

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Самарский государственный университет путей сообщения» в г. Саратове
Филиал СамГУПС в г.Саратове

КУРС ЛЕКЦИЙ

по

ПМ.01 «Построение и эксплуатация станционных, перегонных,
микропроцессорных и диагностических систем железнодорожной
автоматики»

**МДК 01.03 «Теоретические основы построения и эксплуатации
микропроцессорных и диагностических систем автоматики»**

СТДМ устройств СЦБ

для специальности

27.02.03 Автоматика и телемеханика на транспорте

(на железнодорожном транспорте)

Саратов 2023

ОДОБРЕНО
на заседании ЦМК «_____»
Протокол № ____ от «__» ____ 20__ г.

Председатель
_____ Глухова И. В.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР

_____ Крижановский С.А.
«__» ____ 20__ г.

Одобрено методическим советом

Протокол №__ от «__» ____ 20__ г.

Преподаватель высшей квалификационной категории Беяева Е.Н.

Содержание

1 Понятия СТДМ	3
2 Принципы построения и функционирования СТДМ	9
3 Автоматизированные рабочие места в СТДМ	14
4 Техническая реализация СТДМ	22
5 Элементная база СТДМ	28
6 Схемы сопряжения СТДМ с объектами контроля	37
7 Техническая эксплуатация СТДМ.	45
8 Центры СТДМ ЖАТ.	45
9 Эффективность работы СТДМ.	47
10 Перечень используемой литературы.	50

1 Понятия СТДМ

Под *технической диагностикой* понимается область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения *технического состояния объекта* – такого состояния, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

Процесс определения технического состояния объекта называется *техническим диагностированием* и характеризуется такими параметрами, как полнота и глубина обнаружения. Полнота обнаружения определяется составом подлежащих выявлению неисправностей (или других отклонений от допустимых норм), а глубина – уровнем идентификации неисправностей.

Основными задачами технического диагностирования являются:

- контроль технического состояния объекта (системы);
- поиск места и определение причин отказа (неисправности);
- прогнозирование технического состояния объекта (системы).

Возникновение такого направления, как *техническая диагностика*, предопределило создание систем непрерывного удаленного контроля технического состояния устройств – *мониторинга* (от лат. *monitor* – напоминающий, надзирающий).

В современной инфраструктуре российских железных дорог устройства непрерывного съема данных, сеть передачи, каналобразующие устройства, а также технический персонал по обработке диагностической информации в совокупности представляют *систему технического диагностирования и мониторинга (СТДМ)* устройств ЖАТ.

Методы технического обслуживания.

При эксплуатации устройств и систем ЖАТ следует обеспечивать необходимый уровень надежности и безопасности. В релейных системах ЖАТ это достигается за счет использования реле первого класса надежности в ответственных цепях и соответствующих схемных решений, включающих мероприятия по проверке всех условий безопасности при реализации технологических операций. В компьютерных системах ЖАТ применяются более совершенные устройства, построенные на микропроцессорной основе. Для достижения высокого уровня надежности их функционирования используются элементная база, имеющая низкую интенсивность потока отказов, средства встроенного контроля и самоконтроля, мероприятия по резервированию отдельных узлов.

Для поддержания высокого уровня безотказности устройств ЖАТ проводятся мероприятия по их ТО. Существует несколько подходов (рис. 1) к организации ТО. Первый подход не требует существенного обслуживания устройства и определяется его наработкой до отказа, не нуждается в больших материальных затратах и большом штате обслуживающего персонала. Такой метод ТО используется при 100%-ном резервировании или когда устройство не выполняет ответственных функций по обеспечению безопасности. Второй подход к ТО – обслуживание, определяемое временными интервалами. Он требует составления плана ТО с установленными сроками проводимых мероприятий, а также наличия специальных бригад по обслуживанию устройств. Этот вид ТО достаточно дорогой и не всегда является оптимальным (операции по ТО могут быть запланированы после фактически

свершившегося отказа, т. е. слишком поздно, или, наоборот, могут быть проведены преждевременно). Наиболее совершенным является третий подход к ТО – обслуживание, определяемое фактическим (текущим) состоянием устройства (системы). Он требует наличия средств диагностирования текущего состояния рабочих параметров устройства. Данный метод сравнительно недорогой и не требует многочисленного штата обслуживающего персонала. Более того, обслуживание по фактическому состоянию позволяет максимально использовать ресурс устройств: ремонт и замена производятся не по плану, а в соответствии с наработкой и текущим техническим состоянием.

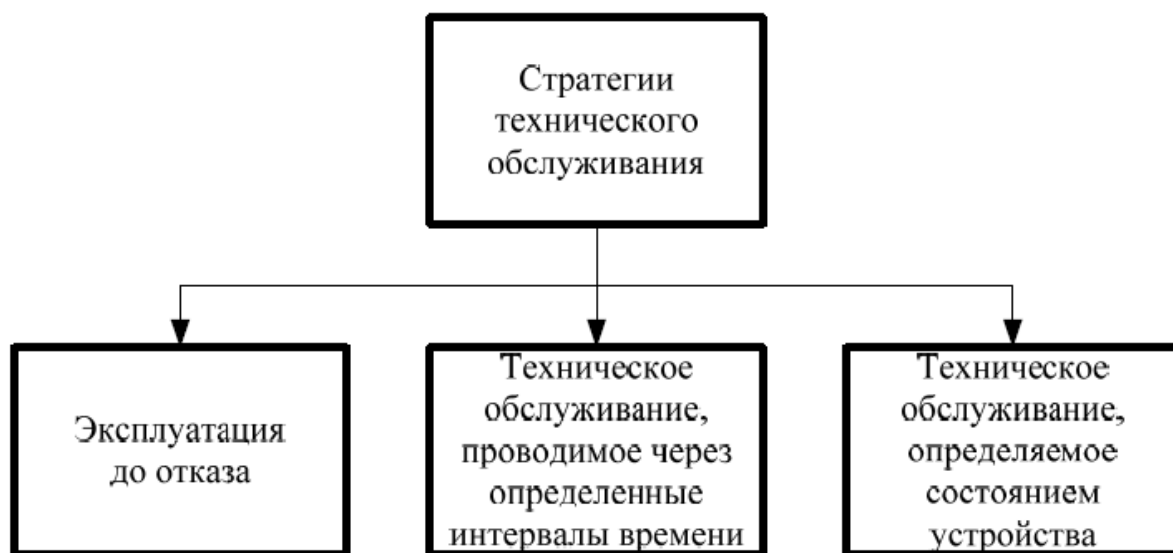


Рис. 1 Стратегии технического обслуживания

На российских железных дорогах используется второй подход, называемый еще планово-предупредительным, или регламентным методом ТО. Он включает в себя ряд мероприятий, проводимых с некоторой периодичностью в соответствии со специально разработанным графиком. Как отмечалось выше, такой подход не всегда оптимален и весьма дорог, кроме того, у обслуживающего персонала имеется соблазн не выполнять или выполнять некачественно часть работ, т. к. зачастую операции по ТО рутинны, а контроль фактического их выполнения отсутствует.

Современным является третий подход – обслуживание устройств по их фактическому состоянию. Для осуществления перехода от регламентного метода ТО к методу обслуживания устройств по их фактическому состоянию необходимо обеспечить непрерывный контроль функциональных узлов за счет встроенных и надстраиваемых средств контроля. Постановка специализированных датчиков в уже действующую релейную технику затруднительна и является весьма затратной, а быстрый переход на применение только микропроцессорной техники, снабженной функцией самоконтроля, невозможен. Ввиду этого актуальным становится использование надстраиваемых средств технического диагностирования и мониторинга (ТДМ).

Системой технического диагностирования является совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимая для проведения диагностирования (контроля) по правилам, установленным в технической документации.

Виды систем технического диагностирования приведены в диаграмме на рис. 2. Так, системы технического диагностирования можно классифицировать по двум признакам: виду диагностирования и степени участия человека в процессе диагностирования. По виду диагностирования различают системы тестового и рабочего (функционального) диагностирования. К *системам рабочего диагностирования* относятся системы, в которых процесс определения технического состояния связан с подачей только рабочих воздействий на технический объект без отключения объекта диагностирования от работы. В таком случае средства диагностирования являются пассивными – только воспринимают информацию. В отличие от них в системах *тестового диагностирования* процесс определения технического состояния объекта связан с подачей специальных тестовых воздействий и кратковременным отключением объекта диагностирования от работы. Системы тестового диагностирования являются активными – вырабатывают тестовые сигналы и фиксируют реакцию диагностируемого объекта. Системы диагностирования могут также быть *гибридными* и включать в себя как рабочее, так и тестовое диагностирование.



Рис. 2 Классификация систем диагностирования

По степени участия человека в процессе диагностирования системы делятся на *ручные*, *автоматизированные* и *автоматические*. Самая высокая доля участия человека – в ручных системах диагностирования. Автоматические системы диагностирования не требуют вмешательства человека в процесс. К системам автоматизированного диагностирования относятся системы с частичным участием человека. Наиболее совершенным является автоматическое диагностирование, т. к. исключает влияние человеческого фактора на результат. Современные СТДМ ЖАТ не имеют достаточно совершенных средств по анализу диагностической информации и требуют частичного вмешательства человека с целью обработки данных.

По виду диагностирования СТДМ ЖАТ относятся к системам рабочего диагностирования (рис. 3). Объект выполняет свои функции: воспринимает входные данные x_i и вырабатывает по ним выходные y_i . Человек(технолог) не имеет влияния ни на объект диагностирования, ни на средства диагностирования, в его функции входит только анализ диагностической информации. Однако технолог может подсказывать

обслуживающему персоналу последовательность действий и сообщать результат диагноза с целью правильной организации работ по скорейшему восстановлению рабочих характеристик контролируемого объекта.



Подобная организация работы СТДМ ЖАТ не является совершенной, но полностью исключает влияние возможных ошибочных действий технолога на объекты управления и позволяет СТДМ ЖАТ выполнять свои функции, в числе которых решение задач диагностики. При этом достигается:

- контроль технического состояния устройств ЖАТ с возможностью фиксации отклонений их рабочих параметров от допустимых норм;
- сокращение количества отказов, благодаря выявлению момента их зарождения на стадии предотказного состояния;
- контроль качества выполнения ТО, а в некоторых случаях – и автоматизация выполнения ТО;
- создание предпосылок к переходу на ТО устройств по их фактическому состоянию;
- сокращение времени на поиск неисправностей и на восстановление работоспособного состояния устройств ЖАТ;
- архивация, хранение, восстановление событий и сбор статистической информации.

Под *надежностью* понимают свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Рассматривая в качестве объекта какое-либо устройство ЖАТ, отметим, что в процессе его работы вероятна потеря функциональных возможностей (например, невозможность перевода стрелки при задании маршрута), т. е. не исключено снижение надежности относительно заданного уровня. Причиной снижения надежности является возникновение события дефекта (повреждения либо отказа).

С точки зрения надежности технический объект может находиться в двух множествах состояний: исправных и неисправных. В *исправном состоянии* технический объект соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации (НТКД), *неисправное* же состояние связано с нарушением хотя бы одного из этих требований.

Исходя из последствий дефектов технического объекта, множество неисправных состояний можно разбить на несколько подмножеств: работоспособных, неработоспособных и предельных состояний.

Работоспособное состояние заключается в сохранении в соответствии с НТКД значений всех параметров, характеризующих способность технического объекта выполнять заданные функции. Переход в *неработоспособное* состояние связан с

выходом значений хотя бы одного такого параметра за пределы норм, определенных НТКД. *Предельное* состояние фиксируется при недопустимости или нецелесообразности дальнейшего применения объекта по назначению. При этом восстановление объекта зачастую невозможно или неприемлемо по моральным или экономическим соображениям.

Среди неработоспособных состояний объектов в системах ЖАТ принято выделять так называемые защитные и опасные состояния. *Защитному* состоянию соответствует такое состояние технического объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции по обеспечению безопасности движения поездов (БДП), соответствуют требованиям НТКД. *Опасному* же состоянию соответствует состояние технического объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность системы выполнять заданные функции по обеспечению БДП, не соответствует требованиям НТКД.

Во множестве работоспособных состояний выделяется подмножество так называемых предотказных состояний – таких состояний, нахождение в которых технического объекта влечет при дальнейшей эксплуатации неизбежную потерю его работоспособности. Выделение подмножества предотказных состояний позволяет создавать предпосылки для предотвращения событий отказов.

