие и компоненты встраиваемых систем управления производятся исключительно одним производителем, неизбежно приводит к полной зависимости потребителя на всё время жизненного цикла МПЦ.

**Полнота и сложность адаптации систем иностранного производства** с учетом национальных особенностей технологии организации поездной работы. Поскольку системы МПЦ относятся к стратегическим объектам, то использование зарубежных систем МПЦ, построенных по принципу вертикальной интеграции, противоречит и экономической безопасности стран. Например, использование отличного от принятого на железных дорогах порядка установки маршрутов на станции, способа отображения поездной ситуации на АРМ ДСП и другие отличия вызывают дополнительные затруд-

нения в адаптации эксплуатационного персонала и разработчиков. Специалистам компании-разработчика требуется длительное время для изучения национальных правил эксплуатации.

Примером этого может явиться адаптация системы EbiLock к условиям Российских железных дорог. Техническим заданием на МПЦ предусмотрено использование напольного оборудования ЭЦ российского производства. Сохранялись требования и принципы управления напольными устройствами в виде релейных систем, принципы построения систем регулирования движения поездов на перегонах, систем АЛС-Н непрерывного типа. Потребовалась переработка объектных контроллеров нового поколения.

**Возможности дальнейшего совершенствования МПЦ.** Перечень дополнительных функций будет в дальнейшем расширяться по мере возникновения необходимости решения этих или иных проблем организации перевозочного процесса или других задач. Наличие их в МПЦ не является обязательным, а их необходимость будет доказываться отдельно с проведением полного технико-экономического обоснования. Использование систем иностранного производства и, например, программного обеспечения ограничивает эти возможности.

Кроме того, предоставленные на рынке электронные компоненты становятся недоступными уже через некоторое время. В результате технического развития на рынок выходят новые и новые компоненты, а прежние снимаются с производства.

Возможно уже в ближайшее время возникнет необходимость замены или модернизации систем МПЦ по причинам отказов, совершенствования аппаратно-программного комплекса, внедрения новых разработок, например, для управления и контроля напольными объектами, изменения конфигурации путевого развития станций. Изменения в программном обеспечении, вызванные этими мероприятиями, также потребует затрат на доказательство безопасности.

**Стратегическое значение систем МПЦ в обеспечении экономической и национальной безопасности.** Этот фактор требует обеспечения помимо экономической безопасности и информационной безопасности. Составляющая часть программного обеспечения, реализующая функции централизации с требованиями безопасности, достигает 70–80 % всего ПО. Системы управления движением поездов согласно нормативным документам Республики Беларусь и Российской Федерации относятся к критически важным объектам информации. При этом в соответствии с требованиями концепции национальной безопасности в таких системах требуется использование программного обеспечения отечественных разработчиков.

## 10 КРАТКИЙ ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ МПЦ

### 10.1 Эксплуатационные показатели систем МПЦ

Системы микропроцессорной централизации начали интенсивно развиваться с 80-х годов прошлого века. В настоящее время они функционируют во всех странах Европы, Азии и Америки. При этом концепции их построения могут отличаться весьма существенно. Одна из причин этого объясняется ролью железнодорожного транспорта в каждой стране.

Для стран центральной Европы, особенно Германии, характерна густая и разветвленная сеть железных дорог. Здесь железнодорожным транспортом перевозят значительную часть грузов и пассажиров. Отсюда и появляются наиболее жесткие требования к показателям безопасности и эксплуатационной готовности. Термин «эксплуатационная готовность» характеризует надежность системы и время восстановления после отказа. Обеспечение высоких требований безопасности и надежности достигается, как правило, дублированием (техническим или программным). Также системы имеют безопасные устройства ввода и вывода и безопасную индикацию состояния наполных устройств в средствах отображения информации.

Наиболее жесткие требования к эксплуатационным показателям МПЦ выдвигают администрации европейских железных дорог DBAG, SBB, ÖBB. Безопасность МПЦ этих дорог основана на независимости аппаратных и программных каналов и т. д. Естественно, что эти системы наиболее дорогие.

В странах, где железнодорожный транспорт не занимает доминирующую позицию в процессе перевозок, для победы в конкуренции с другими видами транспорта его затраты должны быть меньшими. Отсюда менее жесткие требования к эксплуатационным показателям МПЦ и основное ограничение – стоимость технических и программных средств. Это характерно для железных дорог Великобритании, Дании, Испании, Швеции.

Введение команд из рабочего места дежурного по станции не принадлежит к ответственным операциям. Вместе с тем эксплуатационной готовности систем управления уделяется большее внимание, поскольку этот показатель прямо связан с эффективностью процесса перевозок.

Стоимостные ограничения также являются причиной сокращения перечня функций централизации. Для обеспечения безопасности во многих одноканальных системах есть децентрализованная структура, построенная по плану станции. Благодаря этому следствия отказа не распространяются на всю систему, а локализируются в конкретном модуле, привязанном к части путевого развития.

В странах, где роль железнодорожного транспорта не является значительной, отказываются от внедрения многоканальных микропроцессорных систем и внедряют одноканальные системы, обладающие относительной дешевизной. В свою очередь, для преодоления основного недостатка одноканальных

систем некоторые фирмы используют смешанную структуру. В ней функции наборной группы перекладываются на микропроцессорную технику, а обеспечение безопасности осуществляется релейной группой. Подобные системы имеют централизованную одноканальную структуру. Возникающие в электронной части отказы непосредственно не влияют на безопасность, а приводят только к задержкам в движении поездов.

Требования локализации отказов включаются в основном с целью достижения принятых показателей эксплуатационной готовности. Вместе с тем подобные конструкции имеют довольно широкий набор как основных, так и сервисных функций. Все современные системы МПЦ имеют высокий уровень эксплуатационной готовности. За счет этого сокращается время вмешательства человека в процесс обеспечения безопасности, что в свою очередь повышает уровень обеспечения безопасности системы.

Далее приведены краткий обзор и характеристики известных на данное время систем МПЦ, эксплуатируемых на железных дорогах ряда стран Европы, Японии, США, а также, но более подробно, систем МПЦ на железной дороге Республики Беларусь, по которым имеются публикации, доступные широкому кругу специалистов.

## 10.2 Современные зарубежные системы МПЦ

Системы СЖАТ остаются одними из немногих сфер, в которых технические разработки различаются по странам мира. Во многих странах внедряют системы МПЦ, которые отвечают национальным требованиям на основе собственных подходов к разработке и технической реализации. Вместе с тем в разработках могут применяться, комбинироваться и компоненты разных изготовителей и типов. Например, система оперативного управления поездной работой одного изготовителя может использоваться для управления системой централизации других изготовителей.

**МПЦ JZH-850**, созданная фирмой Ericsson (Швеция, 1978 г.), имеет трехуровневую структуру. На верхнем уровне имеется основная и резервная ЭВМ для управления и ввода команд и отображения данных. Второй уровень включает основной и резервный вычислительные комплексы, выполняющие функции централизации. На нижнем уровне расположены концентраторы, которые через устройство передачи данных и устройство сопряжения связывают вычислительные комплексы и напольные объекты.

Каждый комплекс состоит из двух каналов, в которых информация кодируется и обрабатывается. Промежуточные и конечные результаты сравниваются между собой.

Программы различны и разработаны разными группами программистов. Время цикла 0,6 с. В конце каждого цикла производится тестирование.

**МПЦ ESTW L90** (фирма Alcatel SELAG), структура которой включает в себя четыре уровня. На первом уровне АРМ ДСП, содержащий два монитора для плана станций и монитор для диагностирования. Второй уровень – модуль извещения и ввода информации проверяет команды на достоверность. С помощью отдельных блоков имеется возможность сопряжения с релейной ЭЦ и автоматической локомотивной сигнализации АЛС [9].

На третьем уровне проверяются все взаимозависимости между объектами. На исполнительном (четвертом) уровне применяются модули управления элементами и параллельные интерфейсы с напольным оборудованием. Наибольшее распространение система получила в Германии, Испании.

**SIMIS W, SIMIS IS** из серии МПЦ на базе безопасного микропроцессорного блока SIMIS внедрялись во многих странах начиная с 1989 года (ст. Мурнау) для крупных станций и явились дальнейшим развитием системы ESTW. Они построены по модульному принципу в виде отдельных объектов, которые соединяются друг с другом в соответствии с топологией напольного оборудования. Все компьютеры, выполняющие обработку информации, связанную с безопасностью, спроектированы с использованием принципа «SIMIS 2 из 3». Система SIMIS применяется в Германии, Австрии, Швейцарии и других странах. Разновидность системы с маршрутными зависимостями SIMIS IS предназначена для малых и средних станций [10–13].

Система SIMIS включает три функциональных уровня, обмен информацией между которыми осуществляется посредством стандартизированных интерфейсов (рисунок 10.1).

Уровень оперативного управления содержит:

- интерфейсы пользователя для ввода команд и их трансляций на уровень централизации и для информации состояния системы на мониторах;
- диагностические устройства;
- коммуникационный интерфейс для подключения к верхним уровням систем.

Уровень централизации, включает в себя 2 компонента, выполняющие обработку данных верхнего уровня (данные по конфигурации, состоянию системы, топографии) и централизованные функции. Компоненты реализованы на безопасных средствах безопасной системы по схеме «2 из 3».

Исполнительный уровень на базе компьютеров районного управления содержит специфическое для железной дороги программное обеспечение и функциональные модули, предназначенные для управления напольными устройствами и организации контроля за ними. Управление и контроль цепей стрелочных приводов и светофоров осуществляется интегрированными исполнительными блоками напрямую. Аппаратные шкафы с компьютерами размещают на посту МПЦ. Альтернативным решением является поставка полностью смонтированных компьютеров в готовых строительных модулях.

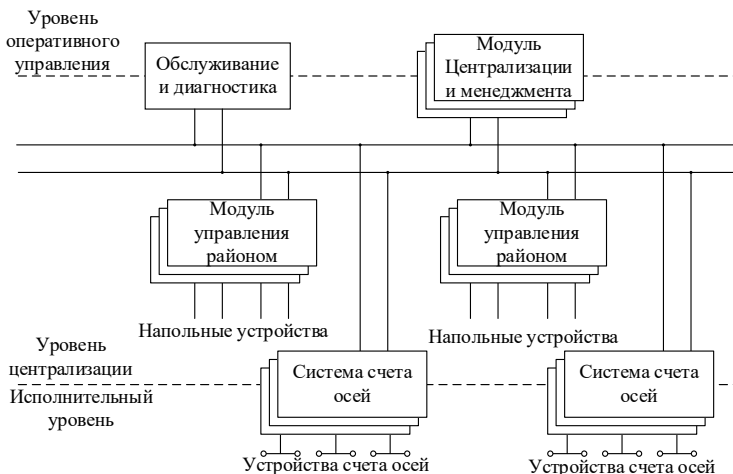


Рисунок 10.1 – Структура системы Simis W

**Японская система SMILE** (рисунок 10.2) существует в двух версиях: базовая система SMILE для крупных станций и производная версия Micro-SMILE для малых станций. В системе SMILE функции безопасности и функции, не связанные с безопасностью, реализуются в различных модулях. Безопасный процессорный модуль (fail-safe microprocessor-FSM) как единый компонент системы выполняет все функции, обеспечивающие безопасность движения поездов. Во втором модуле требования выполнения функций безопасности отсутствуют.

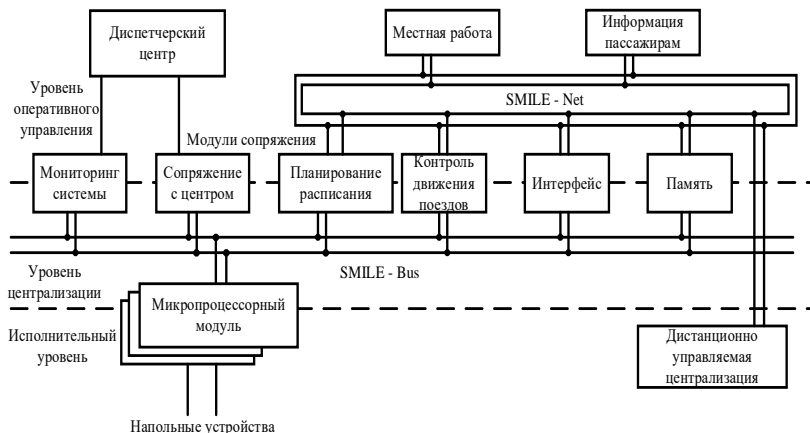


Рисунок 10.2 – Структура системы SMILE



Процессор работает с использованием принципа аппаратной избыточности «2 из 3» с идентичным программным обеспечением в каждом из каналов. Каналы работают синхронно. Благодаря высокой частоте проверок ошибки корректируются быстро, снижая вероятность двойных ошибок.

Кроме безопасного микропроцессорного модуля имеются устройства, к которым не предъявляются требования безопасности, например, модули сопряжения с диспетчерским центром, слежения за движением поездов и др.

Программное обеспечение структурировано в виде большого числа функциональных модулей, имеющих исходные данные и объединенных по географическому принципу.

АРМы оперативного управления не являются безопасными. Они могут быть размещены как в центре диспетчерского управления, так и на станции. Путевое развитие станции отображается в виде топографического плана подобно тому, как это делается и в других системах микропроцессорной централизации.

**Системы МПЦ типа SSI (фирма GEC) и типа WESTRACE (фирма Westinghouse)** разработаны в Великобритании и приняты в качестве стандарта для внедрения на ее железных дорогах и ряда стран Британского Содружества после адаптации к требованиям их железных дорог (рисунок 10.3).



Рисунок 10.3 – Структура системы SSI

Система SSI распространена в мире как система управления большими и средними станциями; она может управлять станционными районами и перегонами между станциями, не делая различий между ними, т. е. принцип маршрутной логики используется для управления движения поездов на перегонах. SSI построена на базе безопасного микропроцессорного модуля, работающего в режиме «2 из 3» с программным сравнением результатов обработки информации.

Для управления путевыми устройствами используются модули, функционирующие по принципу «2 из 2» и расположенные рядом с элементами, которыми они управляют (на расстоянии не более 180 м от объектов). Имеется стрелочный модуль для управления одной или двумя группами стрелок. Под группой понимаются стрелки, которые всегда переводятся вместе, например, спаренные. Для управления одним или двумя светофорами предусмотрен модуль сигналов, который оптимизирован для поездных и маневровых светофоров железных дорог Великобритании. Путевые модули передают управляющие приказы, считывают информацию из путевых устройств и проверяют входные и выходные цепи [10–13].

**Система централизации VPI** производится американской фирмой General Railway Signal (GRS), которая специализируется на системах с одноканальным техническим обеспечением. В принципах построения она имеет много общего с WESTRACE и распространена в США, странах Западной Европы и Азии.

VPI имеет три основных уровня: обработки команд; обеспечения безопасности; включения исполнительных устройств.

Центральный процессор является основой системы, другие процессоры выполняют вспомогательные функции. Для участковых станций со значительным числом объектов управления и контроля организуется обмен информации по линии последовательной передачи данных.

Предусмотрен также обмен информации между поездом и постовым оборудованием централизации. Для этого устанавливаются специальные модули, которые не имеют защиты от опасных отказов. С их помощью машинист имеет возможность устанавливать маршрут прохождения поезда.

Вывод управляющих команд и считывание информации о состоянии объекта происходит при помощи модулей безопасного ввода-вывода:

- считывания извещений;
- управления светофорными лампами;
- управления реле СЦБ (с одно- или двухполюсным отключением).

**АСС (Италия)** (рисунок 10.4) – микропроцессорная централизация, выпускаемая итальянской компанией Ansaldo STS. Версии АСС адаптированы к условиям железных дорог других стран (Великобритания, Бразилия, Китай и Индия).

Функции взаимозависимостей реализованы в центральном процессоре, который выполнен в виде избыточной структуры «2 из 3» с целью выполнения требований безопасности и повышения готовности. Контроль состояния и управление оборудованием в соответствующей зоне осуществляют контроллеры, выполненные в виде безопасной структуры «2 из 2». Они имеют полупроводниковый или релейный интерфейс с напольными устройствами. С центральным процессорным модулем контроллеры связаны через контроллеры районов управления, которые аппаратно реализованы в виде безопасной и избирательной структуры «2 по 2 из 2»».

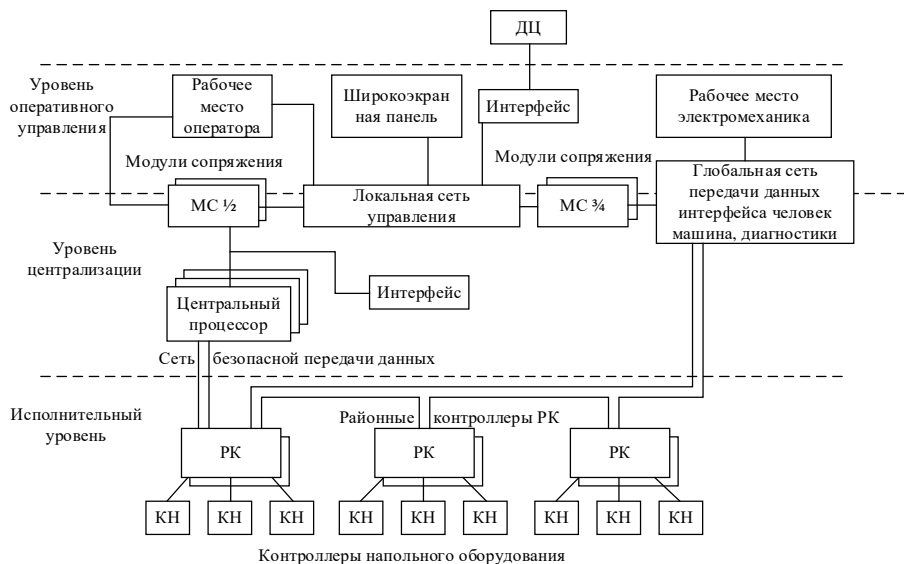


Рисунок 10.4 – Структура системы АСС

Не связанные с безопасностью функции диагностики и удаленного управления (сопряжение с рабочим местом оператора, регистрация событий и неисправностей) реализует отдельный модуль.

Территориально центральный процессорный и указанные выше модули находятся на распорядительном (центральном) посту, в то время как контроллеры районов управления и напольного оборудования могут размещаться на исполнительных постах. Дальность управления ограничивается максимальной допустимой длиной кабеля. В новой версии предусмотрено несколько зон управления, для каждой из которых выделяется определенное число исполнительных постов, которые соединяются с центральным процессором сетью безопасной передачи данных.

**Микропроцессорная централизация ESA-II (Чехия)** создана фирмой ООО «АЖД Прага» и этой же фирмой оборудование как единое целое было разработано, производится и поставляется. Все оригинальные части аппаратного оснащения и программное обеспечение являются интеллектуальной собственностью фирмы (рисунок 10.5).

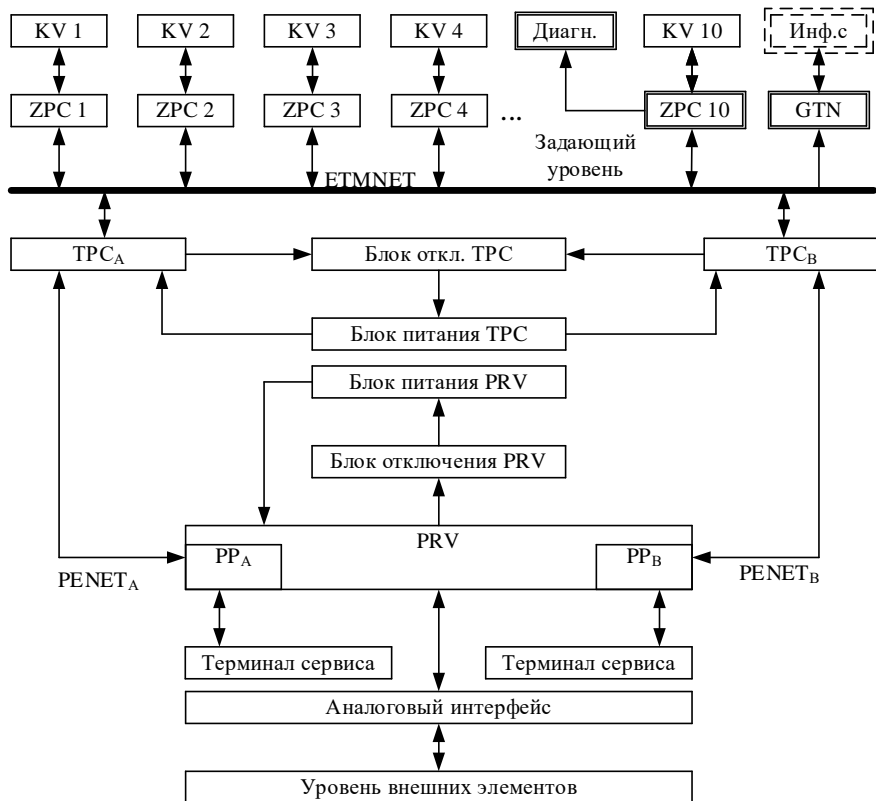


Рисунок 10.5 – Блочная схема ESA-11:

KV – клавиатура; ZPC – задающие компьютеры; TPC – технологические компьютеры; PRV – панель исполнительных компьютеров

МПЦ ESA-II с центральным процессором разработана для управления стрелками, светофорами и другими объектами СЦБ на железнодорожных станциях с маневровой работой при всех видах тяги. Она служит для обеспечения безопасности и управления движением поездов в соответствии с Европейскими и Чешскими электротехническими нормами, техническими

нормами железных дорог, основными техническими требованиями и служебными инструкциями как Чехии, так и других государств (Словакия, Индия, Болгария, Литва, Латвия).

ESA-11 состоит:

– из задающего уровня (АРМ ДСП, АРМ ШН, АРМ ДЦ, ZPC, диагностика);

– технологических компьютеров ТРС;

– исполнительных компьютеров PRV;

– уровня аналоговых интерфейсов;

– уровня внешних элементов;

– GTN (графическо-технологическая надстройка);

Все логические функции централизованного поста выполняются компьютерной частью. Составной частью системы является и аналоговый интерфейс, включающий в себя реле, применяемые как выключатели исполнительных сигналов к напольным элементам СЦБ (светофоры, привода и др.).

Устройства ESA-II могут быть взаимно соединены в большие комплексы диспетчерской централизации AZD DOZ и дополнены графическо-технологической настройкой (GTN), которая не является составной частью МПЦ, а служит только в качестве инструмента для управления движением поездов и электронного ведения транспортной документации. Составной частью ESA-II является подсистема внутренней диагностики.

Концепция безопасности системы основана на двукратной независимой обработке данных и последующем безопасном сравнении (компьютерная часть) и на использовании безопасных релейных подключений с реле первого класса надежности (реле типа Н).

Высокая надежность системы обеспечивается 100%-м резервированием компьютерного ядра и обслуживаемых рабочих мест, системой технологических и организационных мер в ходе производства нерезервированных исполнительных компьютеров.

**Система МПЦ – ЕМ.** Первая российская система МПЦ ЭЦ-Е была введена в опытную эксплуатацию в 1997 году на станции Шоссейная. В качестве технической основы для реализации функции ЭЦ разработчиком системы (ГТСС) был выбран управляющий вычислительный комплекс УВК ПС1001. На уровне подсистемы ввода-вывода УВК был доработан с учетом релейного интерфейса с исполнительными схемами и требований безопасности. Такая доработка в части сопряжения со схемами управления объектами ЭЦ потребовала достаточно большого количества реле (30 реле на одну стрелку). Принято решение разработать УВК для управления станционными объектами, в основу которого вошло алгоритмическое обеспечение системы ЭЦ-Е, и система получила название ЭЦ-ЕМ (рисунок 10.6).

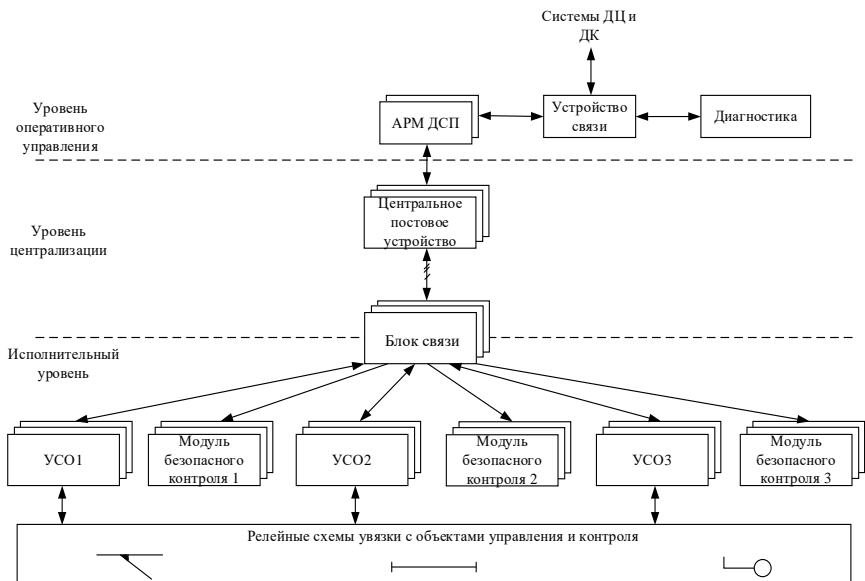


Рисунок 10.6 – Структура системы ЭЦ-ЕМ

Техническая структура системы ЭЦ-ЕМ предполагает трехканальное резервирование составных частей УВК на каждом уровне обработки информации от АРМ ДСП до устройств сопряжения с напольными объектами.

ЭЦ-ЕМ по расположению аппаратуры является централизованной. В ней реализован релейный интерфейс, поэтому сохранены релейные схемы непосредственного управления объектами и контроля за ними. Средствами микропроцессорной техники реализованы все функции, необходимые для безопасности управления технологическим процессом на станции. Вместе с тем построение ЭЦ-ЕМ на базе вычислительной техники позволило дополнить состав традиционных технологических функций ЭЦ рядом новых [14, 15].

К информационно-сервисным функциям, которые реализованы в системе, относятся:

- возможность накопления маршрутов;
- формирование различных сообщений о ходе технологического процесса и его протоколирования.

В системе предусмотрены три режима функционирования: основной, аварийный и вспомогательный. Она использует релейный интерфейс и осуществляет управление и контроль напольным оборудованием по обычному кабелю. Система ЭЦ-ЕМ внедрена на станциях Новый Петергоф, Назия и Жихарево Октябрьской железной дороги.

**Система МПЦ-2** на базе УВК ЭЦ-ЕМ разработана ОАО «Радиоавионика» и предназначена для централизованного управления объектами низовой и локальной автоматики на железнодорожных станциях. Она является единой для применения на всех малых, средних и крупных станциях. Система МПЦ-2 осуществляет в реальном времени сбор, обработку и хранение информации о текущем состоянии объектов ЭЦ [16]. Средствами микропроцессорной техники реализуются все функциональные задачи СЦБ. Технологическое программное обеспечение системы является универсальным и не зависит от плана станции. Настройка на конкретные варианты путевого развития производится при формировании базы данных.

Комплекс УВК конструктивно и программно ориентирован на управление и бесконтактными объектами низовой автоматики без дополнительных устройств согласования. Система МПЦ-2 оборудована АРМ ШН, предоставляющим информацию о состоянии комплекса УВК, напряжении рельсовых цепей, источниках питания, тока перевода стрелок и др. В состав МПЦ входят координационно-согласующее устройство КСУ для сопряжения с различными микропроцессорными системами АИТ.

**Система МПЦ-МЗ-Ф** была разработана в 2003 году фирмой ЗАО «Форатек АТ» (Москва) на стандартизированной системной платформе SIMIS EСС с соблюдением условий безопасности [17].

Она представляет собой централизованный комплекс для дистанционного управления и контроля состояния станционных объектов, выдачи ДСП оперативной, архивной и нормативно-справочной информации с протоколированием работы устройств и действий персонала. МПЦ-МЗ-Ф позволяет организовать удаленное управление смежными станциями, использовать счетчики осей для контроля свободности/занятости участков станции.