Переходы технического объекта между состояниями характеризуются ухудшением или улучшением рабочих характеристик. Диаграмма на рис. 4 поясняет все возможные переходы технического объекта из состояния в состояние.

Переход 1 из исправного состояния в работоспособное называется *повреждением* технического объекта. Переход 2 в неработоспособное защитное состояние происходит под воздействием *защитного отказа*, а переход 3 в неработоспособное опасное состояние – под воздействием *опасного отказа*. Примером защитного отказа является возникновение ложной занятости рельсовой цепи, перенос красного огня перегонной сигнальной точки при перегорании лампы светофора на предыдущую, сваривание тылового и общего контактов реле. К опасным отказам относятся ситуации ложной свободности рельсовых цепей, включения более разрешающих показаний светофоров вместо менее разрешающих (например, включение зеленого огня вместо желтого при неисправности светофора), перевод стрелки под подвижным составом. Отказ считается опасным, даже если авария не произошла. Наступлению отказа может предшествовать работоспособное предотказное состояние – *предотказ* (переход 4 на рис. 4). Все вышеперечисленные переходы связаны с ухудшением рабочих характеристик технического объекта. Улучшение функциональных возможностей объекта возможно благодаря событиям восстановления 5 и капитального ремонта 6.

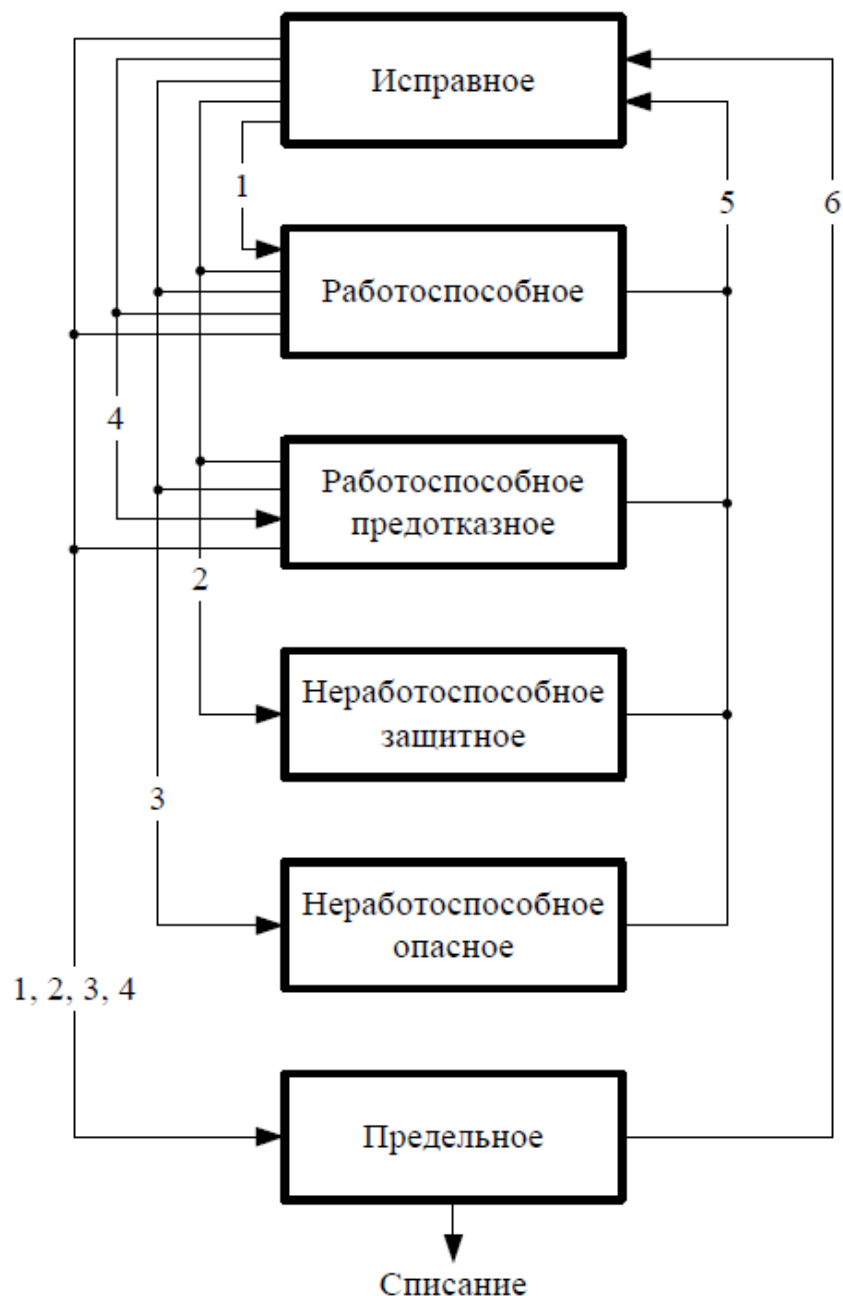


Рис. 4 Диаграмма состояний технического объекта

При работе технических объектов отказы возникают с различным характером появления. Принято выделять внезапные отказы, перемежающиеся и сбойные, а также отказы постепенные.

Внезапный отказ характеризуется скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров объекта. Подобного вида отказ является случайным событием, происходящим в момент времени, который трудно предсказать. Примерами таких отказов являются обрывы полупроводниковых элементов, перегорание лампочек и пр. *Перемежающийся отказ* – это многократно возникающий самоустраняющийся отказ одного и того же характера. Примером перемежающегося отказа является кратковременная ложная занятость рельсовой цепи при нарушении контакта в приварных и обводных соединителях. В отличие от *сбоев* для устранения перемежающихся отказов не требуется вмешательство человека. Сбои наиболее часто наблюдаются в микроэлектронной технике и связаны с разнообразными внешними факторами, влияющими на работу внутренних элементов (к примеру, изменения в

температуре, питающих напряжениях и пр.). *Постепенный отказ* возникает в результате постепенного изменения значений одного или нескольких параметров объекта. Такой отказ может быть связан с физическим старением устройства. Примерами являются отказы контактов реле в результате их окисления в процессе продолжительной работы.

Так как постепенные отказы происходят в результате непрерывного ухудшения рабочих параметров технических объектов, их можно прогнозировать. Поэтому среди работоспособных состояний технического объекта выделяется критическое работоспособное состояние, переход в которое влечет за собой скорый переход в неработоспособное состояние. Выделение критического работоспособного состояния у объектов дает техническому персоналу некоторое время на выбор технологии ремонта и восстановление рабочих характеристик объекта до наступления отказа. Переход технического объекта в такое состояние принято называть *предотказом*, а само состояние – *предотказным состоянием*.

***Предотказное состояние** – такое работоспособное состояние объекта, когда хотя бы один из параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, достигает граничного значения, определенного НТКД, при котором не может быть гарантирована работоспособность объекта при дальнейшем изменении данного параметра.*

Отказы непосредственно определяют такое важное свойство устройств и систем ЖАТ, как безопасность. Оно обуславливает и безопасность самого перевозочного процесса.

Безопасность объектов ЖАТ – это их свойство непрерывно сохранять исправное, работоспособное, предотказное или защитное состояния в течение некоторого времени или наработки.

2 Принципы построения и функционирования СТДМ

Организационная структура всех СТДМ ЖАТ схожа (рис. 5): они строятся по иерархическому принципу в виде многоуровневых систем (в АСДК и КДК СУ разработчики выделяют два уровня, в остальных системах – три). На уровне низовой автоматики осуществляется сбор информации о состоянии устройств СЦБ, таким образом, данный сегмент можно условно назвать уровнем «зарождения» диагностической информации. Он включает в себя специализированные датчики, подключаемые к устройствам СЦБ:

- на станциях – на посту электрической централизации (или в транспортабельных модулях);
- на перегонах и переездах – в релейных шкафах (при их наличии).

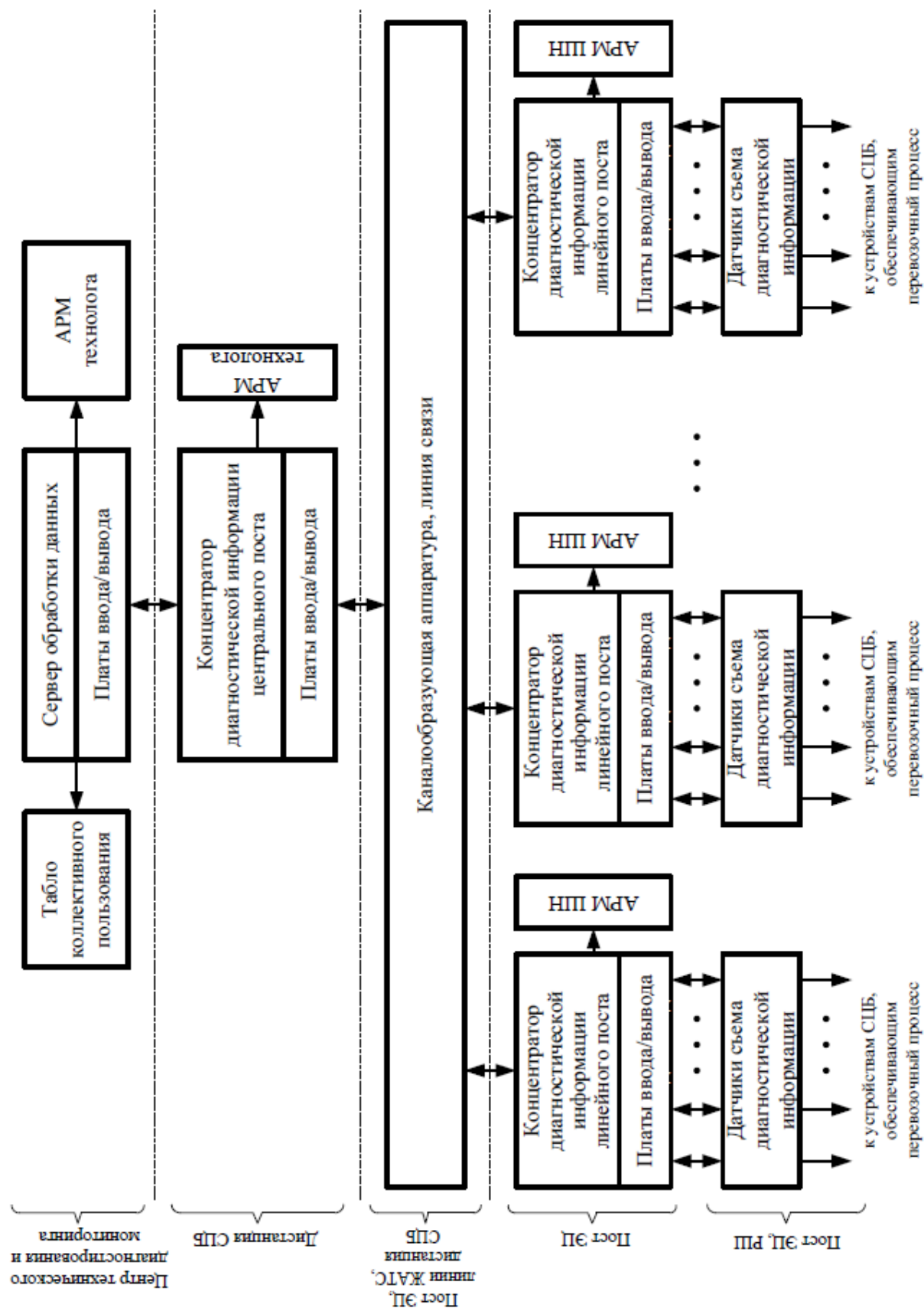


Рис. 5 Организационная структура СТДМ ЖАТ.

Датчики опрашиваются не непрерывно, а периодически, однако фактически процесс мониторинга можно считать непрерывным ввиду того, что общее время наблюдения за устройствами СЦБ многократно превышает период опроса датчиков. Датчики либо сами посылают собранные данные на платы концентратора информации (например, так делает АКСТ), либо в ответ на запрос, инициируемый самим концентратором (например, опрос датчика ПИК-10). В концентраторе, расположенном на посту электрической централизации, производится первичная обработка диагностической информации и ее трансляция по тракту передачи данных в концентратор информации центрального поста, расположенный в здании дистанции СЦБ. Этот уровень СТДМ принято называть уровнем связи.