В системе применяются три процессорных модуля, работающие по схеме «2 из 3». На АРМах отображается состояние всех контролируемых объектов станции и осуществляется контроль и диагностика технических средств на станции и перегонах. Предусмотрены три режима работы: основной, вспомогательный, аварийный. К основным режимам относятся маршрутный и раздельный способы управления. При невозможности реализации команд раздельного или маршрутного способа управления непосредственно в момент задания происходит сброс команды.

В качестве элемента оконечного интерфейса между системой и напольным оборудованием используются микропроцессорные модули управления стрелочными электроприводами и светофорами, которые обладают целым рядом технических преимуществ перед релейными схемами управления и контроля. Прикладное (технологическое) ПО в системе является полностью российским, что позволяет в случае замены производителя или поставщика полностью адаптировать ПО к новому оборудованию.

## **11 СИСТЕМЫ МПЦ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

### **11.1 Направления модернизации систем ЭЦ в Республике Беларусь**

Модернизация систем железнодорожной автоматики и телемеханики в Республике Беларусь производится по двум направлениям: приобретение зарубежных систем, имеющих положительные результаты эксплуатации; разработка собственных систем, отвечающих современным требованиям.

Приобретение зарубежных систем позволяет достаточно быстро (при наличии собственных средств) провести необходимую модернизацию выработавших ресурс СЖАТ. На Белорусской железной дороге имеется определенный опыт внедрения и даже организации производства современных СЖАТ, разработанных за рубежом.

Создание собственной системы МПЦ требует значительного срока разработки. Однако наличие отечественной системы кроме снижения стоимости и эксплуатационных затрат имеет ряд преимуществ: реализация их производства на отечественных предприятиях; возможность подготовки и обучения персонала для технического обслуживания и сопровождения; обеспечение экономической независимости и др.

В 2002 году было принято решение о создании микропроцессорной централизации стрелок и сигналов «Путь». Разработка системы была завершена и с мая 2007 была включена в опытную, а в 2011 году в постоянную эксплуатацию на станции Ипуть.

Одновременно в 2007 году на Белорусской железной дороге была включена в эксплуатацию система МПЦ ESA-11, разработанная фирмой ООО «АЖД Прага» (Чехия). В настоящее время она адаптирована к условиям и требованиям Бел. ж. д. и получила широкое внедрение. Некоторая часть аппаратуры МПЦ производится на предприятиях Республики Беларусь. Программное обеспечение является интеллектуальной собственностью фирмы. Следующей системой, разработанной отечественными специалистами (КТЦ Бел. ж. д.), явилась МПЦ «Днепр». Создание системы было завершено внедрением ее на станции Гатово. Ввиду отсутствия подробных сведений о последних двух системах (данных о результатах эксплуатации их с анализом причин отказов, направлениях и возможностях их дальнейшего совершенствования и т. д.), приведенных в доступных для широкого круга специалистов публикациях, провести достоверный и подробный анализ и сравнение их структур и функций здесь не предоставляется возможным.

В Республике Беларусь внедрены также системы МПЦ российского производства: МПЦ Ebilock-950 и МПЦ-И. Система Ebilock-950 получила распространение на железных дорогах мира. История ее развития и совершенствования является примером положительного опыта внедрения, производства, обслуживания и сопровождения зарубежной системы МПЦ.



## 11.2 Микропроцессорная централизация МПЦ-И

Система разработана специалистами «Промэлектроника» (г. Екатеринбург) и также явилась одной из современных МПЦ, внедряемых на железных дорогах и предприятиях России. В публикациях, размещенных как в российских, так и в зарубежных источниках, имеются отзывы о работе этих систем, результатах эксплуатации, сопровождения и предложения по их совершенствованию.

**Структура МПЦ-И.** Система является функциональным аналогом релейной централизации. Комплекс программных и аппаратных средств МПЦ-И имеет многоуровневую структуру и включает в себя следующие компоненты (рисунок 11.1) [18, 19]:

- управляющий контроллер централизации (УКЦ) с программой логики центральных зависимостей для осуществления маршрутизированных передвижений по станции;

- систему гарантированного питания микроэлектронных систем или устройства электропитания микропроцессорных и релейнопроцессорных систем (СГП-МС, УЭП-МПК);

- телекоммуникационный шкаф (ШТК);

- релейно-контактные устройства;

- пульт-табло резервного управления (РУ);

- напольные устройства;

- автоматизированное рабочее место дежурного по станции для задания управляющих команд и визуализации поездной ситуации;

- автоматизированное рабочее место электромеханика для обеспечения возможности удаленного мониторинга состояния объектов МПЦ-И;

- пульт резервного управления для прямопроводного управления стрелками при возникновении неисправности АРМ ДСП или УКЦ (управляющих контроллеров централизации);

- аппаратуру контроля свободности/занятости участков пути, схемы коммутации стрелок, светофоров, схемы увязки с другими устройствами (АБ, АПС и пр.).

К аппаратуре уровня управления относятся АРМ ДСП (основной и резервный). Кроме того, в системе предусмотрен пульт резервного управления для прямопроводного управления стрелками при возникновении неисправности обоих комплектов АРМ ДСП или других отказов в системе. На экранах мониторов АРМ отображается оперативная информация о ходе технологического процесса и состоянии объектов управления. Дежурный по станции имеет возможность вводить управляющие команды с помощью органов управления комплектов АРМ ДСП, размещаемых на рабочем месте.

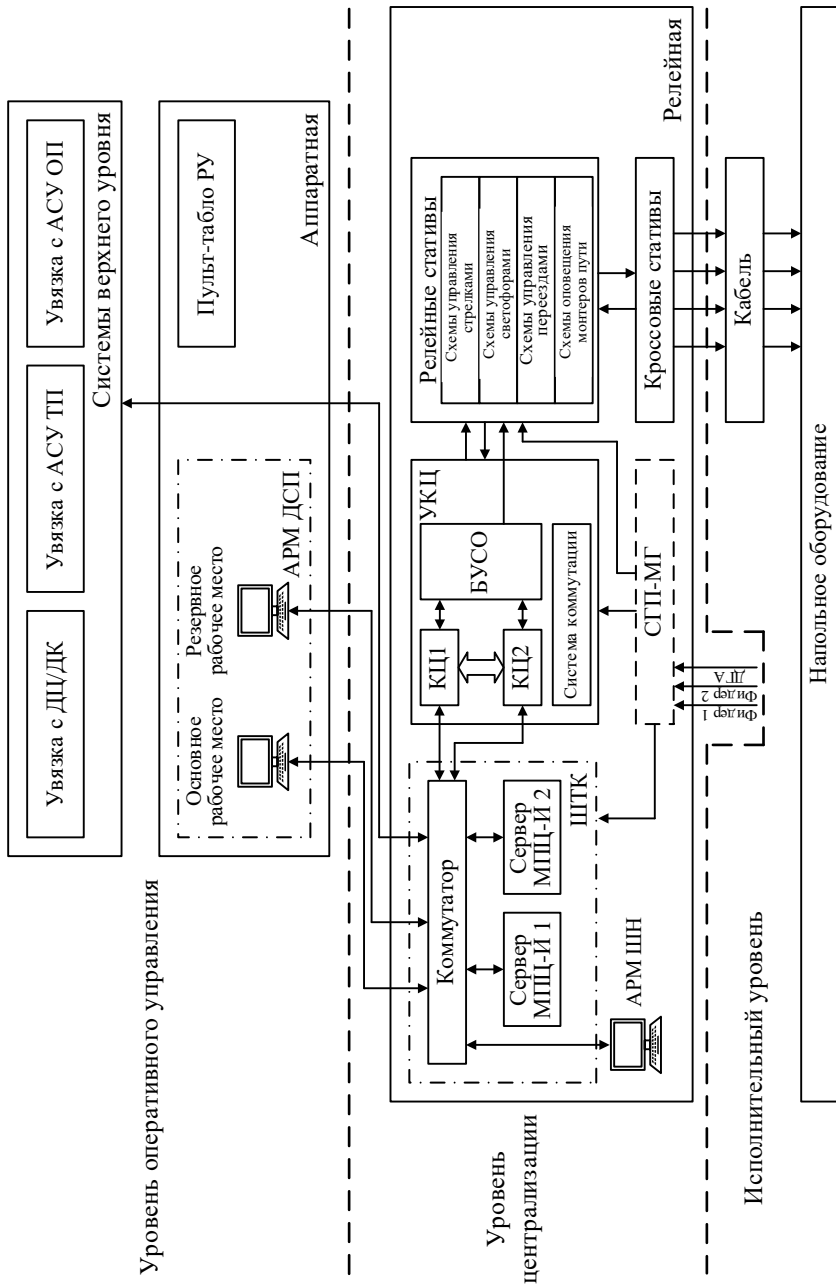


Рисунок 11.1 – Микропроцессорная централизация МПЦ-И

Уровень централизации представлен в виде УКЦ, которые выполняют все зависимости логики электрической централизации. Для повышения безопасности системы в составе УКЦ имеются два контроллера КЦ1 и КЦ2, параллельно выполняющие программы на основе операционной системы реального времени. Число УКЦ на станции зависит от ее размеров.

Сравнение управляющих воздействий, формируемых каждым из контроллеров, производится по алгоритму «2 из 2» с помощью УСО.

К исполнительному уровню можно отнести объекты управления УКЦ. В системе ими являются реле 1-го класса надежности, на основе которых выполнены схемы управления стрелками, светофорами и другими устройствами СЦБ. Релейные схемы логических функций уровня централизации не выполняют, а используются только как безопасные элементы силовой коммутации. Объектами контроля являются контакты реле 1-го класса надежности, контролирующие состояние объектов управления.

По расположению аппаратуры система является централизованной – УКЦ, ШТК, релейные и кроссовые стивы, СГП-МС размещаются на посту централизации.

Структура МПЦ-И позволяет неограниченно наращивать число УКЦ и управлять станциями с любым количеством стрелок. Первый УКЦ обеспечивает управление 30 стрелками, второй и последующие – дополнительно 45 стрелками каждый. При этом обеспечиваются увязка с существующими устройствами полуавтоматической и автоматической блокировки, а также интеграция современных систем интервального регулирования.

**Функции системы МПЦ-И.** Система МПЦ-И реализует все функции централизации, необходимые для безопасного управления технологическим процессом на станции:

- установка, размыкание и отмена маршрутов;
- управление показаниями светофоров;
- кодирование маршрутов с проверкой всех условий безопасности;
- разделка угловых заездов при маневровых передвижениях;
- подача извещения на переезды;
- включение пригласительного сигнала;
- индивидуальный перевод и автовозврат остряков стрелок;
- искусственное размыкание секций;
- выключение стрелок и изолированных участков с сохранением пользования сигналами;
- ограждение приемо-отправочных путей;
- управление системами оповещения путевых бригад;
- передача стрелок на местное управление и их возврат к централизованному управлению.

Кроме традиционных функций электрической централизации система МПЦ-И выполняет ряд новых функций технологического и информационно-сервисного характера:

- логический контроль занятия путей и участков пути маршрутным порядком и их последующего освобождения маршрутным порядком для исключения возможности повторного открытия светофора на ложно освободившийся (при прекращении шунтирования) путь или участок пути;
- установка маршрута без открытия светофора;
- индивидуальная выдержка времени для каждого открываемого светофора;
- индивидуальный отсчет выдержки времени для каждого отменяемого маршрута и размыкаемой секции;
- непрерывное протоколирование действий эксплуатационного персонала по управлению объектами и всей поездной ситуации на станции и прилегающих к ней перегонах;
- вывод на экран монитора АРМ ДСП различных сообщений о ходе технологического процесса;
- ввод управляющих команд с помощью манипулятора;
- возможность управления многопрограммной очисткой стрелок.

Централизованное управление технологическим процессом на станции обеспечивается возможностью совмещения в одном комплексе технологических функций ЭЦ, связи с объектом и связи с оперативно-технологическим персоналом – АРМ ДСП, АРМ ШН и др.

Безопасность микропроцессорных систем СЦБ может обеспечиваться путем программной или аппаратной избыточности. В первом случае используется один микрокомпьютер, в котором каждая задача последовательно во времени решается два раза: вначале по одной программе, а затем по другой (диверситетные программы), либо несколько микрокомпьютеров с одинаковыми программами. Для контроля правильности работы каналов используется аппаратное и программное сравнение результатов выполнения отдельных команд или решения отдельных задач. Это позволяет обеспечивать:

- независимость отказов в однотипных элементах функционально избыточных структур;
- защита системы от сбоев и отказов;
- исключение возможности накопления отказов;
- контроль правильности работы программного обеспечения.

Система МПЦ-И реализована как двухканальная или трехканальная (работающая по принципу «2 из 3») структура с умеренными связями (два или три одинаковых контроллера с одинаковым программным обеспечением). В ней используется защищенный интерфейс с исполнительными объектами (безопасные устройства сопряжения с объектами – УСО).

Система МПЦ-И оснащена резервируемой системой управления и визуализации на базе компьютеров с клавиатурами и мониторами (либо проекционной установкой, в зависимости от размеров станции). При неисправностях управляющего контроллера централизации или АРМ дежурного по станции может использоваться пульт прямопроводного управления. В режиме резервного управления происходит аппаратное блокирование управляющих воздействий УКЦ.

В системе реализовано два режима работы: основной (ОУ) и резервный (РУ). В режиме ОУ реализовано два способа управления:

- маршрутное управление, при котором задание маршрута осуществляется путем ввода команд начала, промежуточных точек (при вариантном маршруте) и конца маршрута;
- раздельное управление, при котором установка маршрута осуществляется путем индивидуального управления объектами.

Пульт резервного управления позволяет:

- контролировать свободность/занятость путевых участков станции;
- переводить стрелки с контролем занятости стрелочных участков;
- выполнять ручное групповое замыкание стрелок;
- управлять пригласительными огнями светофоров.

Переход системы в режим резервного управления происходит при нажатии соответствующей кнопки, расположенной на пульте резервного управления, при этом происходит программное и аппаратное блокирование УКЦ. В этом режиме для того, чтобы гарантированно исключить подачу управляющих воздействий от УКЦ, аппаратно снимается питание с входов УСО.

### **Управляющий контроллер централизации**

Аппаратно каждый КЦ состоит:

- из модуля центрального процессора МПЦ;
- базовых модулей с установленными на них мезонинами ввода-вывода;
- модуля последовательного интерфейса МПИ;
- блока стабилизированного питания.

Функционально каждый КЦ состоит из системы ввода информации, центрального процессора и системы вывода информации. В свою очередь система ввода информации представляет собой программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий требуемую степень достоверности информации и диагностику исправности любой из частей данного комплекса.

Вводимая в УКЦ информация подразделяется на два вида: информация, влияющая на безопасность, и непосредственно не влияющая на безопасность движения поездов (диагностика и т. п.).

Для безопасного ввода информации каждый контроллер программно формирует тестовые сигналы.

КЦ1 формирует сигналы ТФ1, ТТ1; КЦ2 формирует сигналы ТФ2, ТТ2. Сигналы П-ТФ1, П-ТТ1 используются для ввода информации в КЦ1, сигналы П-ТФ2, П-ТТ2 – для ввода информации в КЦ2 (рисунок 11.2).

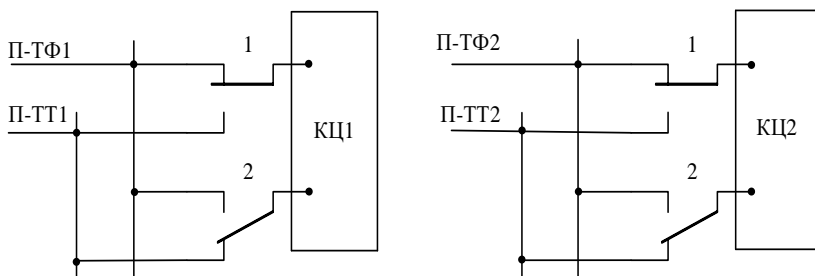


Рисунок 11.2 – Схемы безопасного ввода информации

Работа системы ввода информации в контроллеры происходит следующим образом. В начале цикла управляющая программа формирует высокий уровень тестового сигнала П-ТФ1 (П-ТФ2) и низкий уровень тестового сигнала П-ТТ1 (П-ТТ2), опрашивает все входы МП КЦ1 (КЦ2) и по наличию высокого уровня сигнала фиксирует замыкание фронтowych контактов, включенных в данный момент времени интерфейсных реле. Затем управляющая программа формирует низкий уровень сигналов П-ТФ1 (П-ТФ2) и П-ТТ1 (П-ТТ2), опрашивает все входы МП КЦ1 (КЦ2) и по наличию низкого уровня сигнала фиксирует исправность формирователей тестовых сигналов и каналов ввода. В следующий момент времени управляющая программа формирует низкий уровень тестового сигнала П-ТФ1 (П-ТФ2) и высокий уровень тестового сигнала П-ТТ1 (П-ТТ2), опрашивает все входы МП КЦ1 (КЦ2) и по наличию высокого уровня сигнала фиксирует замыкание тыловых контактов, выключенных в данный момент времени интерфейсных реле.

На основании трех опросов управляющая программа делает вывод об исправности всех цепей ввода информации и о состоянии всех объектов контроля. Полностью диагностируются такие виды отказов, как:

- неисправность формирователей тестовых сигналов: П-ТФ1, П-ТТ1, П-ТФ2, П-ТТ2;
- обрыв и короткое замыкание монтажных проводов;
- «непропускание», «залипание», «мостовое замыкание» контактов;
- отказы каналов ввода типа «константа 1», «константа 0», «инверсия».

В случае отрицательных результатов диагностики входов логика централизации принимает решение о переводе объектов управления в безопасное «защитное» состояние.

Второй тип ввода может выполняться как с использованием контактов интерфейсных реле, так и непосредственно подачей потенциалов с объектов

управления. Наличие высокого потенциала программа фиксирует как замкнутое состояние соответственного контакта; отсутствие высокого потенциала – как разомкнутое состояние контакта соответственно.

Центральный процессор (ЦП) по заложенной в него управляющей программе централизации обрабатывает полученную информацию и выдает управляющие воздействия на платы вывода. Второй важной функцией ЦП является организация сетевых взаимодействий по ЛВС с основным и резервным АРМ ДСП, АРМ ШН. Подключение ЦП к внешним устройствам осуществляется посредством монтажного блока МП МЦП.

Система вывода информации УКЦ представляет собой программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий требуемую степень безопасности управления объектами и диагностику исправного состояния частей данного комплекса. Выводимая из УКЦ информация подразделяется на два вида:

- информация, влияющая на безопасность движения поездов непосредственно или косвенно и способная оказать влияющие воздействия на работу объектов управления при отказах.
- информация, не влияющая на безопасность движения поездов (сервисные сигналы и т. п.).

В зависимости от вида выводимой информации в МПЦ-И применяются два типа подключения объектов управления.

Первый тип подключения выполняется при помощи УСО, каждое из которых рассчитано аппаратно на два независимых канала управления, по которым сигналы с выходов КЦ1 и КЦ2 передаются на входы УСО при принятии решения на включение объекта. При наличии управляющего сигнала на двух входах канала управления УСО формируется управляющий сигнал с номинальным значением напряжения 24 В и максимальным током нагрузки 200 мА. Если при наличии управляющего сигнала на обоих входах канала управления напряжение на выходе данного канала не соответствует норме, то УСО выдает сигнал неисправности на выход.

Второй тип подключения для сигналов, не связанных с обеспечением безопасности движения поездов, выполняется непосредственно подключением объектов к выходам контроллеров КЦ1 и КЦ2. В режиме резервного управления питание с входов УСО снимается аппаратно.

Управляющий контроллер централизации УКЦ конструктивно состоит из: шкафа управления (ШУ) с расположенным в нем системой коммутации внешних подключений; двух контроллеров КЦ1 и КЦ2; устройств сопряжения с объектами.

В свою очередь каждый КЦ аппаратно состоит из монтажного блока; модулей подключения (МП); модуля центрального процессора (МПЦ); модулей базовых с мезонинами ввода/вывода; модуля последовательного интерфейса (МПИ) и блока стабилизированного питания (БПС).

Модуль подключений (МП) имеет шестнадцать 4-контактных разъемов, каждый из которых коммутирует по два дискретных канала ввода. Платы ввода включают в себя до 32 отдельных изолированных каналов дискретного ввода, которые посредством монтажного блока КЦ электрически соединяются с соответствующими разъемами модуля подключений.

Электропитание осуществляется напряжением переменного тока 380 В и частотой 50 Гц через устройство коммутации первичного напряжения и систему бесперебойного электропитания. Это обеспечивает непрерывную работу МПЦ-И при пропадании и последующем появлении напряжения на любом из двух фидеров (рисунок 11.3).

Блок БПС предназначен для формирования стабилизированных вторичных источников напряжения для работы КЦ. Первичным источником для БПС является однофазный источник (бесперебойное питание 220 В, 50 Гц), который формируется питающей установкой СГП-МС-10Т.

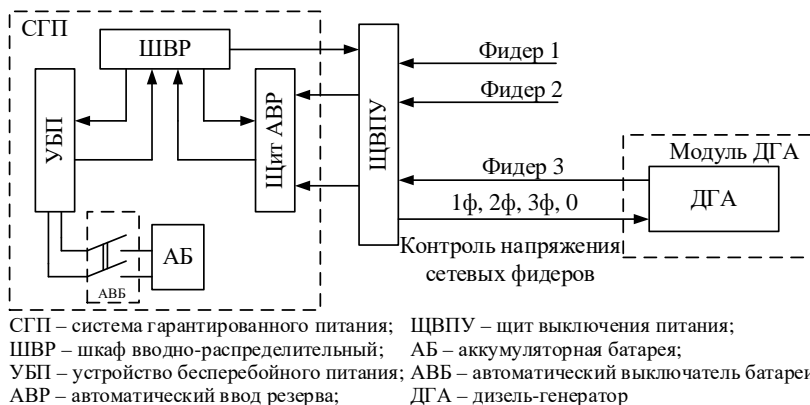


Рисунок 11.3 – Электропитание МПЦ-И

Аппаратными частями системы вывода информации являются:

- интерфейсные реле или собственные входы объектов управления;
- устройства сопряжения с объектами УСО;
- модули подключений, установленные в монтажных блоках КЦ и предназначенные для подключения к КЦ внешних цепей и организации электропитания выходных каскадов;
- платы полупроводникового и релейного вывода, установленные в монтажных блоках КЦ и предназначенные для получения информации от модулей центральных процессоров и выдачи управляющих воздействий.

Платы полупроводникового вывода могут включать в себя 32 отдельных изолированных канала дискретного вывода типа «открытый коллектор» или



«открытый эмиттер»), способных коммутировать нагрузки постоянного тока ( $U = 30 \text{ В}$ ,  $I_{\max} = 1 \text{ А}$ ). Каналы посредством монтажного блока электрически соединяются с соответствующими разъемами модуля подключений МП.

Платы релейного вывода подобны полупроводниковым, за исключением выходных цепей. Выходная цепь выполнена в виде замыкающего контакта реле, способного коммутировать нагрузку постоянного и переменного тока ( $U_{\max} = 253 \text{ В}$ ,  $I_{\max} = 1 \text{ А}$ ).

Для плат полупроводникового и релейного вывода используются модули подключения, рассчитанные также на нагрузку постоянного и переменного тока  $U_{\max} = 253 \text{ В}$ .

Система МПЦ-И применяется в различных вариантах: МПЦ с объектными контроллерами; МПЦ с УСО и релейной силовой коммутацией; МПЦ с удаленным управлением малыми станциями. Таким образом, применять микропроцессорные централизации экономически эффективно не только на крупных станциях.

Применение в МПЦ-И средств современной вычислительной техники в сочетании с высоконадежным релейным интерфейсом, построенном на минимальном количестве реле, позволяет сократить площади помещений, требуемых для размещения оборудования МПЦ-И, и достичь значительного экономического эффекта в процессе эксплуатации. Принципиальные схемы включения реле в основном аналогичны принципиальным схемам включения устройств в релейных системах ЭЦ. Соединение напольных и внутрипостовых кабелей выполняется на кроссовых стативах, которые выбираются из числа типовых.

Экономический эффект при внедрении МПЦ-И на участке из нескольких последовательно расположенных станции возникает за счет экономии эксплуатационных расходов, связанных с показателями работы подвижного состава, технического обслуживания и ремонта устройств СЦБ; снижения энергозатрат и прочих ресурсов [19].

### **11.3 Микропроцессорная централизация Ebilock-950**

Первая микропроцессорная централизация Ebilock-750 была внедрена в Швеции в 1978 году. В системе следующего поколения Ebilock-850 были применены объектные контроллеры на микропроцессорной базе. С июня 2000 г. в режиме постоянной эксплуатации включена система Ebilock-950 на станции Калашниково (Россия). В настоящее время эта система является наиболее распространенной микропроцессорной системой ЭЦ на сети дорог России. Ей было оборудовано свыше 200 станций российских железных дорог. В Республике Беларусь системой Ebilock-950 оснащена одна станция.

**Эксплуатационно-технические характеристики системы.** Характеристики системы Ebilock-950 соответствует всем эксплуатационно-техническим характеристикам, предъявляемым к системам электрической

централизации [20–23]. Вместе с тем в МПЦ улучшены эксплуатационные свойства за счет реализации ряда дополнительных функций:

- блокировка стрелок в определенном положении по команде оператора, после чего невозможен перевод стрелки или использование ее в маршруте в положении, отличающемся от заблокированного;
- блокировка секции по команде оператора с исключением возможности открытия сигнала для маршрута через данную секцию;
- установка поездного маршрута с автоматическим действием сигналов;
- контроль горения запрещающих показаний на маневровых светофорах прикрытие при задании поездных маршрутов. Открытие светофора в поездном маршруте происходит только при горении на маневровом светофоре прикрытие запрещающего показания, если до этого светофора установлен маршрут. После открытия поездного светофора контроль запрещающего показания маневрового светофора прикрытие исключается.

Программно-аппаратными средствами АРМ ДСП реализован ряд информационно-сервисных функций, связанных с визуализацией и протоколированием действий ДСП, состояния напольного оборудования, неисправной работы технических средств МПЦ. В системе предусмотрен режим вспомогательного управления, в который переходят при частичной неработоспособности устройств МПЦ, отказах объектов управления и кабельной сети станции. В этом режиме соблюдаются особые условия взаимодействия оператора и системы МПЦ, например, однозначно воспринимаемая четкая, понятная индикация действий и повторные запросы от системы к ДСП.

Обязательное требование от системы к оператору – указание причины работы во вспомогательном режиме, которое должно быть зарегистрировано. В данном режиме обеспечивается индивидуальный перевод стрелки при ложной занятости стрелочной рельсовой цепи и установке маршрута без открытия разрешающего показания светофора.

МПЦ может быть реализована в двух вариантах: с централизованным и децентрализованным размещением аппаратуры управления напольными устройствами (система объектных контроллеров (СОК)). Во втором варианте СОК распределяется по станции вблизи объектов управления.

Один комплект процессора и модуля централизации (ПМЦ) может управлять 150 логическими объектами (приблизительно станцией в 40–60 стрелок). На один ПМЦ подключается до 12 петель связи, по 15 концентраторов в каждой петле связи. В системе предусмотрено полное резервирование постовых устройств и применение собственных источников электропитания, рассчитанных на автономную работу в течение не менее 0,5 ч.

**Структура системы Ebilock.** Структура системы Ebilock-950 состоит из трех уровней: уровень оперативного управления, уровень централизации и исполнительный уровень (рисунки 11.4).