Концентратор центрального поста служит для получения, обработки и архивирования диагностической информации. Отсюда, кроме того, информация передается на дорожный сервер мониторинга.

Для централизованной обработки диагностической информации в пределах железных дорог организуются центры технического диагностирования и мониторинга (ЦМ), технологи которых оперативно реагируют на проявления отказов и предостказов, а также координируют действия обслуживающего персонала дистанций СЦБ, тем самым способствуя повышению эффективности работы устройств СЦБ.

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод о том, что СТДМ функционируют в общем случае на двух уровнях: дистанции СЦБ и ЦМ.

Функционирование ЦМ на железных дорогах России преследует реализацию основной *концепции СТДМ – повышение надежности работы устройств СЦБ, непосредственно обеспечивающих безопасный перевозочный процесс, за счет оперативного контроля их технического состояния.*

В настоящее время ЦМ являются подразделениями дирекций инфраструктуры. В любом ЦМ есть начальник и технологи-аналитики (ШДМ), за каждым из которых закрепляется определенный участок контроля. Рассмотрим принципы работы ЦМ на примере действующего ЦМ на Октябрьской ж. д.

ЦМ территориально расположен в центре Санкт-Петербурга в здании единого центра управления перевозками Октябрьской ж. д. (Московский вокзал). Организационная иерархия ЦМ подразумевает подчинение технологов-аналитиков начальнику ЦМ, а последнего – высшим должностным лицам дирекции инфраструктуры Октябрьской ж. д. Каждый технолог закреплен за группой дистанций СЦБ, качество функционирования устройств ЖАТ в которых он и поддерживает. Анализируя возникающие диагностические ситуации, технологи вырабатывают рекомендации бригадам ТО дистанций СЦБ по поддержанию надежной работы устройств СЦБ или устройств самих СТДМ.

Для помощи технологам ЦМ и дистанций СЦБ разработчики СТДМ организуют сервисные центры, инженеры которых включаются в работу в случаях развития неразрешимых ситуаций в работе ЦМ и при необходимости корректировки программного обеспечения (ПО) СТДМ.

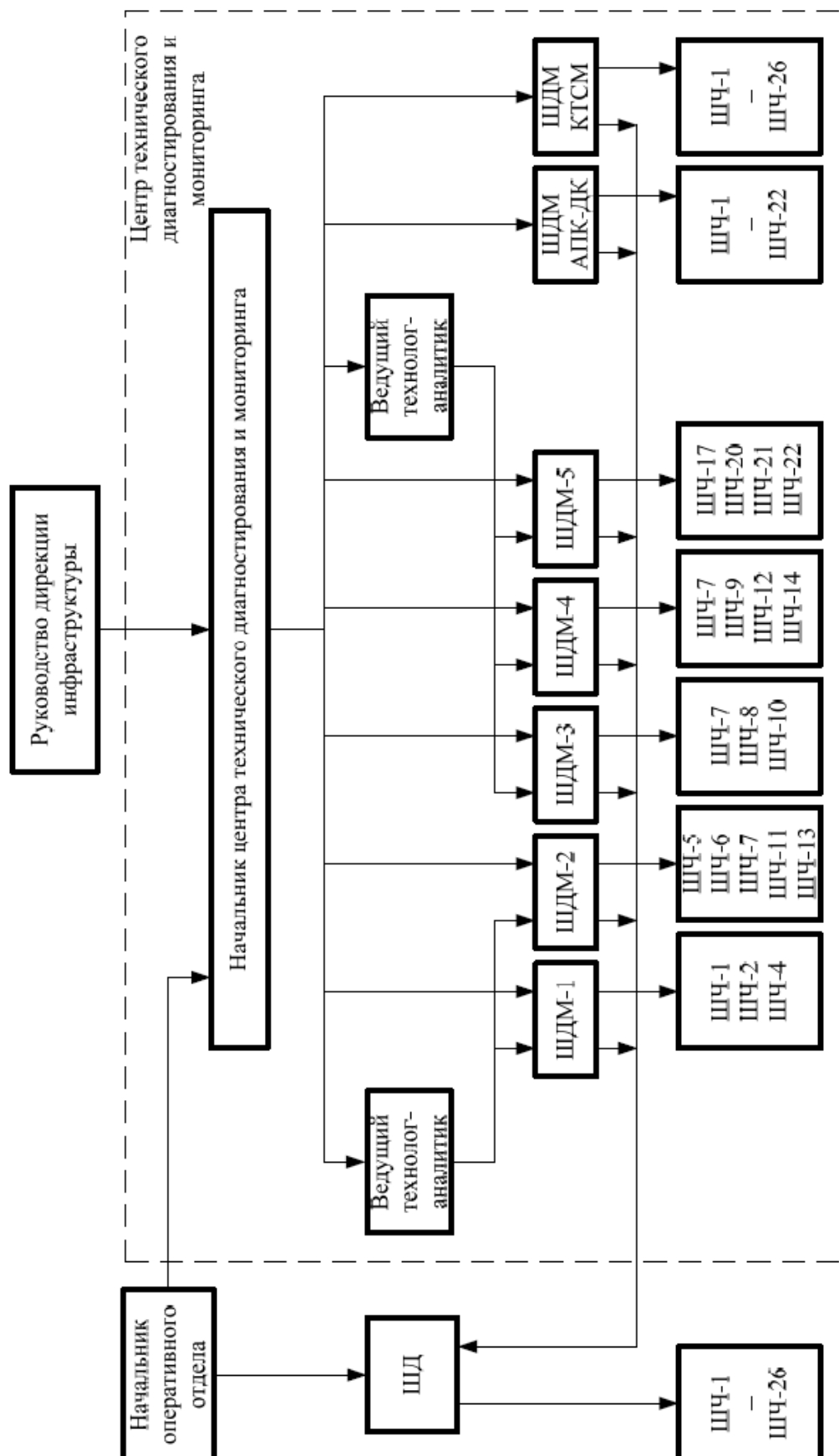


Рис. 6 Структура центра мониторинга.

Технологи ШДМ-1 и ШДМ-2 анализируют состояние устройств ЖАТ в дистанциях СЦБ на линии Москва – Буловская, технолог ШДМ-3 занимается обработкой данных на участке Санкт-Петербург – Кошта, технолог ШДМ-4 отвечает за направление Мга – Усть-Луга, ШДМ-5 – Свирь – Мурманск. Отдельно технологи ШДМ АПК-ДК и ШДМ КТСМ контролируют состояние устройств АПК-ДК и КТСМ на всех объектах контроля. Каждый технолог связан с главным диспетчером хозяйства автоматики и телемеханики (рис. 6).

В перспективе не исключено введение должности ведущего технолога-аналитика, который будет выделять важную информацию о состоянии устройств СЦБ, помогать технологам в сложных ситуациях, консультировать сменных технологов и работников дистанций СЦБ.



Рис. 7 Первый центр мониторинга устройств ЖАТ

3 Автоматизированные рабочие места в СТДМ

Средством отображения диагностической информации в ЦМ является автоматизированное рабочее место (АРМ) АПК-ДК СТДМ – комплекс задач «Мониторинг» (рис. 8). Данное АРМ устанавливается на компьютеры технологов и позволяет им просматривать диагностическую информацию в пределах всей дороги. С целью централизации контроля в помещении ЦМ устанавливается табло коллективного пользования (рис. 7), на которое выводятся основные показатели работы дистанций СЦБ и дороги в целом.

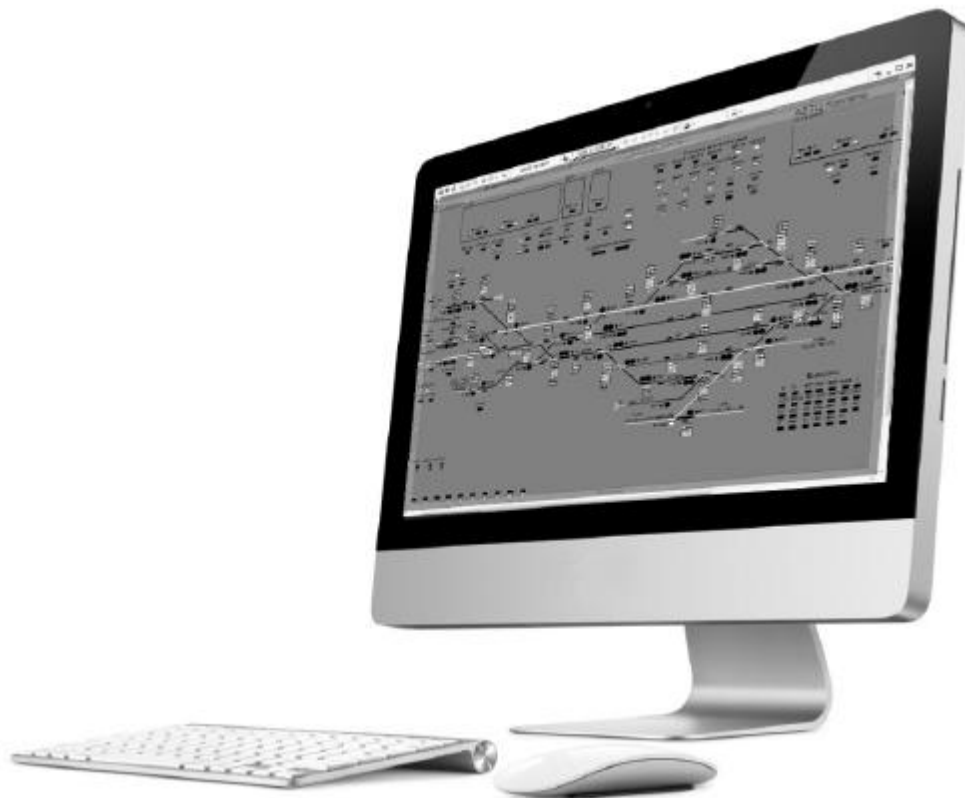


Рис. 8 Автоматизированное рабочее место технологов дистанций СЦБ и ЦМ

КЗ «Мониторинг» представляет собой автоматизированное рабочее место, позволяющее просматривать диагностическую информацию в различных масштабах: от всей сети железных дорог России, конкретной железной дороги, определенного участка до станции (перегона) и сложного технического объекта (например, электропитающей установки). Переходы от менее детализированных объектов к более детализированным и наоборот осуществляются манипулятором «мышь».

Используемые обозначения состояний диагностируемых объектов приняты согласно действующему отраслевому стандарту (рис. 9):

Простейшим звеном контроля является отображение станции (перегона), где индицируется состояние устройств ЖАТ (наличие электропитания, режим горения сигналов, контроль предохранителей, сигнализаторов заземления и т. д.), мнемосхема путевого развития со всеми устройствами ЖАТ (повторителями светофоров, границами рельсовых цепей, устройствами ограждения и пр.) с указанием их технического состояния и численными данными измерений (рис. 10).



Рис. 9 Используемые обозначения на видах КЗ «Мониторинг»

КЗ «Мониторинг» выполнен с учетом психологических особенностей восприятия цветов человеком: наиболее тревожное состояние указывается красным мигающим цветом, а нахождение объекта в исправном состоянии – зеленым либо белым цветами. Так, в индикации рельсовых цепей выделяются несколько цветов: красный, сигнализирующий о логической занятости; желтый – о замкнутости стрелочно-путевой секции или участка пути в маршруте; желтый мигающий, обозначающий режим искусственной разделки секции; черный – свобода рельсовой цепи; серый – потерю диагностической информации. Для светофоров горение разрешающих показаний указывается зеленым цветом, запрещающего показания – красным, потеря диагностической информации – серым. Стрелки в плюсовом положении подсвечиваются зеленым, в минусовом – желтым цветами. На отображении станции присутствуют также индикаторы стрелочных коммутаторов, стиль представления которых аналогичен исполнению пультов манипуляторов дежурных по станциям (зеленый – плюсовое положение, желтый – минусовое, красный – потеря контроля).

Кроме дискретной информации о состоянии устройств ЖАТ в КЗ «Мониторинг», можно видеть результаты предусмотренных разработчиком измерений, например, напряжения на путевых элементах рельсовых цепей, напряжение источников питания и пр. Они высвечиваются цифрами, вписанными в прямоугольное поле. В случае, если измеренное значение находится в норме, цифры горят черным цветом, предотказное состояние обозначается желтым мигающим цветом измеренного значения в индикаторе, выход за границы работоспособности – красным мигающим цветом измеренного значения в поле индикатора.