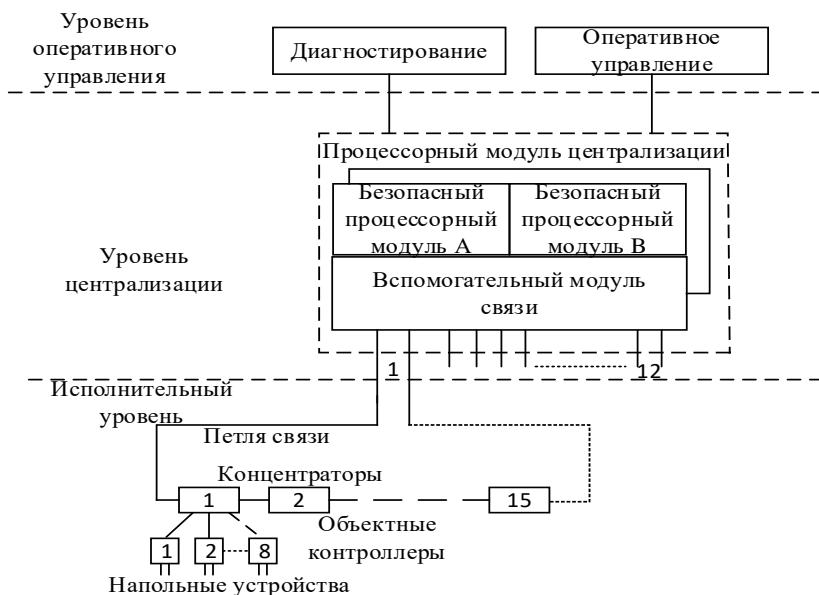


Рисунок 11.4 – Структурная схема МПЦ Ebilock-950

В состав уровня оперативного управления входит АРМ ДСП, основными функциями которого являются: отображение путевого развития станции с индикацией текущего состояния объектов контроля и управления; обработка команд ДСП; регистрация событий; обработка сигналов об неисправностях; отображение журнала событий, списка неисправностей. В качестве аппаратной реализации АРМ ДСП используется стандартный персональный компьютер.

Логические зависимости между станционными объектами осуществляются на уровне централизации в соответствии с требованиями безопасности движения поездов. Технической основой этого уровня является процессорный модуль централизации (ПМЦ), структура которого обеспечивает заданные параметры безотказности и безопасности. ПМЦ состоит из двух компьютеров, один из которых находится в работе, а другой – в «горячем» резерве.

В состав каждого компьютера входят два канала обработки информации. Функции, к которым предъявляются требования безопасности, реализуются в двух независимых каналах, а функции, связанные с поддержанием интерфейса внешних устройств и системы СОК, обеспечивает сервисный процессор.

Исполнительный уровень представляет собой систему объектов контроллеров, служащую для непосредственного контроля и управления стан-

ционными объектами. К этому уровню можно отнести и подсистему диагностики, которая предоставлена в виде терминала электромеханика АРМ ШН. Сюда поступает информация о различных неисправностях в системе. Пользовательские интерфейсы и общие принципы построения АРМ ДСП и АРМ ШН во многом схожи. В АРМ ШН сокращен набор допустимых команд и мнемосхема станции.

**Процессорный модуль** содержит два синхронно работающих процессорных блока централизации: один функционирует в рабочем режиме, а другой – в резервном. Резервный модуль не влияет на функционирование рабочего, но к нему непрерывно поступает информация со стороны системного программного обеспечения о состоянии рабочего процессора и в случае его сбоя резервный берет на себя всю обработку информации и другие функции МПЦ.

Внутри каждого процессорного блока находятся по два обособленных безопасных процессорных модуля (А и В), параллельно выполняющие собственные программы по проверке всех зависимостей централизации. Каждый блок имеет собственный микропроцессор, память и двунаправленный канал. Разные версии алгоритма работы обеспечивают корректность выполнения зависимостей централизации.

Обработка логики централизации происходит циклически. На каждый цикл отводится около 0,3 с, в течение которого осуществляется сбор информации, ее обработка, формирование приказов в систему объектных контроллеров, передача информации в АРМ ДСП и другие устройства МПЦ для их реализации.

Для обеспечения достоверности в вычислительных каналах ПМЦ используются диверситетные версии программного обеспечения в каналах А и В. В каждом цикле производится:

- сравнение входных, промежуточных и выходных данных;
- контроль версии используемого ПО и его целостности;
- контроль динамики и актуальности обрабатываемой информации;
- контроль временных параметров программы и последовательности выполнения программных модулей;
- контроль памяти программ и оперативной памяти.

**Система объектных контроллеров** поддерживает два интерфейса: с ПМЦ и с напольными устройствами. В систему входят: петля связи между ПМЦ и концентраторами; концентраторы (УКП); канал связи УКП с контроллерами ОК; кабели между ОК и напольным оборудованием. Петля связи, УКП и система связи с ОК является только средой передачи данных.

Распределенная структура системы объектных контроллеров позволяет размещать ее в том же помещении, что и центральный компьютер или в непосредственной близости от контролирующего напольного оборудования.

Использование этого решения позволяет минимизировать стоимость многопроводных сигнально-блокировочных кабелей за счет сокращения их длины и более широкого применения телекоммутиационных кабелей.

Петля связи с концентраторами представляет собой четырехпроводный кабель, подключаемый к внутренним модемам. Обычно МПЦ взаимодействует с концентраторами с одной стороны петли, передавая информацию и контролируя с другой. В случае повреждения кабеля ПМЦ автоматически изолирует его поврежденный участок, обеспечивая связь с концентраторами с обеих сторон петли.

Концентратор является промежуточным передаточным звеном между модулем ввода/вывода ПМЦ и объектными контроллерами. Для установки одного или более концентраторов с соответствующим количеством объектных контроллеров и необходимых источников питания используются шкафы объектных контроллеров. В зависимости от размера и сложности станции один шкаф объектных контроллеров может управлять и контролировать как отдельный район станции, так и целую станцию.

Концентратор обеспечивает обмен информацией между портом петли связи и объектными контроллерами. Он также может использоваться как восстанавливающий повторитель для усиления сигнала в том случае, если расстояние между объектными контроллерами слишком велико. В связи с тем, что концентратор абсолютно «прозрачный» с точки зрения обмена сообщениями между объектными контроллерами и центральным устройством централизации, к нему не предъявляются требования по обеспечению безопасности.

Каждый концентратор состоит из двух коммутационных модулей (один модем на модуль). Для повышения готовности системы обеспечивается избыточное резервирование в виде второго микропроцессора. Это означает, что передача информации может продолжаться без нарушений в случае какого-либо аппаратного отказа. Однако в случае пропадания питания центральное устройство централизации автоматически изолирует отказавший концентратор и реконфигурирует петлю связи таким образом, чтобы обеспечить связь с остальными концентраторами с обеих ее сторон.

Объектный контроллер (ОК) – устройство с необходимым набором интерфейсных модулей для управления и контроля состояния специфичного типа напольного оборудования. Он принимает от УКП передаваемую ПМЦ информацию и преобразует в электрические сигналы для управления объектами. Принятые от них сигналы он преобразует в телеграммы, которые через концентраторы передаются в ПМЦ.

ОК оборудован микропроцессорами для выполнения функций управления соответствующими устройствами СЦБ и электронными блоками сопряжения с электронными или электрическими исполнительными модулями напольных объектов.

Сигнальный ОК обеспечивает возможности управления сигнальными показаниями светофоров с одновременным контролем состояния сигнальных цепей (ламп):

- снижение сигнальных показаний. Переключения на более запрещающие, например, в случае обнаружения неисправности и невозможности включения требуемого показания;

- контроль яркости свечения. Выходное напряжение может быть переключено между высоким и низким уровнями – день / ночь;

- контроль состояния цепей. Могут быть проконтролированы: включено, выключено, обрыв в цепи (например, перегорание нити лампы) и короткое замыкание;

- проверка холодных нитей. Обрыв в цепи может быть определен по выключенной нити светофорной лампы;

- переключение на резервную нить для двухнитевых ламп;

- мигающие сигнальные показания с predetermined параметрами и контролем их соответствия;

Основные функции стрелочных ОК:

- управление однофазными, трехфазными и двигателями постоянного тока;

- непосредственные включения двигателей без дополнительных промежуточных элементов;

- координированное управление несколькими электроприводами положений стрелок;

- переключение с централизованного управления на местное, и наоборот.

Основной задачей контроля состояния контактов является достоверное определение состояния различного типа релейных интерфейсов и подобных устройств. ОК безопасного ввода/вывода обеспечивает управление выходным напряжением, контроль состояния контактов схем и управление реле первого класса надежности. Типичными примерами использования контроллеров данного типа является построение схем увязки с другими системами и устройствами (счетчики осей, автоблокировка, переездная сигнализация и т. д.).

ОК неотвеченного ввода-вывода обеспечивает управление выходным напряжением для схем и устройств, не предъявляющих специальных требований по безопасности. Типичными примерами применения этого типа контроллеров является построение систем обогрева и обдува стрелок.

В рельсовых цепях задача контроля их состояния состоит в определении свободности/занятости. В случае проследования короткой подвижной единицы (потери шунта) вводится временная задержка на изменение состояния рельсовой цепи с занятого на свободное. Для предотвращения нежелательного изменения состояния контактов («дребезг») можно использовать определенное время для их диагностики. ОК неотвеченного ввода / вывода применяют для таких устройств, как обдувка, обогрев стрелок и т. д.

**Электропитание системы Ebilock-950.** Наличие вычислительных средств в составе систем ЭЦ предъявляет дополнительные требования к электропитанию. Электронное оборудование компьютерных систем ЭЦ в процессе эксплуатации оказывается под воздействием различных электромагнитных помех, большая часть которых распространяется по цепям электропитания. Применение двух независимых фидеров питания позволяет только значительно снизить вероятность полного пропадания сетевого напряжения, но остается зависимость этой системы от качества напряжения.

Избежать отказов по причине качества этого напряжения позволяет использование в МПЦ устройств бесперебойного питания, гарантирующих параметры питающего напряжения в жестких пределах (напряжение  $\pm 1\%$ , частота  $\pm 0,1\%$ ) и избавиться от всякого рода помех.

Электропитание устройств МПЦ осуществляется от двух или трех независимых источников, при этом возможно использование ДГА. При децентрализованной системе возможны два варианта питания:

- устройства электропитания размещаются на посту ЭЦ, а установленные в модулях объектных контроллеров (МОК) устройства связаны силовыми (основными и резервными) кабелями, прокладываемыми в разных траншеях;
- пост ЭЦ и МОК оборудуются автономными устройствами электропитания.

Устройства бесперебойного питания с необслуживаемой аккумуляторной батареей обеспечивают питание всех устройств МПЦ (ПМЦ, АРМ, объектные контроллеры, концентраторы и напольные устройства АИТ станции). УБП гарантирует в течение заданного времени резервирование питания и защиту МПЦ от любого рода электрических воздействий, в том числе скачков и провалов напряжения.

Существует также дополнительный режим работы УБП, называемый байпасом, при котором нагрузка питается отфильтрованным входным сетевым напряжением в обход основной схемы преобразования УБП.

Различают автоматический и ручной байпасы. Автоматический переход в этот режим производится устройством управления УБП в случае перегрузки на его выходе или возникновении неисправностей в его жизненно важных узлах. Ручное переключение предусмотрено для проведения сервисного обслуживания УБП или его замены без перерыва питания нагрузки.

Каждый комплект процессорного модуля имеет свой блок питания напряжением 220 В, который вырабатывает все необходимые напряжения. Для повышения надежности системы питание комплектов осуществляется от различных фаз. Это позволяет избежать полной остановки системы в случае пропадания одной из фаз питающего напряжения. Система безопасно переключается на резервный комплект. Так же осуществляется питание и АРМ ДСП, АРМ ШН (рисунок 11.5).

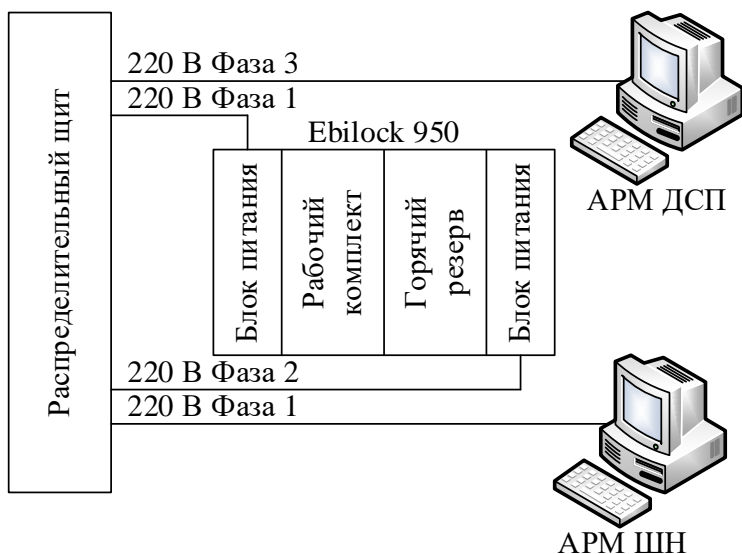


Рисунок 11.5 – Электропитание комплектов центрального процессора и АРМ ДСП, АРМ ШН

Система Ebilock-950 является распределенной, поэтому контейнеры с ОК могут располагаться на большом расстоянии от поста ЭЦ. Для повышения надежности каждый контейнер получает питание от распределительного щита центрального поста по двум силовым кабелям, проложенным в разных траншеях. Это требует установки в каждом контейнере вводного щита, контролирующего фидеры и переключающего нагрузку с одного на другой.

Для питания шкафа объектных контроллеров используют три источника питания:

- PSV-51 работает с входным напряжением 205–400 В и предназначен для питания стрелочных приводов. Имеет четыре вторичные обмотки: одну для питания стрелок и три для внешнего использования;
- PSV-61 предназначен для питания светофорных ламп и обмоток интерфейсных реле. Он имеет также четыре вторичных обмотки: одну для питания светофорных ламп и три для внешнего использования;
- PSV-71 предназначен для питания объектных контроллеров и вентиляторов. Он формирует напряжение только 24 В постоянного тока, которое подается на специализированную плату.

**Мероприятия по совершенствованию системы.** Следует отметить огромный запас функциональности, которым обладает система Ebilock-950. Первые станции, оборудованные этой системой, реализовали принцип децентрализованного расположения оборудования. В дальнейшем был приме-



нен вариант для централизованного размещения аппаратуры. Небольшие габариты постового оборудования по сравнению с релейной ЭЦ позволяют заменить систему ЭЦ без строительства отдельных помещений, используя имеющиеся площади. На следующем этапе была разработана и внедрена микропроцессорная АБ с централизованным размещением аппаратуры АБТЦ-Е, полностью интегрированная в МПЦ Ebilock-950. Далее в систему МПЦ Ebilock-950 были интегрированы функции управления тормозными упорами, а также переездной сигнализацией на перегонах, оборудованных АБТЦ-Е. Реализована возможность передачи станции на удаленное управление с соседней станции без существенных изменений в системе, а ее дальнейшим развитием стала реализация двойного управления удаленным районом (с присутствием дежурного на посту и без него). В последующем функции МПЦ в этом направлении были расширены благодаря резервированию управления удаленным районом станции при обрыве соединительного кабеля.

Для совершенствования системы эксплуатации была реализована возможность выключения стрелок из централизации с сохранением пользования сигналами и порядка действия персонала, утвержденного для централизации МПЦ-13. Проведены работы по повышению защищенности цепей схем управления стрелками и светофорами с применением специально разработанных устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). Разработаны и после проведения опытной эксплуатации внедрены новые устройства электропитания.

Внушительный список составляет перечисление новых возможностей интеграции с системами ЖАТ. Встроенные диагностические функции, увязка с системами диагностики и контроля, удаленный мониторинг состояния системы позволили значительно упростить технологию обслуживания МПЦ. Отдельного внимания заслуживает совершенствование пользовательского интерфейса – автоматизированных рабочих мест (АРМ). Специалисты постоянно работают над обеспечением соответствия системы действующим отраслевым и международным стандартам. Модернизация АРМ проводится путем расширения функциональных возможностей контроля, диагностики; обеспечения надежности; разработки максимально дружественного интерфейса для пользователей.

Система Ebilock-950 полностью микропроцессорная – от центрального процессора до системы объектных контроллеров. Она обладает мощной системой самодиагностики, позволяющей выявлять предотказное состояние элементов централизации, что допускает переход от регулярного обслуживания к обслуживанию по факту. Использование специальных устройств защиты от импульсных перенапряжений значительно повышает расчетные показатели безопасности и отказоустойчивости.

При необходимости система может осуществлять управление самостоятельно, автоматически устанавливая поездные маршруты в соответствии с

заранее определёнными процедурами, например, на небольших, удалённо-управляемых станциях с небольшим объёмом перевозок. На крупных станциях возможно расположение модулей объектных контроллеров в горловинах в непосредственной близости от управляемых объектов. Это позволяет добиться существенной экономии сигнального кабеля и снижения мешающих влияний.

Система может быть адаптирована к различным типам систем управления, функциям централизации напольным объектам. Она может быть модифицирована для возможности увязки с другими типами систем релейной централизации.

Высокая готовность системы и непрерывность связи обеспечивается резервированием каналов передачи данных. При обрыве кабеля передача переключается на резервный канал без потери работоспособности системы.

Приведенный выше перечень мероприятий по адаптации системы EbiLock-950 свидетельствует о том, что МПЦ – это высокоинтеллектуальный продукт, который не может быть одинаковым для разных стран и требует постоянного совершенствования для конкретных условий железной дороги.

#### **11.4 Отечественная система МПЦ «Ипуть»**

Микропроцессорная централизация «Ипуть» представляет собой комплекс устройств, обеспечивающих установку, замыкание, размыкание маршрутов на станции и проверку выполнения требуемых взаимозависимостей. Она предназначена для оборудования вновь или замены существующих систем релейной электрической централизации. МПЦ легко интегрируется с современными системами диспетчерской централизации (ДЦ), диспетчерского контроля (ДК) и автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУ ТП) верхнего уровня [24].

##### **Технико-экономические характеристики МПЦ «Ипуть»:**

- управление станциями до 80 стрелок, а за счет горизонтального наращивания возможно двух- и трехкратное увеличение;
- время реакции не более 0,5 секунды;
- гибкое управление движением поездов: возможность централизованного управления (например, от ДЦ); опционально – накопление маршрутов;
- отображение информации на АРМ ДСП осуществляется в соответствии с Памяткой ОСЖД Р808;
- АРМ ДСП дополнен системой поддержки принятия решений в штатных и нештатных ситуациях;
- система реализована как двухканальная система с умеренными связями, параллельной и независимой обработкой данных, взаимным сравнением результатов функционирования и переходом в защитное состояние при несогласовании работы каналов;

- полное «горячее» резервирование, включая резервирование АРМ, ядра системы и блоков управления;
- размещение ядра системы в стандартном шкафу промышленного исполнения совместно с источниками электропитания;
- реализация блоков ТУ-ТС в конструктиве реле НМШ и их размещение на стандартных стивах вместе с исполнительными реле, что не требует специальных шкафов с принудительной системой охлаждения;
- возможность применения индустриальной системы монтажа;
- сокращение требуемой площади релейного помещения на 40 % по сравнению с БМРЦ; количество реле на стрелку – 30.

### Структура системы МПЦ «Ипуть».

По принципу выполнения функций ЭЦ систему МПЦ можно разделить на три уровня (рисунок 11.6):

- исполнительный уровень для сопряжения с исполнительными устройствами и их безопасного управления и контроля.
- уровень централизации для реализации технологических алгоритмов. Он включает в себя ядра системы;
- уровень оперативного управления. Он включает в себя АРМ ДСП и обеспечивает взаимодействие системы с персоналом и системами высшего уровня;

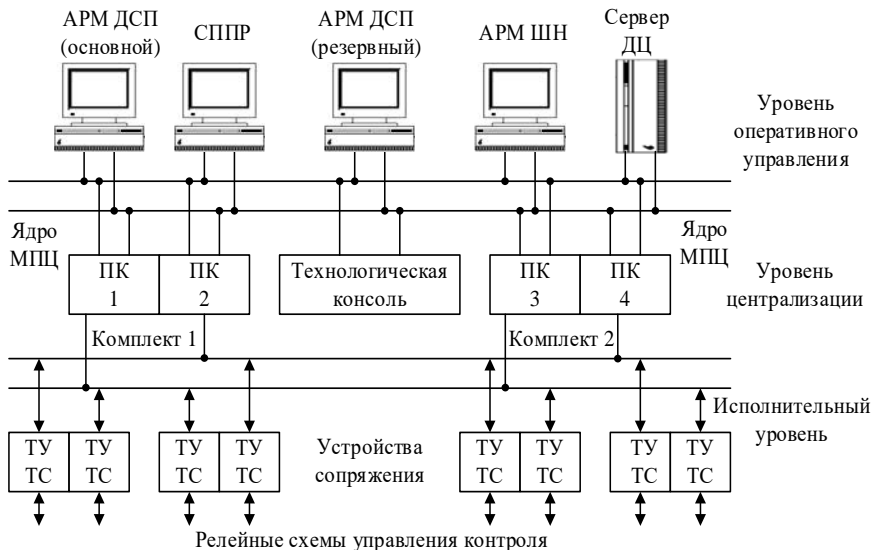


Рисунок 11.6 – Структура системы МПЦ «Ипуть»

### **Автоматизированное рабочее место дежурного по станции**

Управление работой станции осуществляется с автоматизированного рабочего места дежурного по станции. АРМ ДСП отображает текущее состояние объектов управления и контроля, поездное положение на станции и позволяет подавать команды управления (установку и отмену маршрутов, перевод стрелок, искусственное размыкание секции и т. п.). Для облегчения работы персонала АРМ ДСП дополнен системой поддержки принятия решений (СППР), задачей которой является предоставление дежурному по станции порядка действий при возникновении внештатных ситуаций и контроль его выполнения.

АРМ ДСП позволяет: осуществлять все необходимые действия по управлению технологическим процессом и получать все требуемые для этого сведения; устанавливать поездные маршруты приема, отправления и маневровые маршруты; маршруты по пригласительным сигналам; индивидуально переводить стрелки и т. д. В свою очередь дежурный по станции имеет возможность с АРМ ДСП получать сведения:

- о состоянии объектов контроля, расположенных на станции с требуемой достоверностью;
- работоспособности МПЦ и устройств контроля и управления;
- вводимых в ядро МПЦ командах от ДСП;
- работоспособности и состоянии каждого из каналов ядра;
- перегонных устройствах (габаритные ворота, ключи-жезлы и т. д.).

АРМ ДСП является элементом управления и информирования в реальном режиме времени о текущей поездной ситуации на станции. Технологически АРМ реализован на промышленной аппаратно-программной платформе Advantech. Промышленный компьютер подключен к системе дублированной линии от технологии Ethernet. К этой же линии подключены и резервный комплект АРМ ДСП, АРМ ШН (электромеханика) и сервер диспетчерской централизации. Сервер ДЦ служит для связи с системами верхнего уровня. Он выполняет функции линейного пункта по обмену с центральным постом ДЦ. Вся необходимая информация поступает на сервер ДЦ с АРМ ШН. Управляющие команды с ЦП ДЦ сервер передает в АРМ ДЦ для их исполнения.

Мнемосхема станции используется для предоставления динамической информации текущего состояния объектов управления и выбора их при формировании команд. Отображение информации на АРМ ДСП осуществляется в соответствии с Памяткой ОСЖД Р808. Командную строку применяют для ввода команд с клавиатуры. Результат выполнения команды отображается в строке состояния.

С пульта ДСП (с клавиатуры) может посылаться ряд ответственных команд, при которых обеспечение безопасности возлагается исключительно на ДСП станции: «аварийный перевод стрелок»; прием по пригласительному сигналу и т. д. При вводе ответственных команд требуется, чтобы ДСП

подтвердил их в специальном диалоговом окне. О возникновении неисправностей ДСП оповещается как визуальными, так и звуковыми сигналами. В случае выхода из строя основного комплекта МПЦ переход на резервный комплект происходит автоматически.

**Система поддержки принятия решений** является вспомогательным средством для оказания помощи ДСП при возникновении нештатных ситуаций в работе устройств СЦБ. При необходимости ее применения она подключается к локальной вычислительной сети. СППР не имеет прямого доступа к объектам управления и не относится к системам обеспечения безопасности движения поездов. Её влияние на повышение уровня безопасности проявляется путем исключения ошибочных действий ДСП при нештатных ситуациях: взрез стрелки, нарушения габарита, аварийный перевод стрелок, искусственное размыкание, изъятие ключа-железа, ложная занятость рельсовых участков.

СППР может определить такую ситуацию и вывести на экран, соответствующий ей перечень действий ДСП и произвести запись в журнале. Система требует от ДСП выполнения указанных в перечне действий строго по перечню и в указанном порядке. Функционально СППР связана с подсистемой диагностики и использует в работе ЭВМ промышленного исполнения. Если ситуация автоматически не идентифицируется, ДСП выбирает её из перечня нештатных ситуаций и выполняет все указанные действия.

**Функции диагностики** системы выполняет АРМ дежурного электромеханика, на который поступает информация от подсистем внутренней диагностики ядер МПЦ и блоков сопряжения. На АРМе ведется автоматический протокол всех событий на станции, управляющих команд ДСП, отказов и сбоев отдельных подсистем, выполняется логическая обработка полученных данных, электромеханику предоставляется информация об устройствах, которым требуется техническое обслуживание или ремонт.

АРМ ШН представляет собой рабочее место оператора ЭВМ, оборудованное компьютером, монитором и клавиатурой, совместно с АРМ ДСП подключается к системе при помощи дублированной линии по технологии Ethernet и получает информацию с аппаратуры ядра МПЦ. На мониторе отражается план станции, идентичный плану на АРМ ДСП и дополнительная информация технологического характера. На АРМ ШН возлагаются следующие функции:

- просмотр состояния объектов контроля и управления для организации на базе информации мероприятий по устранению отказов;
- хранение и просмотр протоколов сигналов ТУ и ТС;
- восприятие и исполнение команд ТУ;
- контроль переключения основного / резервного комплектов, диагностики неисправностей, контроль параметров системы;
- отображение информации об установленных маршрутах на плане станции;
- формирование диагностических команд для ядра МПЦ;

- отображение информации о работоспособности МПЦ и состоянии каждого из каналов ядра, каналов передачи данных;
- формирование диагностических команд для ядра МПЦ.

**Меры обеспечения безопасности.** Команды из АРМа ДСП поступают в компьютеры по локальной сети. Компьютеры обмениваются контрольной информацией и при условии, что информация в каждом из каналов идентична, вырабатывают управляющие воздействия, которые через программный драйвер СОМ-порт поступают на реализацию в устройства согласования с объектами. Работа каналов синхронизирована.

Таким образом, безопасность функционирования технических средств ядра МПЦ обеспечивается следующими мерами:

- двухканальной обработкой информации;
- независимостью дублированных частей ядра;
- регулярным сравнением всех релевантных по безопасности данных;
- обнаружением неисправностей за короткий промежуток времени, что позволяет переключаться на резерв, не нарушая условий безопасности;
- специальным регламентом восстановления системы после перехода на резерв;
- специальными мерами для обнаружения не детектированных (не проявляющихся) неисправностей;
- тестированием аппаратных средств в каждом цикле программного обеспечения.

Учитывая, что выполнение условий безопасности контролируется программным обеспечением, приняты дополнительные меры по повышению безопасности ПО. В первую очередь это использование диверсифицированного программного обеспечения в каждом канале ядра. Диверситет распространяется как на операционную систему, в качестве которой в каналах используются 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.

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;

- двухканальным управлением умножителем;
- парафазным кодированием информации;
- использованием безопасной схемы ввода информации.

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

В цепях СЖАТ, к которым не предъявляются требования безопасности, как правило, применяют стандартные устройства сопряжения с объектами, выпускаемые промышленностью в составе управляющих ЭВМ и контроллеров. При разработке устройств микропроцессорных СЖАТ, к которым предъявляются специфические для ответственных цепей требования, используют специализированные УСО. К ним предъявляются требования:

- обеспечение минимальной допустимой вероятности появления ложного сигнала при любом отказе и его элементов;
- выполнение временного и энергетического согласования электронных схем и объекта;
- сохранение временных и энергических параметров УСО в заданных пределах в течение всего срока эксплуатации;
- обеспечение минимально допустимой чувствительности к электромагнитным помехам и влияниям.

Для исключения накопления отказов УСО, как правило, строятся по принципу обеспечения динамической работы всех элементов, что позволяет диагностировать электронные элементы путем периодического переключения их из состояния «логической единицы» в «логический ноль» и обратно.