Помимо информации о состоянии всех объектов контроля на станции, КЗ «Мониторинг» выдает сообщение об общем числе отказов и предотказов, возникших на станции и на текущий момент не устраненных, что показывается большими цифрами справа от наименования станции: красный шрифт соответствует числу отказов, желтый – числу предотказов.

С целью удобства восприятия информации для сложных объектов ЖАТ вводятся дополнительные окна отображения диагностических данных:

- управляющего вычислительного комплекса микропроцессорной централизации (рис. 11);
- электропитающей установки (рис. 12);
- устройства бесперебойного электроснабжения (рис. 13);
- дизель-генераторного агрегата (рис. 14);
- сигнальных точек (рис. 15), оборудованных устройствами БКА и АДСУ;

- состояния самих устройств СТДМ (самодиагностирование) (рис. 16).

Во всех окнах отображения сложных объектов (рис. 11–16) показаны взаимозависимости элементов внутренней структуры и их технические состояния, указаны пути протекания токов, рядом с контролируемыми элементами при необходимости выводится измерительная информация. Используемые на рис. 11–16 цвета соответствуют принятым обозначениям на рис. 9.

На отображении управляющего вычислительного комплекса (рис. 11) структурно показаны основные блоки управляющего вычислительного комплекса УВК РА и связи между ними. Три рабочих места дежурного по станции (РМ) связаны между собой и блоками центральных постовых устройств (ЦПУ). В исправном состоянии все линии связи подсвечиваются зеленым цветом, сигнализация красным цветом соответствует случаям возникновения нарушений в работе. Для контроля триад модулей съема информации (МСИ), модулей выходных усилителей (МВУ), а также модулей безопасного контроля и отключения (МБКО) предусмотрены ячейки, при исправности каждого из объектов горящие зеленым цветом, а в случае отказов загорающиеся красным.

Для энергоснабжения предусмотрено сразу несколько окон контроля: электропитающей установки (рис. 12), устройств бесперебойного питания (рис. 13) и дизель-генераторных агрегатов (ДГА) (рис. 14). В питающей установке условными обозначениями показаны пути протекания токов – по зеленому цвету линий можно определить объекты, от которых осуществляется питание (например, на рис. 12 это фидер 2, при этом напряжение в фидерах 1 и 3 также присутствует (см. зеленые линии в устройстве ввода питания фидеров ВУФ1 и ВУФ3). Кроме того, на виде отображения питающей установки отдельно показан трансформаторный щит (ТЩ), где выведены полюсы питания. При необходимости технолог может включить режим просмотра измерительной информации по данным объектам. Наведение курсора мыши на измерительное поле выводит подсказку о том, какой именно параметр измеряется.

В нижней части рис. 12 можно увидеть устройство бесперебойного питания (УБП). Двойным щелчком мыши по полю УБП (см. рис. 10 и рис. 12) можно перейти на отображение его контроля (рис. 13), где представлена не только структура УБП, но и набор индикаторов состояния входящих в него элементов (см. рис. 13). При необходимости технолог также может вывести измерительную информацию в УБП на развернутое окно с отображением.

Контроль ДГА с целью концентрации диагностической информации о сложном объекте также выведен в отдельном окне, разворачиваемом при двойном щелчке на соответствующем поле на отображении станции или питающей установки (рис. 14).

Одним из новшеств в КЗ «Мониторинг» является отображение и контроль автомата диагностики сигнальных установок (АДСУ), устанавливаемого взамен автоматов контроля сигнальных точек (АКСТ). На рис. 15 условно даны две смежные рельсовые цепи и рядом стоящий светофор. Здесь структурно показан принцип действия рельсовой цепи, а также пути протекания токов при четном и нечетном направлениях движения поездов. По сравнению с предыдущими отображениями здесь есть уникальные индикаторы состояния реле и кодовых путевых транзиттеров (КПТШ). Стрелка реле направлена вверх и горит зеленым при включенном состоянии реле, в противном случае – стрелка направлена вниз.

Бушевец

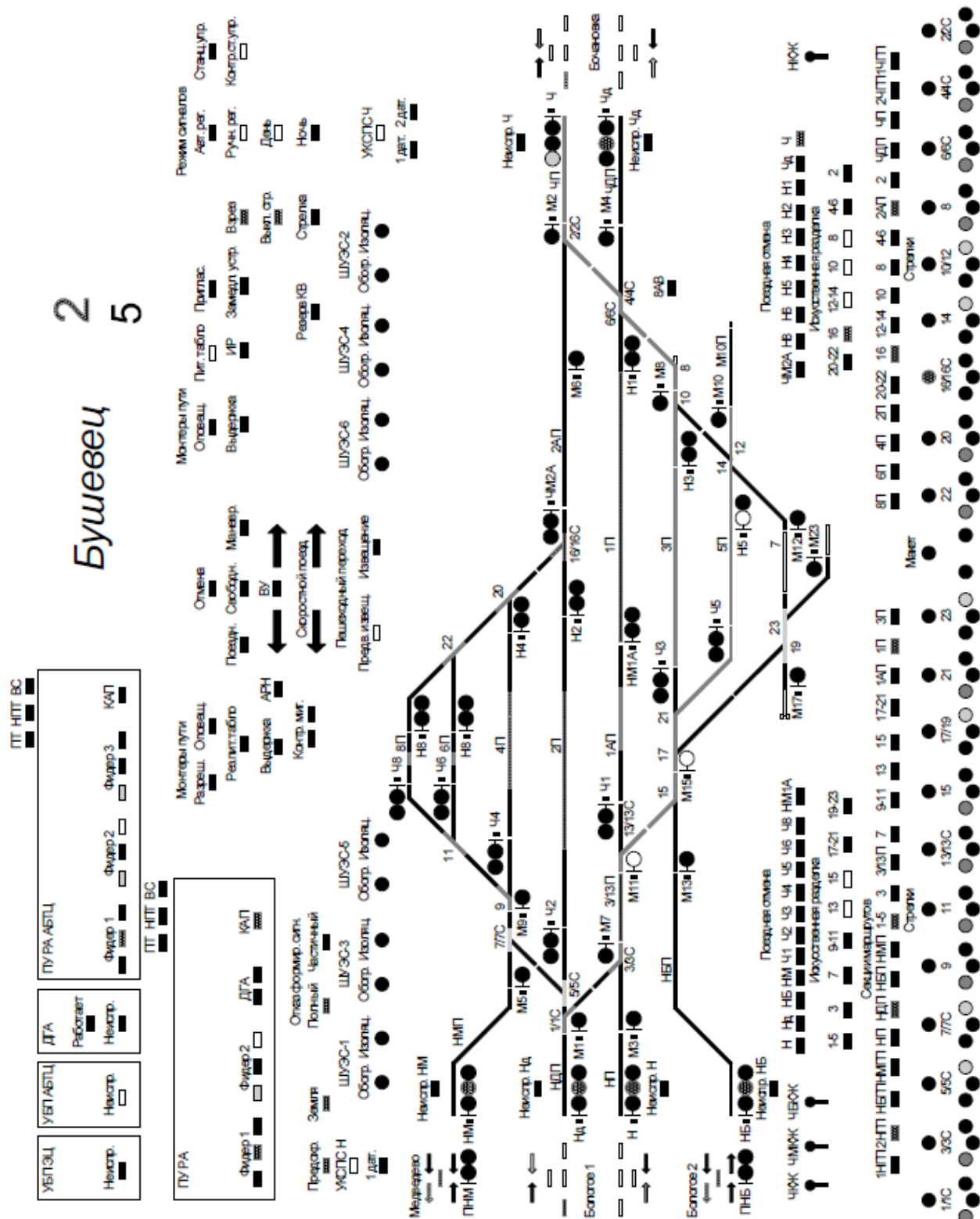


Рис. 10 Отображение станции в комплексе задач «Мониторинг»

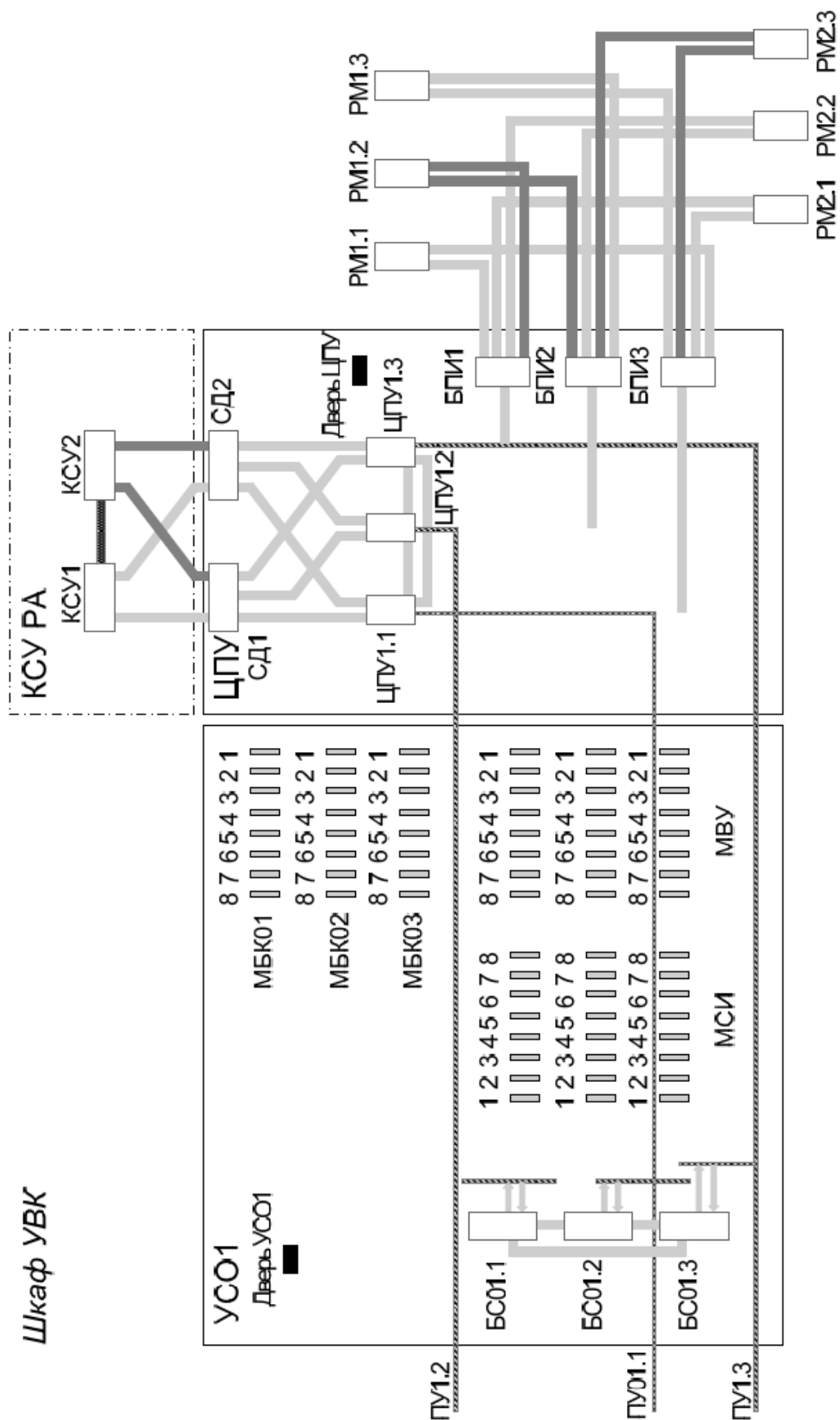


Рис. 11 Отображение управляющего вычислительного комплекса микропроцессорной централизации в комплексе задач «Мониторинг»