Условно УСО можно разделить на два вида: устройства вывода управляющей информации (команд) и устройства ввода контрольной информации о состоянии исполнительных объектов. В зависимости от используемой элементной базы УСО могут быть релейными или электронными (бесконтактными).

В системах МПЦ, где сохранены релейные схемы непосредственного управления объектами автоматики и контроля за ними, которые включают в себя схемы для стрелок, светофоров, контроля рельсовых цепей, управления кодированием, оборудования переездов, автоматики на перегоне релейного типа, используют релейные интерфейсы (системы МПЦ-И, МПЦ «Путь»). В других системах МПЦ (МПЦ-2, Ebilock-950, МПЦ-МЗ-Ф, МПЦ фирмы Siemens и др.), где применяют электронные схемы управления стрелками и сигналами, используются интерфейсы электронного типа.

Безопасный ввод информации о состоянии тех или иных устройств на станции в ядро МПЦ обеспечивается посредством блоков телесигнализации ТС-16Б. контроль состояния объектов осуществляется путем подачи пара-

фазных сигналов на контакты контролируемых реле и в блок ТС-16Б с последующим их сравнением. Блок имеет 16 входов (рисунок 11.7).

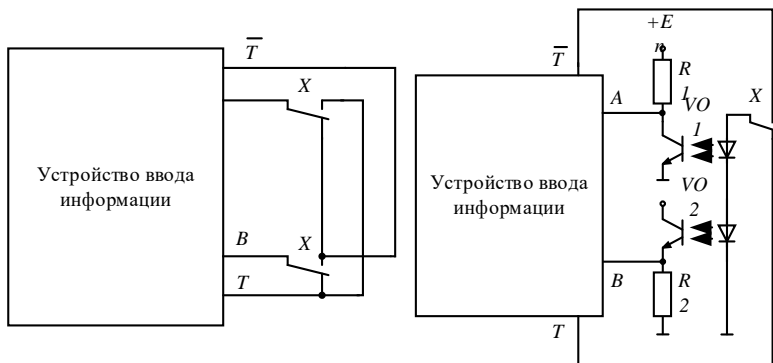


Рисунок 11.7 – Устройства безопасного ввода информации

Если фаза сигнала на входе SYN1 совпадает с фазой на входе ТС, блок передает в линию связи информацию «логическая 1». Если фаза сигнала на входе SYN2 совпадает с фазой на входе ТС, блок передает в линию связи «логический 0». Если сигнал на входе ТС не совпадает ни с одним входом SYN, блок передает третье состояние – «ошибка».

Безопасный вывод информации на устройства автоматики и телемеханики и переключение тех или иных устройств выполняют блоки ТУ-8Б (рисунок 11.8).

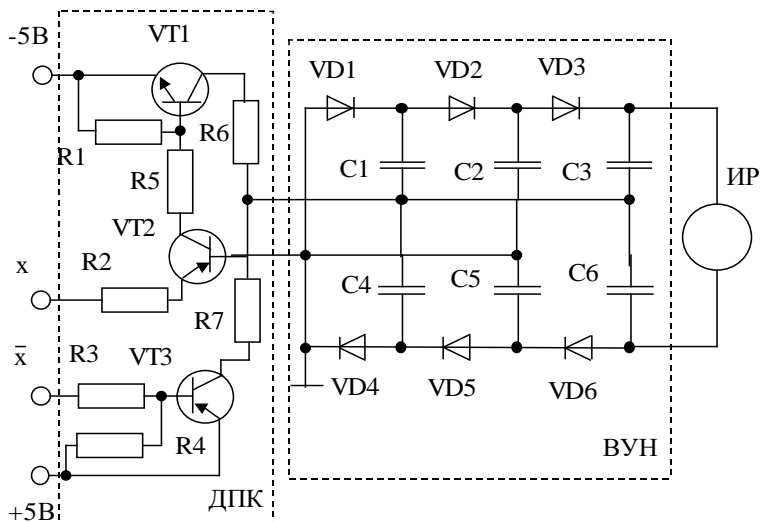


Рисунок 11.8 – Устройство безопасного вывода информации



Блок имеет 8 выходов и предназначен для включения реле первого класса надежности с рабочим напряжением 24 В. Безопасность обеспечивается отсутствием в исполнительной части блока напряжений более 4 В (значение напряжения гарантированного отпадания якоря реле ИР). Любая неисправность блока приводит либо к отключению напряжения на выходе, либо к снижению его уровня до 4 В.

Схематически указанные блоки реализованы в виде двухканального устройства с самоконтролем. Питание блоков осуществляется от резервированного источника питания 24 В. Умножители блоков ТУ-8Б, формирующие управляющие напряжение, питаются от отдельного стабилизированного источника питания 4 В. Каждый блок ТУ-ТС имеет уникальный адрес, а подключение УСО через физическую цепь к исполнительным объектам осуществляется с помощью колодки, также имеющей этот адрес.

Структура комплекса МПЦ «Ипать» может быть легко дополнена блоками бесконтактного управления стрелочными переводами и огнями светофоров, а также светофоров со светодиодными оптическими системами во всех заданных режимах работы с обеспечением условий безопасности. При этом не потребуется каких-либо существенных изменений как в ядрах системы, так и в их программном обеспечении.

В существующей конфигурации МПЦ «Ипать» имеет 112 выходов управления и 224 входа сигнализации. Данное ограничение связано с производительностью используемых на управляющем уровне промышленных компьютеров с системой естественного охлаждения. Применение промышленных компьютеров с многоядерными процессорами и горизонтальное развитие структуры позволяет расширить область применения данной системы на железнодорожных станциях с большим количеством контроля и управления.

**Структура устройства бесперебойного питания ядра** в системах МПЦ определяется необходимостью обеспечения наибольшего времени наработки на отказ. В связи с этим вопрос выбора принципа функционирования УБП сводится к выбору между УБП двойного преобразования (типа *on-line*), получившим широкое распространение в регионах с характеристиками системы электроснабжения значительно худшими, чем установлены в ГОСТ 13109-97, и УБП линейно-интерактивного типа (*line-interactive*), являющимся наиболее приемлемым с точки зрения «цена – эффективность» в регионах, где характеристики системы электроснабжения находятся в рамках, установленных вышеуказанным ГОСТ.

Принцип функционирования УБП с двойным преобразованием состоит в постоянном преобразовании электрической энергии переменного тока в энергию постоянного тока и обратно при помощи инверторов в энергию переменного тока. Таким образом, система бесперебойной подачи электро-

энергии находится в режиме непрерывного функционирования. За счет этого снижается характеристика времени наработки на отказ.

В свою очередь, УБП, построенные по типу line-interactive, используют ресурс инверторов лишь в моменты переключения на резервный источник питания постоянного тока (аккумуляторные батареи), а в остальное время осуществляется регулировка уровня выходного переменного напряжения путем переключения обмоток автотрансформатора. Это является обоснованием применения в системе электропитания ядра МПЦ УБП, работающего по принципу line-interactive (рисунок 11.9).

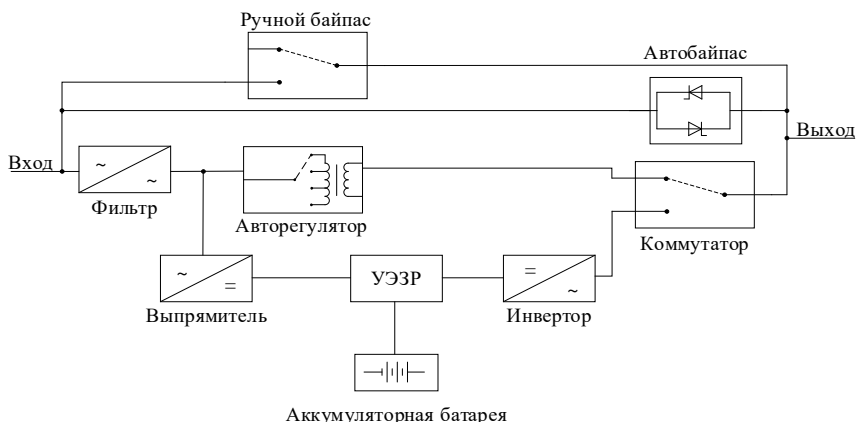


Рисунок 11.9 – Структурная схема УБП ядра МПЦ

В нормальном режиме работы УБП пропускает питание на нагрузку, подавая при этом высокочастотные помехи и импульсы напряжения в фильтре.

Отклонение напряжения в УБП компенсируется дискретным корректором (автотрансформатором с дополнительными выводами обмоток). Посредством выпрямителя и устройства эффективного заряда-разряда УЭЗР подзаряжаются (заряжаются) аккумуляторные батареи.

При отсутствии питающего напряжения на входе или при значениях качественных показателей параметров электроэнергии, которые невозможно откорректировать фильтрами и автотрансформатором, запускается инвертор и коммутатор переводит питание на инвертор. Частота выходного напряжения синхронизирована с частотой на входе до перехода в автономный режим. Переключение происходит автоматически, а аккумуляторная батарея будет питать нагрузку до тех пор, пока не восстановится напряжение на входе или УЭЗР не отключит аккумуляторные батареи с целью предотвращения их переразряда (разрушения).

Устройство УЭЗР может перевести нагрузку на питание через автоматический байпас в обход всех схем УБП. Байпас представляет собой тири-

сторный ключ из встречно-параллельно включенных тиристорov. Переход системы в нормальный режим работы осуществляется «без разрыва синусоиды». Сетевое напряжение подается на нагрузку в момент прохода напряжения на входе через ноль.

Система электропитания является модульным децентрализованным средством, которое обеспечивает надежное и безопасное питание устройств, входящих в ядро. По возможности восстановления она относится к виду восстанавливаемой на месте применения методом замены аккумуляторных батарей 1 раз в 5 лет с гарантией производителя.

Во время плановой замены батарей необходимо осуществлять осмотр измерения параметров узлов УБП. В первую очередь необходимо осуществлять проверку межмодульных соединений для выявления ухудшения электрического контакта в результате вибраций. Также необходимо осуществлять проверку функционирования статического байпаса как элемента, нарушение работоспособности которого может привести к опасному отказу УБП. Аккумуляторные батареи поставляются в необслуживаемом исполнении. Электролит в аккумуляторных батареях поставляется в гелеобразном состоянии.

Устанавливаемые устройства бесперебойного питания оснащены средствами удаленного сбора информации. В качестве параметров передаются данные о потребляемом токе, состоянии аккумуляторных батарей, уровне заряда, параметры сети электропитания и т. д.

Таким образом, для повышения общей надежности функционирования системы МПЦ практически все ее составные части резервированы. Для АРМ ДСП применяется ненагруженный резерв, а для ядра, блоков УСО, релейных схем увязки и каналов передачи информации между уровнями МПЦ – нагруженный резерв. Такое резервирование позволяет исключить перерывы в функционировании МПЦ при отказах любых ее функциональных блоков.

## 12 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ МПЦ

### 12.1 Основные положения

Непрерывный характер работы систем электрической централизации во времени, их длительный срок службы требует высоких показателей надежности. Эти показатели в релейных системах зависят от числа срабатываний реле и требуют постоянного технического обслуживания. Надежность микроэлектронных элементов от количества срабатываний не зависит и существенно выше надежности реле, что позволяет создавать высоконадежные необслуживаемые системы. Однако микроэлектронная аппаратура подвергается быстрому моральному старению и независимо от ее состояния может заменяться новой, построенной на более совершенных технологиях и прин-

ципах. Соответственно может быть изменен и метод обслуживания при сохранении общих для систем железнодорожной автоматики и телемеханики понятий и определений [1, 25].

**Техническая эксплуатация** – полный комплекс работ, необходимых для обеспечения высокого качества функционирования СЖАТ от пуска в эксплуатацию до реконструкции.

**Техническое обслуживание** – комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности устройств или систем при их использовании по назначению в процессе ожидания, хранения и транспортирования.

**Ремонт** – комплекс операций по восстановлению исправности и работоспособности устройств или систем, а также по восстановлению их действий, выполняемых по определенным правилам.

**Методами технического обслуживания**, обеспечивающими безопасное и надежное функционирование систем ЖАТ, являются местный (работниками дистанции сигнализации и связи); фирменный (изготовителем, разработчиком или другим представителем фирмы); сервисный (центр сервисного обслуживания, созданный дорогой); комбинированный (сочетание указанных выше методов).

На железной дороге используются следующие **виды технического обслуживания (ТО)**:

– регламентное ТО, выполняемое с периодичностью и в объеме, установленном независимо от технического состояния;

– обслуживание с периодическим контролем, при котором объем необходимых работ устанавливается в зависимости от фактического технического состояния объекта (обслуживание по состоянию);

– восстановительное обслуживание (только после возникновения неисправности, обнаруженной внешними или внутренними средствами контроля, диагностики и мониторинга).

– сопровождение программного обеспечения – совокупность мероприятий, направленных на поддержание в работоспособном состоянии программ: улучшение их характеристик, устранение ошибок, реализация дополнительных функций, адаптация к изменяющимся условиям эксплуатации.

## 12.2 Особенности эксплуатации микропроцессорных систем

Важной причиной модернизации систем ЭЦ является необходимость совершенствования способов управления технологическим процессом движения поездов. Функциональные и информационные возможности существующих систем, их свойства оказываются недостаточными для дальнейшего использования по причине широкого внедрения в перевозочный процесс информационных технологий. Недостаточность функций, реализуемых существующими релейными системами и устройствами ЭЦ, не позволяют адаптировать их для современных условий и требований. С другой стороны,

эту возможность предоставляет современное развитие техники, обеспечивающее совместимость различных систем.

Необходимо вовремя распознавать потенциал и возможности совмещения новых технологий с существующими техническими решениями в системах ЭЦ. Возможные ошибки при принятии решений в первых периодах жизненного цикла могут привести к значительным непредвиденным проблемам в последующие периоды. Кроме того, железная дорога вносит в функциональные требования свои изменения и дополнения. Потребность в новой системе возникает при постепенном накоплении объективных и субъективных обстоятельств, связанных с совершенствованием методов и способов управления движением поездов [25].

Для достижения минимального срока службы, включая поддержку при реконструкции установок и поставку запасных частей и компонентов системы, необходимы дополнительные меры. Следует обеспечить возможность поставки компонентов системы. Желательно знать, в какие сроки будут отозваны с рынка те или другие компоненты или прекращены поставки. Одновременно необходимо постоянно анализировать возможность использования новых компонентов для получения преимуществ новых технологий и обеспечения обратной совместимости систем.

Целесообразно последовательно применять стандартные промышленные компоненты, выпускаемые крупными партиями, что повышает надежность поставок. Такие компоненты, как правило, могут быть заменены функционально совместимыми блоками. Преимущества такой стратегии состоят в существенном сокращении стоимости аппаратного обеспечения и затрат жизненного цикла систем.

С точки зрения организации технической эксплуатации системы с применением микропроцессорной элементной базы представляют собой совокупность объектов двух классов:

- аппаратных средств (средства вычислительной техники и традиционные устройства СЦБ);
- программных средств (системные, прикладные, тестовые и другие программы, базы данных).

Микропроцессорные СЖАТ строятся на базе вычислительных комплексов, включающих в себя микроЭВМ, устройства сопряжения с объектами управления и контроля и другие средства вычислительной техники.

Техническая эксплуатация релейных и напольных устройств, входящих в МПЦ, осуществляется реализацией действующих для традиционных релейных систем видов, методов и технологий. Для вычислительных комплексов и программных средств имеются свои специфические особенности. МПЦ является весьма сложной системой, на которую в процессе эксплуатации должны распространяться не только действия нормативных документов Белорусской железной дороги, но и действия государственных стандартов, относящихся к средствам вычислительной техники и информатики.

Методы обслуживания микропроцессорных систем по сравнению с релейными в перспективе приведут к снижению эксплуатационных затрат и сделают их внедрение экономически целесообразным даже при более высокой стоимости таких систем в настоящее время.

### **12.3 Техническая эксплуатация аппаратных и программных средств МПЦ**

В настоящее время в МПЦ различных фирм применяются разные технологии. На уровнях отображения информации и управления в них используются стандартные аппаратные средства и предоставленные на рынке операционные системы и средства визуализации. На уровне обеспечения безопасности применяют различные компоненты: стандартные или собственной разработки. На уровне сопряжения с напольными устройствами доминируют самостоятельно разработанные компоненты. Это обусловлено сравнительно большим объемом поставок таких компонентов и различием специфических требований к ним.

Для обслуживания несъемного оборудования МПЦ в соответствии с технологией имеется перечень необходимых приборов, инструментов и т. д. Этот вид обслуживания производится работниками линейных участков дистанции. Для обеспечения и повышения производительности труда, безопасных приемов при работе используются средства малой механизации.

Применяются и стационарные сервисные средства для контроля за работоспособностью устройств в процессе их эксплуатации. Они должны обеспечивать достаточную скорость передачи и достоверность информации о состоянии контролируемых устройств, а контролируемые устройства, в свою очередь, – возможность съема информации и измерения их параметров. Учитывая постоянную тенденцию к модернизации обслуживаемых устройств и увеличению в них доли электронной техники требуется регулярно пересматривать и совершенствовать техническую базу обслуживания и ремонта.

Все станционные устройства железнодорожной автоматики и телемеханики по отношению к необходимым средствам диагностики делятся на 3 группы:

- устройства с уровнем надежности, требующим постоянной и глубокой диагностики в режиме реального времени (напольные устройства);
- аппаратура с высоким уровнем надежности, обусловленным схемно-конструктивными решениями и условиями эксплуатации, требующими частичного контроля параметров (постовые устройства);
- объекты, не требующие диагностики при помощи внешней системы, обладающие встроенной самодиагностикой, резервированием компонентов с автоматическим переключением при отказах (микропроцессорные аппаратные и программные средства).

С помощью систем технической диагностики и мониторинга АПК-ДК (ПГУПС), АДК-СЦБ (Югпромавтоматизация), АСДК (ГТСС и ООО «Сек-

тор») можно контролировать напряжения: на путевых реле ДСШ на станциях; на входах и выходах путевого приемника; на выходе путевого генератора в тональных РЦ на перегонах; в фазах основных и резервных фидеров питания.

Некоторые проблемы возникают при метрологическом обеспечении технических средств диагностики. Для проведения калибровочных работ необходимо использовать калибраторы со специальным программным обеспечением. Калибрование проводят специалисты, имеющие соответствующее удостоверение и личные клейма. Для обеспечения единства измерений необходимо иметь измерительные приборы, обладающие не только требуемой точностью, но и обеспечивающие сопоставимость результатов измерений по способу и принципам измерений.

Система технической эксплуатации МПЦ должна предупреждать отказы устройств вычислительного комплекса регламентным обслуживанием, предусмотренным для этих устройств. Обслуживание производится согласно технической документации и в соответствии с планами-графиками технического обслуживания (ТО). Реализация планов-графиков и других работ по ТО и ремонту этих устройств может выполняться фирменным, сервисным и местным обслуживанием.

Система технической эксплуатации должна:

- устранять отказы устройств заменой неисправных элементов на исправные и ликвидировать самоустраняющиеся сбои;
- фиксировать сбои в системах МПЦ и анализировать причины их возникновения во избежание их повторения;
- проводить своевременный ремонт электромеханических устройств (принтеров, плоттеров и т. д.).

Операции по техническому обслуживанию, ремонту и сопровождению МПЦ могут выполняться специалистами, прошедшими соответствующую подготовку, как правило, у разработчика МПЦ, и получившими документ (лицензию) на проведение соответствующих работ. Необходима также организация удаленного мониторинга за работой системы. Он производственно важен, так как в случае нарушения нормальной работы системы специалисты получают доступ к диагностической информации и могут оказать своевременную поддержку при поиске и устранении неисправностей, а также ускорить процесс получения архивных данных для проведения анализа.

Регламенты работ не позволяют вводить в МПЦ информацию с внешних носителей, а также вносить изменения в ее базы данных и программы. При подключении МПЦ к внешним каналам связи, обеспечивающим верхние уровни управления, устройства подключения должны быть защищены от несанкционированного доступа.

Устройства МПЦ, реализованные средствами вычислительной техники, имеют резерв, что позволяет при их эксплуатации использовать восстановительное обслуживание и обслуживание по состоянию. С другой стороны, практика ремонта отдельных комплектующих не должна применяться, так

как разработчики в этом случае не готовы дать гарантии на правильную и корректную работу системы.

ДСП и работник дистанции (ШН) могут самостоятельно выполнять несложные операции по обслуживанию своих рабочих мест: проверку соответствия системных часов текущему времени, качество печати принтера, переключение АРМ ДСП на резерв.

Выключение любого устройства для регламентированного обслуживания должно производиться только с разрешением ДСП и сопровождаться соответствующей записью в журнале ТУ-46.

В состав программных средств входят собственно программы, т. е. алгоритмы реализации функций систем, а также базы данных – систематизированная определенным образом информация. Вновь созданные программы и средства должны пройти независимую экспертизу на безопасность, подтверждающую возможность их использования в МПЦ.

Важнейшей задачей процесса технической эксплуатации программных средств является их сопровождение. Этот вид технического обслуживания необходим и используется при техническом обслуживании микропроцессорных СЖАТ на базе вычислительных комплексов, включающих в себя компьютеры, устройства сопряжения с объектами управления и контроля и др.

Дистанциям как пользователям информационных и программных средств запрещается вносить в ПО изменения (модифицировать), в том числе и при обнаружении в них ошибок, передавать их третьим лицам (тиражировать). Технология внесения изменения в ПО должна быть приведена в соответствующих документах, утвержденных установленным порядком. После внесения необходимых изменений разработчик программы совместно с представителем дистанции проверяет правильность функционирования МПЦ с новой базой данных.

Информационные и программные средства АРМ ДСП и АРМ ШН требуют периодической проверки правильности ведения архивных файлов и показаний системных часов, т. е. регламентного сопровождения.

При внедрении систем централизации нового типа (МПЦ) должны выполняться высокие требования в отношении надежности и эксплуатационной готовности.

Высокая надежность позволяет значительно сократить объем регламентных работ по их техническому обслуживанию.

Ресурсы используемых в них вычислительных комплексов дают возможность широкого применения процедур диагностического оборудования систем, что существенно упрощает их текущий ремонт, который в большинстве случаев сводится к замене отказавшего узла запасным [1].



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Бочков, К. А.** Микропроцессорные системы автоматики на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / К. А. Бочков, А. Н. Коврига, С. Н. Харлап. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 254 с.
- 2 **Никитин, А. Б.** Повышение эффективности систем электрической централизации / А. Б. Никитин // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 4. – С. 4–6.
- 3 Микропроцессорная система централизации стрелок и сигналов EBI Lock 950. – М. : Трансиздат, 2008. – 368 с.
- 4 Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира : учеб. пособие / Э. Андерс [и др.] ; под ред. Г. Теег, С. Власенко. – М. : Интекст, 2010. – 487 с.
- 5 Р 844. Эксплуатационно-технические требования к системам микропроцессорной и релейно-процессорной централизации. – Минск : ОСЖД, 2004. – 20 с.
- 6 Микропроцессорные системы централизации : учеб. для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта / Вл. В. Сапожников [и др.] ; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2008. – 398 с.
- 7 Электропитание устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. / под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Маршрут, 2003. – 336 с.
- 8 **Бочков, К. А.** Критерии выбора системы МПЦ / К. А. Бочков, А. Н. Коврига // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 29–30 ноября 2012 г. / под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 180–181.
- 9 Эволюция системы ESTWN L90 // Железные дороги мира. – 2002. – № 10. – С. 63–69.
- 10 Внедрение МПЦ SIMIS W в Великобритании // Железные дороги мира. – 2003. – № 6. – С. 62–66.
- 11 Система МПЦ SIMIS IS // Железные дороги мира. – 2011. – № 11. – С. 58–60.
- 12 Система микропроцессорной централизации SIMIS W в Польше // Железные дороги мира. – 2002. – № 1. – С. 52–57.
- 13 Система микропроцессорной централизации компании Siemens в Литве // Железные дороги мира. – 2009. – № 9. – С. 56–61.
- 14 Функциональные и программные особенности микропроцессорных систем / А. Н. Хоменков [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2006. – № 9. – С. 32–33.
- 15 **Яценко, В. В.** Система микропроцессорной централизации и автоблокировки / В. В. Яценко // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – № 6. – С. 10–13.
- 16 **Аверкиев, С. А.** Современные системы и устройства автоматики и телемеханики / С. А. Аверкиев // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 6. – С. 10–11.
- 17 **Казиев, Г. Д.** Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов МПЦ-МЗ-Ф/ Г. Д. Казиев, Г. А. Милехин, Ю. С. Смагин // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 2. – С. 12–15.
- 18 **Тильк, И. Г.** Система микропроцессорной централизации МПЦ-И / И. Г. Тильк, В. В. Ляной, М. В. Абакумов // Железные дороги мира. – 2007. – № 1. – С. 63–66.
- 19 **Тильк, И. Г.** Анализ эффективности внедрения МПЦ-И / И. Г. Тильк, В. В. Ляной // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 5. – С. 28–30.

20 **Алёшин, В. Н.** Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов системы Ebilock-950 / В. Н. Алёшин // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 1. – С. 20–23.

21 **Сметанин, Н. Н.** Опыт эксплуатации МПЦ Ebilock-950 / Н. Н. Сметанин, А. С. Карноухов // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – № 4. – С. 28–31.

22 **Лекута, Г. Ф.** Техническое обслуживание системы Ebilock-950 / Г. Ф. Лекута // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – № 8. – С. 28–31.

23 **Алёшин, В. Н.** Этапы создания и внедрения системы Ebilock-950 / В. Н. Алёшин // Автоматика, связь, информатика. – 2005. – № 12. – С. 22–25.

24 Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов МПЦ «Путь» / К. А. Бочков [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2009. – № 7. – С. 14–19.

25 Жизненный цикл МПЦ // Железные дороги мира. – 2007. – № 5. – С. 65–69.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные обозначения.....	3
1 Цели и задачи внедрения систем МПЦ.....	5
2 Преимущества МПЦ.....	8
3 Принципы обеспечения безопасности МПЦ.....	10
4 Структура микропроцессорной централизации.....	12
4.1 Составные части структуры МПЦ.....	12
4.2 Требования к элементам структуры МПЦ.....	14
5 Возможности и функции МПЦ в обеспечении безопасности движения.....	17
6 Режимы управления и контроля МПЦ.....	20
6.1 Технологические функции основного режима.....	20
6.2 Вспомогательный режим управления.....	21
6.3 Дополнительные функции МПЦ.....	22
6.4 Требования к отображению информации.....	22
7 Аппаратные средства МПЦ.....	24
7.1 Состав аппаратных средств.....	24
7.2 Модуль центрального процессора.....	24
7.3 Автоматизированное рабочее место ДСП.....	25
7.4 Требования к сервисным средствам МПЦ.....	27
7.5 Устройства сопряжения МПЦ с объектами.....	28
8 Электропитание систем МПЦ.....	30
8.1 Основные принципы электропитания устройств ЭЦ.....	30
8.2 Организация бесперебойного питания систем МПЦ.....	31
9 Критерии выбора системы МПЦ.....	34
10 Краткий обзор зарубежных систем МПЦ.....	37
10.1 Эксплуатационные показатели МПЦ.....	37
10.2 Современные зарубежные системы МПЦ.....	38
11 Системы МПЦ на железной дороге Республики Беларусь.....	48
11.1 Направления модернизации систем ЭЦ в Республике Беларусь.....	48
11.2 Микропроцессорная централизация МПЦ-И.....	49
11.3 Микропроцессорная централизация Ebilock-950.....	57
11.4 Отечественная система МПЦ «Путь».....	66
12 Основные положения и особенности технической эксплуатации систем МПЦ.....	75
12.1 Основные положения.....	75
12.2 Особенности эксплуатации микропроцессорных систем.....	76
12.3 Техническая эксплуатация аппаратных и программных средств.....	78
Список литературы.....	81

Учебное издание

*КОВРИГА Анатолий Николаевич*

## **СИСТЕМЫ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЙ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *А. А. Павлюченкова*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 11.10.2024 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 5,55. Тираж 120 экз.  
Зак. 1984. №. Изд. № 25.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

№ 3/1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель