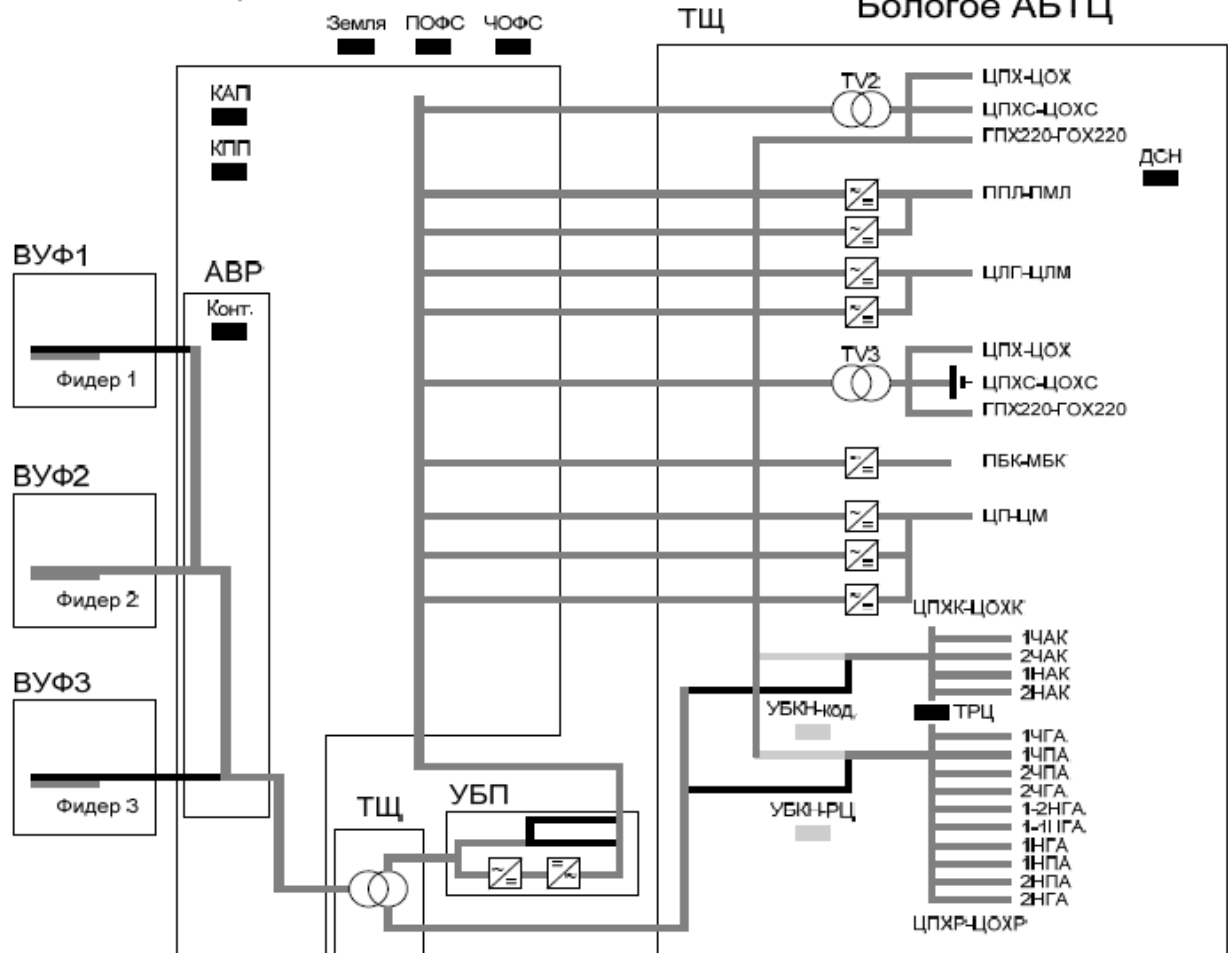


Рис. 12 Отображение электропитающей установки в комплексе задач «Мониторинг»

УБП

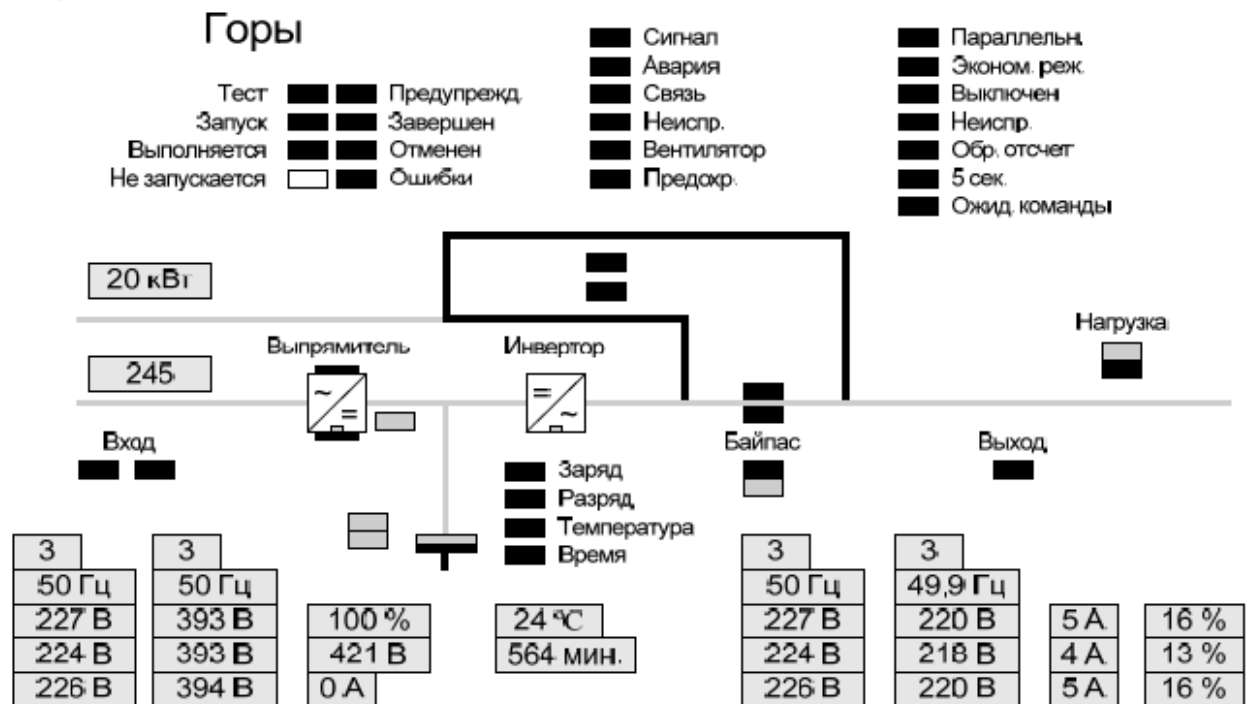
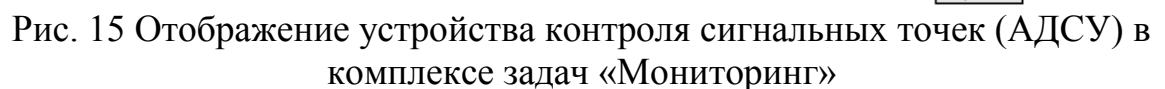


Рис. 13 Отображение устройства бесперебойного питания в комплексе задач «Мониторинг»



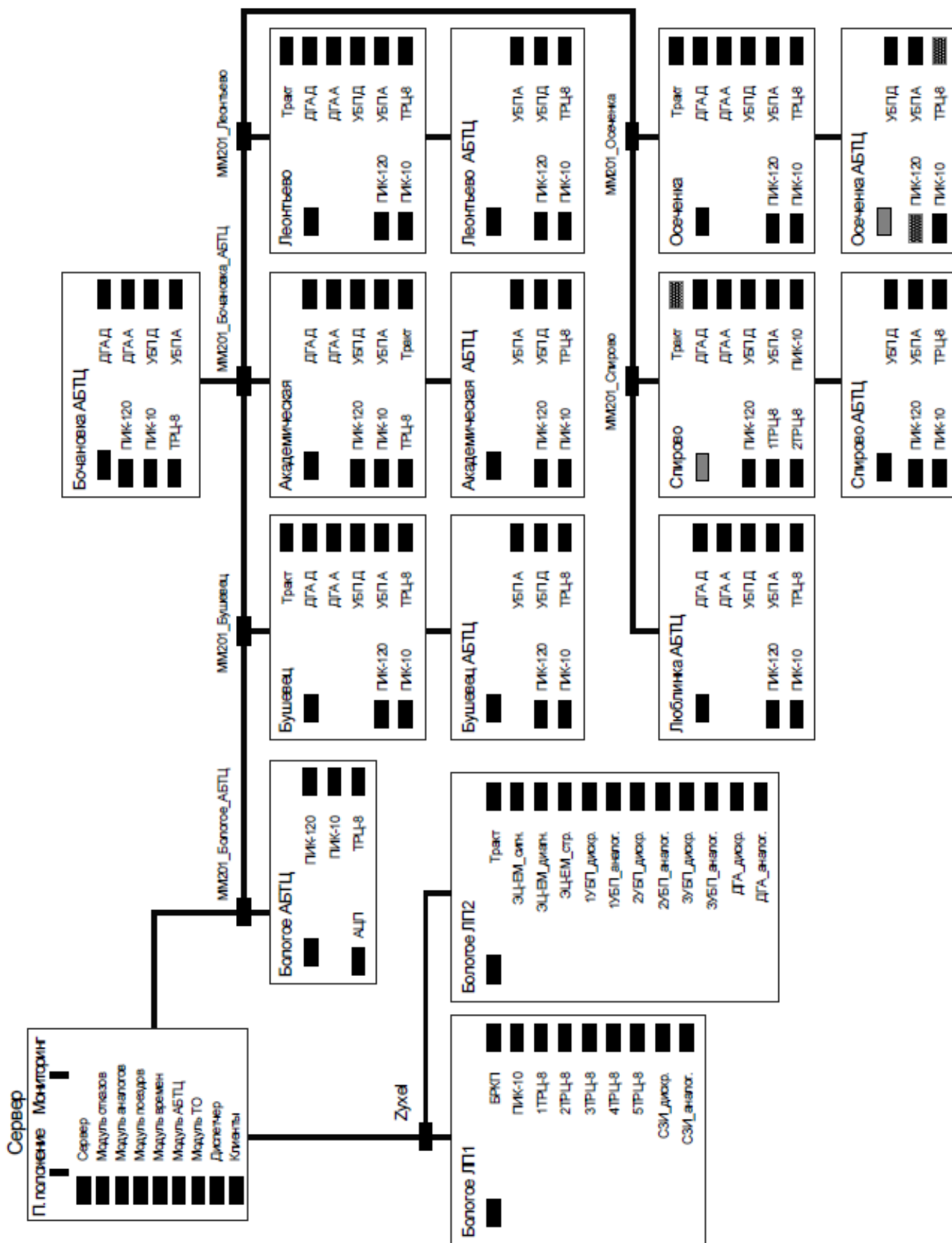


Рис. 16 Отображение самодиагностирования СТДМ в комплексе задач «Мониторинг»

Для организации контроля состояния самих устройств СТДМ предусматривается окно самодиагностирования системы. Здесь фактически индикаторами показаны состояния всех устройств съема диагностической информации в пределах одной дистанции СЦБ, а также взаимосвязи между концентраторами. В нормальном состоянии (когда все устройства СТДМ исправны) все индикаторы горят черным цветом. В случае потери работоспособности одним из устройств съема данных ячейка возле наименования станции загорается желтым цветом (см. концентратор информации станции «Спирово» на рис. 16). При отказе всех устройств съема данных на станции или самого концентратора ячейка горит красным. Для контроля состояния сервера предусмотрено отдельное поле: здесь индицируется состояние самого сервера и ПО АРМ.

Кроме указанных выше устройств, отдельные окна отображения данных в КЗ «Мониторинг» предусмотрены для ячеек диагностирования пожарной сигнализации, сигнализаторов заземления, фиксации отмены маршрутов.

Такая структура КЗ «Мониторинг» позволяет централизовать диагностическую информацию от устройств контроля, относящихся к одному объекту, что обеспечивает удобство при использовании АРМ.

4 Техническая реализация СТДМ

Первые системы, позволяющие передавать на центральный пост информацию с децентрализованного объекта управления на железнодорожном транспорте, возникли на советских железных дорогах. В 1934 г. Инженер Д. С. Спасский изобрел устройство для подачи сигналов с линии на диспетчерский пункт. Уже в 1935 г. стали появляться первые американские патенты на изобретение устройств диспетчерского контроля. Развитие науки и техники в первой половине XX в. привело к созданию первых прототипов СТДМ ЖАТ (естественно, в те годы данные системы такого названия не имели) – систем диспетчерского контроля.

В 1949 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта разработал первую систему диспетчерского контроля, получившую название ДК-ЦНИИ-49. В период с 1949 по 1951 г. ею был оборудован опытный участок Московско-Курской железной дороги Тула –Пахомово протяженностью 53 км (примечательно, что спустя ровно пол века на этом же объекте будет внедрена первая микропроцессорная система диспетчерского контроля под названием Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля (АПК-ДК)). С 1951 г. началось активное внедрение первой системы диспетчерского контроля на железных дорогах СССР.

В 1957 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта усовершенствовал свою систему диспетчерского контроля и создал быстродействующую систему БДК-ЦНИИ-57. Система стала активно тиражироваться на советских железных дорогах. В 1966 г. была создана еще одна система диспетчерского контроля, работающая с применением частотного принципа передачи информации – система ЧДК. К 70-м гг. XX в. более 50 тыс. км советских железных дорог были оборудованы системами диспетчерского контроля.

Первые СТДМ ЖАТ – системы диспетчерского контроля – имели возможность получения ограниченного количества диагностической информации. Ими контролировались только дискретные параметры устройств ЖАТ –

свободность/занятость рельсовых цепей, открытие/заккрытие светофоров, положение стрелок, состояния переездов и т. п. Мощность множества передаваемой информации была ограничена (например, в системе ЧДК общее количество контролируемых объектов 480).

16 декабря 1947 г. физики BellLabs Уолтер Браттейн и Джон Бардин создали первый в мире работоспособный точечный транзистор. Это событие перевернуло мир техники, в том числе используемой на железнодорожном транспорте. Транзисторная техника стала активно развиваться, появились транзисторы на кристалле, затем логические элементы, микросхемы и микропроцессоры. Сегодня все они составляют элементную базу СТДМ ЖАТ. Использование аналогово-цифровых преобразователей дало возможность получения непрерывной диагностической информации (напряжения, токи, сопротивления и т. д.), стал возможным не только диспетчерский контроль, но и прогнозирование технического состояния.

В 80-е гг. XX в. на кафедре Автоматики и телемеханика на железных дорогах Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта под руководством А. В. Гриненко проводятся первые работы по автоматизации измерений параметров устройств ЖАТ. Первые прототипы современных СТДМ ЖАТ были получены в лабораториях кафедры в 1994 г. В 1996 г. в Чудовской дистанции сигнализации и связи Октябрьской железной дороги впервые был внедрен Аппаратно-программный комплекс диспетчера дистанции сигнализации и связи (АРМ-ШЧД). Впоследствии он вошел в АПК-ДК. Эта система стала активно развиваться и внедряться в эксплуатацию на Восточно-Сибирской железной дороге. Параллельно разработкой аналогичного средства технического диагностирования занимался Институт по проектированию сигнализации, централизации, блокировки, связи и радио на железнодорожном транспорте Гипротрансигнальсвязь – филиал АО Росжелдорпроект. Впоследствии систему, разработанную его сотрудниками, назвали Автоматизированная система диспетчерского контроля (АСДК).

В 1999 г. систему АПК-ДК внедрили на станции Тула Московской железной дороги. Это событие произошло под руководством научных сотрудников кафедры Автоматики и телемеханика на железных дорогах Петербургского государственного университета путей сообщения А. В. Гриненко и Б. Л. Горбунова. Чуть позже, в начале XXI в., на базе научных лабораторий кафедры были созданы предприятия ООО Компьютерные информационные технологии и ЗАО МПП ИМСАТ, функционирующие до сих пор.

В 2001 г. были изданы первые методические указания по проектированию АПК-ДК. Можно сказать, образовался новый класс устройств ЖАТ – систем автоматизированного контроля и технического диагностирования (рис. 17).

В 2002 г. в Ростове-на-Дону научно-производственным предприятием Югпромавтоматизация была создана Автоматизированная система диагностирования и контроля устройств сигнализации, централизации и блокировки (АДК-СЦБ). Сегодня системы АПК-ДК, АСДК, АДК-СЦБ – это основные СТДМ ЖАТ, действующие на железных дорогах России (табл. 1). Данные системы внедряются на различных полигонах по всей стране. Например, основным объектом внедрения АДК-СЦБ – Северо-Кавказская железная дорога; система АПК-ДК, к слову, внедрена на всех железных дорогах России. На некоторых из них даже в пределах одной дистанции действует несколько СТДМ ЖАТ.



Рис. 17 Системы железнодорожной автоматики и телемеханики

Для централизации процесса обработки диагностической информации с линейных постов данные передаются в концентраторы информации центральных постов, расположенных в зданиях дистанций СЦБ, а затем в специальные ситуационные центры – *центры мониторинга*. Первый такой центр начали строить в 2003 г. в Санкт-Петербурге – центр мониторинга Октябрьской железной дороги. В 2007 г. он был сдан в эксплуатацию. Сотрудники центра мониторинга, анализируют диагностическую информацию, получаемую от устройств ЖАТ. За годы работы центра количество отказов удалось сократить более чем в два раза.

К концу 2000-х гг. центры мониторинга устройств ЖАТ были спроектированы для многих железных дорог – в первую очередь, Западно-Сибирской, Северо-Кавказской, Московской и Куйбышевской.

Современные СТДМ ЖАТ постоянно совершенствуются: создаются новые измерительные контроллеры, улучшаются каналы передачи информации, повышается надежность самих элементов СТДМ ЖАТ, используются логические методы обработки диагностической информации, минимизируется количество измерительного оборудования и соответственно стоимость самой СТДМ ЖАТ и т. д. Более того, к началу 2010-х гг. руководители железных дорог пришли к важному выводу о необходимости комплексного анализа диагностической информации от всех объектов инфраструктуры железных дорог и, прежде всего, от объектов путевого хозяйства, хозяйства автоматики и телемеханики и хозяйства энергоснабжения. Стали создаваться ситуационные центры, куда стекается информация от систем автоматизированного диагностирования различных объектов инфраструктуры железных дорог.

СТДМ ЖАТ внедряются не только на магистральных железных дорогах, но и на сортировочных горках и в метрополитенах. Например, Ростовским отделением ОАО НИИАС с 2002 г. внедряется система Контрольно-диагностический комплекс устройств сортировочных горок (КДК-СУ), ориентированная на автоматизацию и механизацию сортировочных процессов, а также диагностирование устройств автоматики, обеспечивающих данные процессы. В 2010 г. был согласован проект оборудования станции Парнас Петербургского метрополитена средствами автоматизированного технического диагностирования АПК-ДК.

Таблица 1 Основные показатели систем технического диагностирования и мониторинга

Критерии сравнения	Системы удаленного контроля состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики					
	ЧДК, ДК-ЦНИИ	АПК-ДК СТДМ	АСДК	АПК-ДК	АДК-СЦБ	КДК-СУ
Производитель	ВНИИЖТ	Кафедра АТ совместно с ООО «КИТ»	Институт ГТСС совместно с ООО «Сектор»	Кафедра АТ совместно с ЗАО «МПП «ИМСАТ»»	НПП ЮГПА	ОАО «НИИАС»
Город	Москва	Санкт-Петербург	Санкт-Петербург	Санкт-Петербург	Ростов-на-Дону	Ростов-на-Дону
Годы внедрения	50–70 гг. XX в.	1997	1997	2000	2002	2002
Объекты внедрения	Железные дороги СССР	15 железных дорог РФ, в т. ч. Октябрьская, Московская, Северная	3 железных дороги РФ: Юго-Восточная, Горьковская, Куйбышевская	5 железных дорог РФ, в т. ч. Калининградская, Забайкальская, Дальневосточная	6 железных дорог РФ, в т. ч. Северо-Кавказская, Свердловская, Западная Сибирская	Сортировочные горки на ж. д. РФ, в т. ч. станции Бекасово-Сортировочное, Красноярск-Восточный, Санкт-Петербург-Московская-Сортировочная
Километраж покрытия ж. д., не менее	60 000	5000	2000	3000	2000	–
Структура	Иерархическая, трехуровневая	Иерархическая, трехуровневая	Иерархическая, двухуровневая	Иерархическая, трехуровневая	Иерархическая, трехуровневая	Иерархическая, двухуровневая
АРМ отображения информации	АРМ ПШ	КЗ «Мониторинг»	АРМ АСДК	АРМ АПК-ДК	АРМ ДК ПШ	АРМ КДК СУ
Уровень автоматизации процесса анализа диагностической информации	Отсутствует	Средний				Высокий

Окончание табл. 1

Критерии сравнения	Системы удаленного контроля состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики					
	ЧДК, ДК-ЦНИИ	АПК-ДК СТДМ	АСДК	АПК-ДК	АДК-СПБ	КДК-СУ
Полнота контроля	Низкая: только дискретная информация о состоянии светофоров и рельсовых цепей	Высокая: состояние объектов, ячеек технологического назначения, самодиагностирование, аналоговые измерения				
Контроль дискретной информации	+	+	+	+	+	+
Контроль аналоговой информации	–	+	+	+	+	+
Возможности прогнозирования и автоматизации ТО	–	+	+	+	+	+
Наличие интегрированных СППР	–	–	–	–	–	+

Отмечается единая тенденция совершенствования СТДМ ЖАТ. Каждая из СТДМ реализует концепцию *технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ*, которую можно сформулировать так: *повышение отказоустойчивости и ремонтпригодности устройств железнодорожной автоматики достигается за счет непрерывного процесса диагностирования, обработки и автоматизированного анализа получаемой от объектов контроля информации.*

Реализация СТДМ концепции технического диагностирования и мониторинга позволяет решать задачи технической диагностики, в том числе:

- контролируется техническое состояние устройств ЖАТ с возможностью фиксации отклонений их рабочих параметров от допустимых норм;
- сокращается количество отказов благодаря выявлению момента их зарождения на стадии предотказного состояния;
- контролируется качество технического обслуживания, а в некоторых случаях данный процесс автоматизируется;
- создаются предпосылки к переходу на техническое обслуживание устройств по их фактическому состоянию;
- сокращается время на поиск неисправностей и восстановление работоспособного состояния устройств ЖАТ;
- осуществляются архивация, хранение, восстановление событий и сбор статистической информации.

Достоинства современных СТДМ очевидны. Недостатки их с возможными вариантами устранения представлены в табл. 2.

Таблица 2. Недостатки современных систем технического диагностирования и мониторинга и перспективы их устранения

№	Недостатки СТДМ	Последствия	Перспективы устранения
1	Недостаточная полнота и глубина контроля некоторых устройств ЖАТ	Не все отказы можно предотвратить; увеличивается время поиска при возникновении неисправностей	Анализ возможностей СТДМ и внедрение новых технических решений по установке датчиков контроля в необходимые узлы систем ЖАТ
2	Низкое качество работы каналообразующей аппаратуры СТДМ	Потеря данных о состоянии устройств ЖАТ	Применение современных компьютерных технологий, а также резервирование трактов передачи данных
3	Низкий уровень автоматизации процесса технического обслуживания и процесса обработки диагностической информации	Требуется создание дополнительного эксплуатационного штата в дистанциях СЦБ и ситуационных центрах	Совершенствование средств логической обработки диагностической информации средствами СТДМ
4	Необходимость специального программного обеспечения и большого количества датчиков диагностической информации	Необходима постоянная сервисная поддержка разработчика	Создание малообслуживаемых СТДМ с самопроверяемыми измерительными контроллерами
5	Выявление большого числа ложных предотказных состояний	Нецелесообразное использование трудовых ресурсов дистанций СЦБ и центров мониторинга	Совершенствование технологий определения предотказных состояний различных устройств ЖАТ

5 Элементная база СТДМ

Для получения диагностической информации используются разнообразные измерительные контроллеры, различающиеся по принципу действия, по количеству датчиков для подключения к объектам диагностирования, а также по различным рабочим диапазонам измеряемых величин. При этом задачи каждого из них одни и те же – без опасного влияния на контролируемые устройства обеспечить получение диагностической информации, ее обработку и передачу в концентратор информации.

Измерительные контроллеры СТДМ ЖАТ в основном получают ряд электрических параметров устройств ЖАТ, которые в дальнейшем и обрабатываются сначала самими измерительными контроллерами, а затем программным обеспечением, установленным на концентраторах диагностической информации, расположенных на постах ЭЦ и в транспортабельных модулях. Это позволяет СТДМ в некоторой степени автоматизировать задачу получения контрольной информации о техническом состоянии многих объектов ЖАТ.

Контроллеры подключаются к электрическим цепям систем управления движением поездов с соблюдением условий безопасности – они не должны влиять на работу основных устройств автоматики. С этой целью в измерительных приборах предусматривается использование различных конструктивных мер: гальванической развязки (трансформаторной или оптической), защитных и ограничивающих резисторов и диодов, приспособлений измерения напряженности магнитного поля (датчики Холла). Перед использованием в составе систем функционального контроля и мониторинга измерительные датчики проходят обязательную процедуру сертификации.

Первые измерительные контроллеры ЖАТ представляли собой устройства, смонтированные в корпусах реле (например, реле НМШ). Выводы датчиков располагались на задней панели реле. Это удобно, так как измерительный контроллер при таком исполнении легко можно поместить на свободное место на полке статива в релейном помещении. Весь монтаж проводов также удобно осуществлять по аналогии с тем, как это реализовано в системе управления движением поездов. Это своего рода интеграция системы технического диагностирования и мониторинга с системой управления движением поездов.

Получение диагностической информации от устройств электрических централизаций.

Основным контроллером для получения дискретной диагностической информации о стационарных объектах ЖАТ является программируемый индустриальный контроллер дискретной информации на станции (ПИК-120). ПИК-120 имеет 120 дискретных входов и предназначен для преобразования в стандартный цифровой вид постоянного напряжения в диапазоне от -36 до $+36$ В. При этом наличие напряжения на датчике контроллера интерпретируется как сигнал логической единицы, а отсутствие напряжения – как сигнал логического нуля. По запросу концентратора ПИК-120 передает в виде последовательного кода диагностическую информацию.

Внешне ПИК-120 представляет собой крупногабаритный объект (рис. 17). Его размещают в коммутирующих стационарных устройствах УКС-4, выполненных в

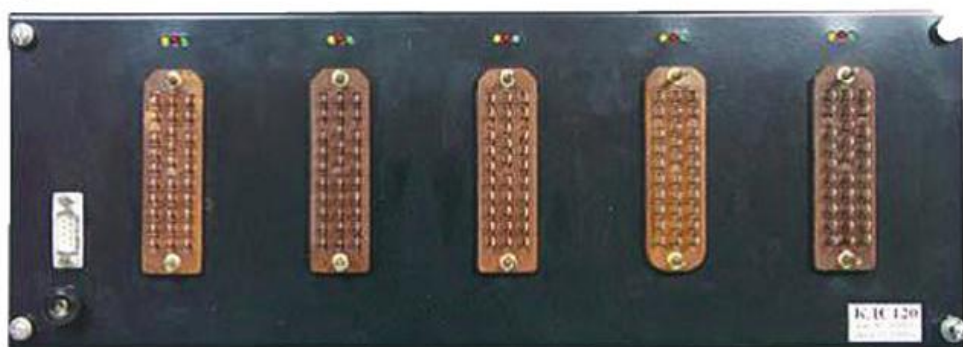
виде шкафа. В один шкаф УКС-4 помещается до четырех измерительных контроллеров ПИК-120.

ПИК-120 подключается к лампам или светодиодам табло, пультов-табло и пультов-манипуляторов релейных систем ЭЦ, а также к «сухим контактам» реле (свободные контакты без гальванической развязки с цепями электропитания и «землей»). Фирмы-разработчики, например, ЗАО «МГП «ИМСАТ»» для этих целей специально разрабатывают улучшенные конструкции светодиодных индикаторов.

ПИК-120 используется достаточно давно и имеет ряд недостатков, прежде всего, связанных с повышенным энергопотреблением. Его усовершенствованная модификация – контроллер дискретных сигналов КДС-120 – этого недостатка лишен. Он характеризуется пониженным энергопотреблением входов контроллера, что значительно уменьшает дополнительную нагрузку на полюса питания индикаторов табло.

Кроме ПИК-120 и КДС-120, в системах функционального диагностирования и мониторинга используются такие измерительные контроллеры, как КДС-24 К (рис. 17, б). Данный измерительный контроллер размещается на стивах в релейных помещениях и используется для получения диагностической информации от отдельных реле. Можно сказать, что данный прибор применяется для сокращения аппаратной избыточности приборов ПИК-120 и КДС-120.

а)



б)



в)

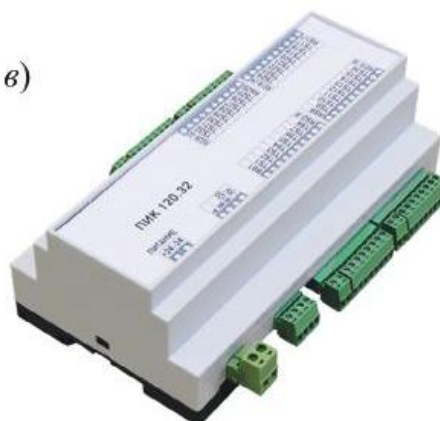


Рис. 17 Внешний вид контроллеров дискретной диагностической информации:
а – ПИК-120 и КДС-120; б – КДС-24 К; в – ПИК 120.32

В КДС-24 К имеются 24 датчика ввода дискретной диагностической информации (в пять раз меньше, чем у других измерительных приборов, предназначенных для этих целей).

В состав системы АПК-ДК ЗАО «МГП «ИМСАТ»» также входит прибор ПИК-120/64, реализующий те же функции, что и описанные выше средства технического диагностирования. В зависимости от модификации данный прибор имеет 32 или 64 дискретных входа, разделенных на группы по 8 входов.

Для измерения аналоговых параметров устройств ЖАТ на станциях используется целый ряд контроллеров.

Одним из первых изобретенных контроллеров является программируемый индустриальный контроллер аналоговой информации на станции (ПИК-10). ПИК-10 конструктивно исполняется в корпусе реле НМШ (нейтральное малогабаритное штепсельное реле) (рис. 18), что удобно при постановке прибора на релейные стативы. ПИК-10 имеет 10 аналоговых входов и измеряет:

- средние значения напряжений сигналов переменного тока, поступающего на аналоговые дифференциальные входы;
- сопротивление изоляции электрических цепей, подключенных к аналоговым входам относительно земли (кабель, монтаж) контролируемых объектов.



Рис.18 Внешний вид контроллера ПИК-10

ПИК-10 измеряет напряжения с частотой 25, 50 и 75 Гц в рельсовых цепях, с промышленной частотой – на питающих установках и питающих фидерах. Кроме того, как отмечено выше, ПИК-10 измеряет также сопротивление изоляции электрических цепей контролируемых устройств ЖАТ.

Диагностическую информацию ПИК-10 передает в виде последовательного цифрового кода в концентратор по его запросу.

К десяти аналоговым дифференциальным входам могут прикладываться переменные напряжения амплитудой $0 \text{ В} \leq U \leq 50 \text{ В}$, частотой 25, 50 или 75 Гц. Эти напряжения подаются на вход аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) через контакты релейного коммутатора, в нормальном состоянии каждый из которых разомкнут.

Реле включаются последовательно по командам микроконтроллера только после того, как на микроконтроллер от концентратора поступила команда на проведение измерений напряжения и сопротивления изоляции. В произвольный момент времени во включенном состоянии может находиться только одно реле,

обеспечивая подключение к точке измерения. С выхода релейного коммутатора напряжение поступает на дифференциальный вход АЦП.

Таким образом, к дифференциальному входу АЦП прикладывается напряжение каждого канала для преобразования в цифровой код.

Для измерения сопротивления изоляции используется входящий в состав ПИК-10 источник постоянного напряжения, создающий токи утечки в измеряемой цепи, которые фиксируются АЦП.

Способ измерения сопротивления изоляции основан на измерениях токов утечки, протекающих между защитным заземлением релейного статива и одной из внешних аналоговых цепей, к которой в данный момент через релейный коммутатор подключен ПИК-10. Измеренные токи утечки подаются на АЦП микроконтроллера, где преобразуются в цифровой код.

На железных дорогах России распространены фазочувствительные рельсовые цепи, являющиеся датчиками положения подвижных единиц. Для их диагностирования используют прибор ПИК-10. Он контролирует напряжение на обмотках индукционных секторных реле ДСШ.

Еще одним измерительным контроллером, выполняющим аналогичные прибору ПИК-10 функции, является автомат контроля напряжений и сопротивления изоляции (АКНСИ-8). Внешний вид данного прибора показан на рис. 19.

Контроллер АКНСИ-8 позволяет измерять:

- напряжения на путевых реле рельсовых цепей переменного тока с непрерывным питанием;
- переменное напряжение в цепях питания устройств ЖАТ;
- сопротивление изоляции жил кабеля по отношению к земле на релейных концах рельсовых цепей переменного тока с непрерывным питанием.

Измерения напряжений прибором АКНСИ-8 производятся в диапазоне $0,2 \div 60$ В, а сопротивлений – в диапазоне $0,05 \div 50$ МОм.

Описываемый измерительный контроллер имеет восемь гальванически развязанных каналов для измерения средневыпрямленных напряжений в цепях переменного тока с одновременным определением значений сопротивлений изоляции между токоведущими линиями и землей. Все восемь каналов измеряют значения напряжений и сопротивлений с периодичностью не менее секунды.



Рис.19 АКНСИ-8

Кроме приборов ПИК-10 и АКНСИ-8 для измерения напряжения промышленной частоты и сопротивления изоляции кабеля относительно земли используется десятиканальный измеритель напряжения и сопротивления ИНС-10.1 (рис. 20, а). Он разработан с целью замены физически и морально устаревших приборов ПИК-10 и выполняет следующие измерения:

- напряжение переменного тока в фазочувствительных рельсовых цепях;
- угол сдвига фаз между напряжениями в местных и путевых обмотках реле;
- напряжение переменного тока в рельсовых цепях с непрерывным питанием;

– напряжение переменного тока питающих фидеров и основных полюсов питания;

– сопротивление изоляции кабелей относительно земли.

Отдельно для измерений только сопротивления изоляции кабелей относительно земли применяется автомат контроля сопротивления изоляции АКЦИ-24, имеющий 24 аналоговых входа, каждый из которых измеряет сопротивление изоляции в диапазоне от 0,1 до 100 МОм. Кроме АКЦИ-24, используется диагностическое устройство ИСИ – измеритель сопротивления изоляции (имеет 32 входа) и СЗИЦ-Д (рис. 20, в) – сигнализатор заземления индивидуальный цифровой, предназначенный для измерения сопротивления изоляции электрической сети, питаемой от одного источника.

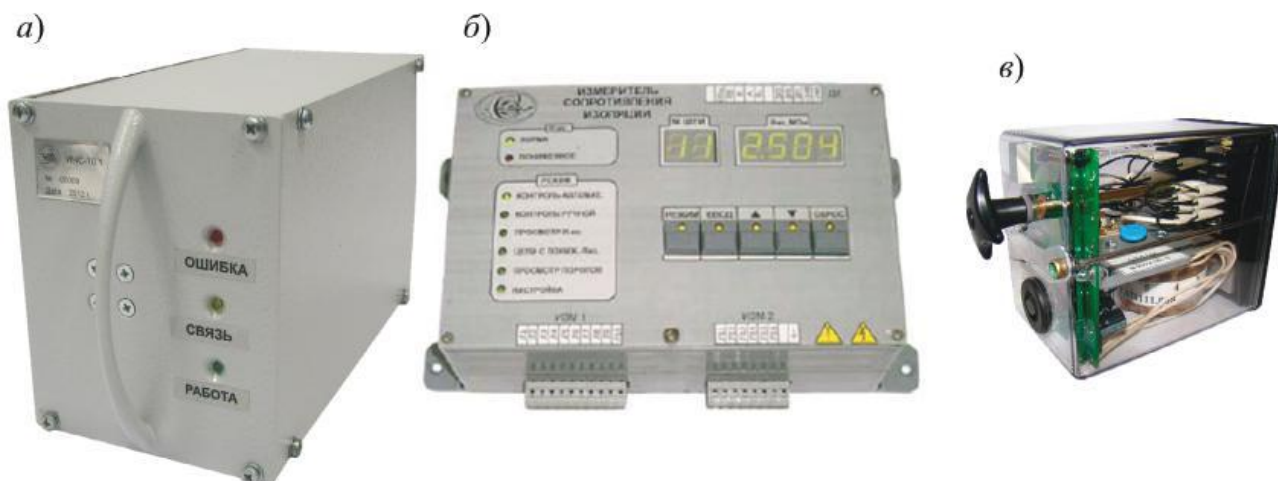


Рис. 20 Внешний вид контроллеров измерения сопротивления изоляции:
а – ИНС-10.1; б – ИСИ; в – СЗИЦ-Д

Для измерения токов и напряжений в СТДМ ЖАТ часто применяются промышленные модули нормализации аналоговых сигналов ADAM-3014 (рис. 21,а).



Рис. 21 Внешний вид измерительных контроллеров токов и напряжений:
а – ADAM-3014; б – ADAM-4017

Они подключаются к шунтам амперметров с целью измерения тока перевода стрелок электроприводами двигателями постоянного тока, а также измерения напряжения стационарных аккумуляторных батарей. Для измерения напряжений и их

конвертации применяются также восьмиканальные модули аналогового ввода ADAM-4017 (рис. 21, б).

Измерение параметров устройств автоматики на перегонах и переездах.

Для технического диагностирования и мониторинга устройств автоблокировки и переездной сигнализации используются измерительные контроллеры, располагаемые в релейных шкафах сигнальных точек и переездов. Такие контроллеры обычно устанавливаются на релейные стивы с аппаратурой управления в шкафах или кладутся на дно шкафов. По линии ДСН-ОДСН или по выделенной линии ДК-ОДК измерительные контроллеры с некоторым небольшим периодом передают посылки с диагностической информацией на центральные посты, обычно располагаемые на постах электрической централизации соседних станций или в транспортбельных модулях перегонов.

Одним из первых измерительных контроллеров автоблокировки и переездной сигнализации является АКСТ. Данное устройство получает небольшой набор дискретных диагностических параметров и передает их с периодом $\tau = 5$ св линию связи. АКСТ работает с применением частотного принципа разделения сигналов (табл. 3), что позволяет к одной линии связи подключать сразу же несколько таких приборов (до 8 или до 16 – в зависимости от типа приемного устройства, расположенного в концентраторе информации).

Таблица 3 Частоты АКСТ

Частоты									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
384	512	704	832	960	1088	1216	1344	1472	1600
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1792	1920	2048	2176	2304	2432	2560	2688	2816	2944
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3072	3200	3328	3456	3584	3712	3840	3968	4096	4224

Каждый измерительный контроллер АКСТ имеет предустановленную изготовителем частоту (см. табл. 3). К одной линии связи, естественно, подключаются контроллеры с различными частотами настройки. При этом, с целью уменьшения влияния помех, АКСТ, как правило, устанавливают на перегоне по следующему принципу: чем ближе объект диагностирования к центральному посту, тем выше частота. Другими словами, ближайшие к станции АКСТ имеют максимальные значения частот, начиная с № 30, по мере удаления от станции значения частот последовательно уменьшаются (частоты выбираются подряд, без пропусков). Прежде чем попасть в концентратор, диагностическая информация проходит устройство согласования с линией связи (УСЛ), а затем поступает на плату СЧД-8 или СЧД-16. УСЛ работает с двумя линиями связи, а платы СЧД-8 и СЧД-16 способны принимать данные от 8 или 16 АКСТ соответственно. На рис. 22 показан внешний вид описанных устройств.



Рис. 22 Оборудование функционального контроля сигнальных точек автоблокировки: а – АКСТ; б – УСЛ; в – СЧД

Прибор АКСТ, как отмечалось выше, передает лишь небольшой набор дискретных параметров оборудования сигнальной точки автоблокировки:

- установленное направление движения;
- сход изолирующего стыка;
- понижение напряжения основного и резервного фидеров питания;
- наличие/отсутствие основного и резервного питания;
- целостность/перегорание основной и резервной нитей красного огня;
- целостность/перегорание нити лампы разрешающего огня (для предупредительного светофора ко входному светофору);
- наличие/пропадание фидеров питания на объектах с аккумуляторным резервом;
- аварийный отказ;
- неисправность АКСТ или линии связи.

Набор контролируемых параметров для устройств переездной сигнализации несколько другой. На двухпутных участках могут устанавливаться два АКСТ. В таком случае оба прибора контролируют следующие параметры устройств переездной сигнализации:

- наличие/отсутствие основного и резервного питания;
- включение аккумуляторного резерва устройств автоматической переездной сигнализации;
- целостность/перегорание нити лампы переездного светофора;

- исправность/неисправность комплекта мигания;
- обесточивание реле сброса по четному и нечетному путям;
- неисправность бесконтактного коммутатора тока по четному и нечетному путям;
- состояние рельсовой цепи за переездом по четному и нечетному путям;
- неисправность АКСТ;
- пропадание обоих фидеров питания – аварийный отказ аппаратуры переездной сигнализации.
- извещение приближения поезда по четному и нечетному путям;
- установленное направление движения по нечетному и четному путям;
- положение переезда для движения автотранспорта;
- погасание одного из переездных светофоров – аварийный отказ аппаратуры переездной сигнализации.

АКСТ также могут использоваться для функционального контроля и мониторинга устройств управления входными светофорами и тоннельной сигнализации.

Сегодня АКСТ в различных модификациях продолжают функционировать на множестве перегонов железных дорог Российской Федерации. Однако данные измерительные контроллеры следует признать морально устаревшими – ими передается скудный набор дискретных параметров, соответствующий только понятию «диспетчерский контроль», но никак не «функциональный контроль и мониторинг». Измерительные контроллеры постоянно совершенствуются, оптимизируется их работа, создаются универсальные устройства, способные работать на различных частотах, контролируются аналоговые параметры устройств ЖАТ.

Например, вместо АКСТ сегодня могут использоваться автомат диагностирования сигнальной установки (АДСУ) и автомат контроля сигнальной установки (АКСУ). Данные приборы работают также по частотному принципу, выбор частоты осуществляется пользователем путем установки соответствующих переключателей. Кроме дискретной информации данные приборы способны измерять ряд аналоговых величин:

- постоянное или действующее значение переменного напряжения синусоидальной формы в шестнадцати контрольных точках в системах кодовой автоблокировки и переездной сигнализации;
- действующие значения импульсов переменного напряжения частотой 25 ± 1 , 50 ± 1 или 75 ± 1 Гц, полученные в результате амплитудной манипуляции переменного напряжения кодовой последовательностью, формируемой кодовыми путевыми трансмиттерами КПТШ-5, КПТШ-7, КПТШ-10 и их модификациями;
- при наличии импульсов переменного или постоянного напряжения – временные параметры элементов цикла манипулирующей последовательности, определение ее кода («З», «Ж», «КЖ») и типа сформировавшего ее путевого трансмиттера.

Применение данных устройств позволяет осуществлять функциональный контроль и мониторинг технического состояния перегонных объектов ЖАТ с большей полнотой и глубиной технического диагностирования.

Измерение электрических параметров в схемах управления электроприводами с двигателями переменного тока.

Контроллер диагностирования усилия перевода стрелки (КДУПС), разработанный совместно с инженерами ЗАО «МГП «ИМСАТ»». Внешний вид КДУПС показан на рис. 23.

КДУПС позволяет измерять значения токов и напряжений в контрольных точках трехфазных цепей управления, например, в цепях управления и контроля железнодорожных стрелок с электроприводами переменного тока и в цепях управления автостопами и их контроля в метрополитенах.

Во время перевода стрелки КДУПС позволяет непрерывно контролировать некоторые электрические параметры цепи питания стрелочных электроприводов:

- напряжения и токи каждой фазы двигателя переменного тока;
- косвенным образом по значению коэффициента мощности $\cos\varphi$ усилие, развиваемое двигателем электропривода.

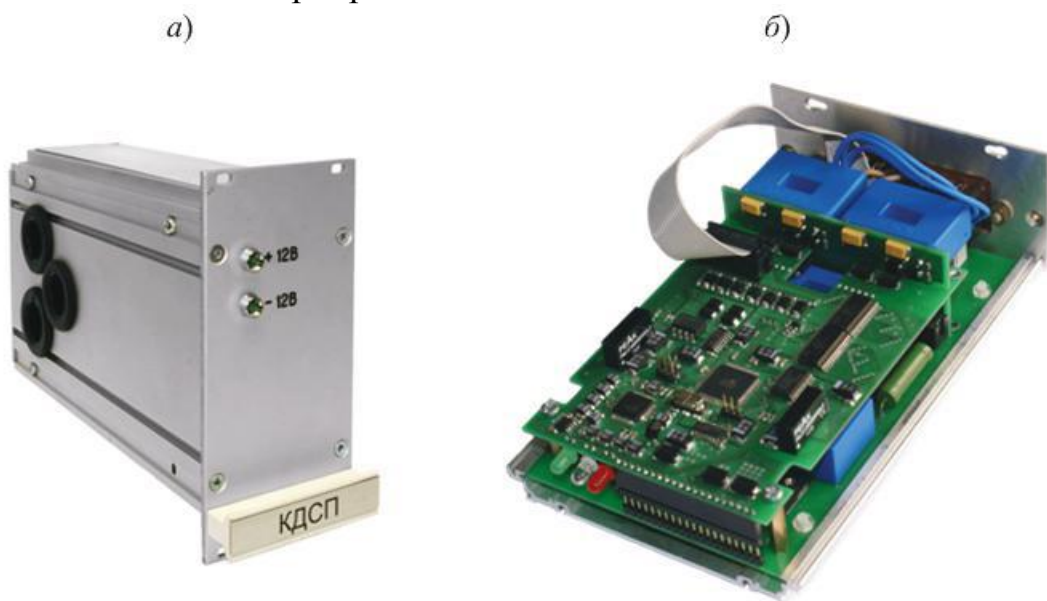


Рис. 23 КДУПС:

а – внешний вид снаружи; б – внешний вид изнутри

Коэффициент мощности $\cos\varphi$ показывает, насколько сдвигается по фазе переменный ток относительно приложенного к нагрузке напряжения. Исследования показали, что усилие прижатия острия к рамным рельсам находится в зависимости от коэффициента мощности. При этом погрешность измерений действующих значений токов и напряжений не превышает 2,5 %, а погрешность измерений усилия перевода стрелки не превышает погрешности прибора УКРУП (устройство контроля усилия перевода), который используют электромеханики СЦБ для решения схожей задачи при ручном диагностировании. УКРУП закладывают надлежащим образом между острием и рамным рельсом в момент перевода стрелки из одного крайнего положения в другое, т. е. определяют значение усилия прижатия острия к рамным рельсам в режиме работы стрелочного электропривода на фрикцию. Использование КДУПС позволяет этот процесс автоматизировать.

6 Схемы сопряжения СТДМ с объектами контроля

Измерение электрических параметров в рельсовых цепях тональной частоты.

Рельсовые цепи на железных дорогах Российской Федерации играют роль основных устройств определения местоположения подвижных единиц, а значит, входят в число ключевых устройств систем ЖАТ. От качества их функционирования напрямую зависит эффективность перевозочного процесса. Рельсовые цепи по своему устройству таковы, что непосредственно взаимодействуют с подвижным составом, подвергаясь не только физическим нагрузкам со стороны подвижных единиц на станциях, но и воздействию на их рабочие параметры внешних погодных факторов. Рельсовые цепи многообразны, имеют различные назначения и используют разные принципы передачи сигналов. Перспективными рельсовыми цепями можно назвать ТРЦ, постепенно вытесняющие традиционные импульсные и фазочувствительные рельсовые цепи. Вот почему так необходима автоматизация технического диагностирования и мониторинга параметров ТРЦ в СТДМ ЖАТ.

С целью организации мониторинга технического состояния ТРЦ основные рабочие параметры их аппаратуры измеряются с помощью специализированных контроллеров диагностической информации. Это либо устройства контроля тональных рельсовых цепей (УК-ТРЦ) различных модификаций, либо автомат диагностирования тональных рельсовых цепей (АДТРЦ). На рис. 24 изображен контроллер УК-ТРЦ, а на рис. 25 – схема подключения контроллеров УК-ТРЦ к объекту диагностирования.



Рис. 24 УКТРЦ

УК-ТРЦ подключается параллельно к ПР, ПП и ПГ. При этом, по условиям соблюдения безопасности, с целью исключения опасного влияния УК-ТРЦ на схему рельсовой цепи, подключение производится через блок защитных резисторов R1-R2, R3-R4, ..., R9-R10. Каждый резистор имеет сопротивление 6,81 кОм, позволяющее исключить любое мешающее влияние аппаратуры диагностирования на саму ТРЦ.

Каждый прибор УК-ТРЦ имеет восемь каналов съема аналоговой информации и позволяет снимать показания напряжений с периодом опроса 8–12 с. Если используется контроллер УК-ТРЦ-8, то для подключения к разным узлам ТРЦ используются различные его модификации. УК-ТРЦ-8 подключается параллельно ПП и позволяет снимать

переменное напряжение в диапазоне 0–2 В.

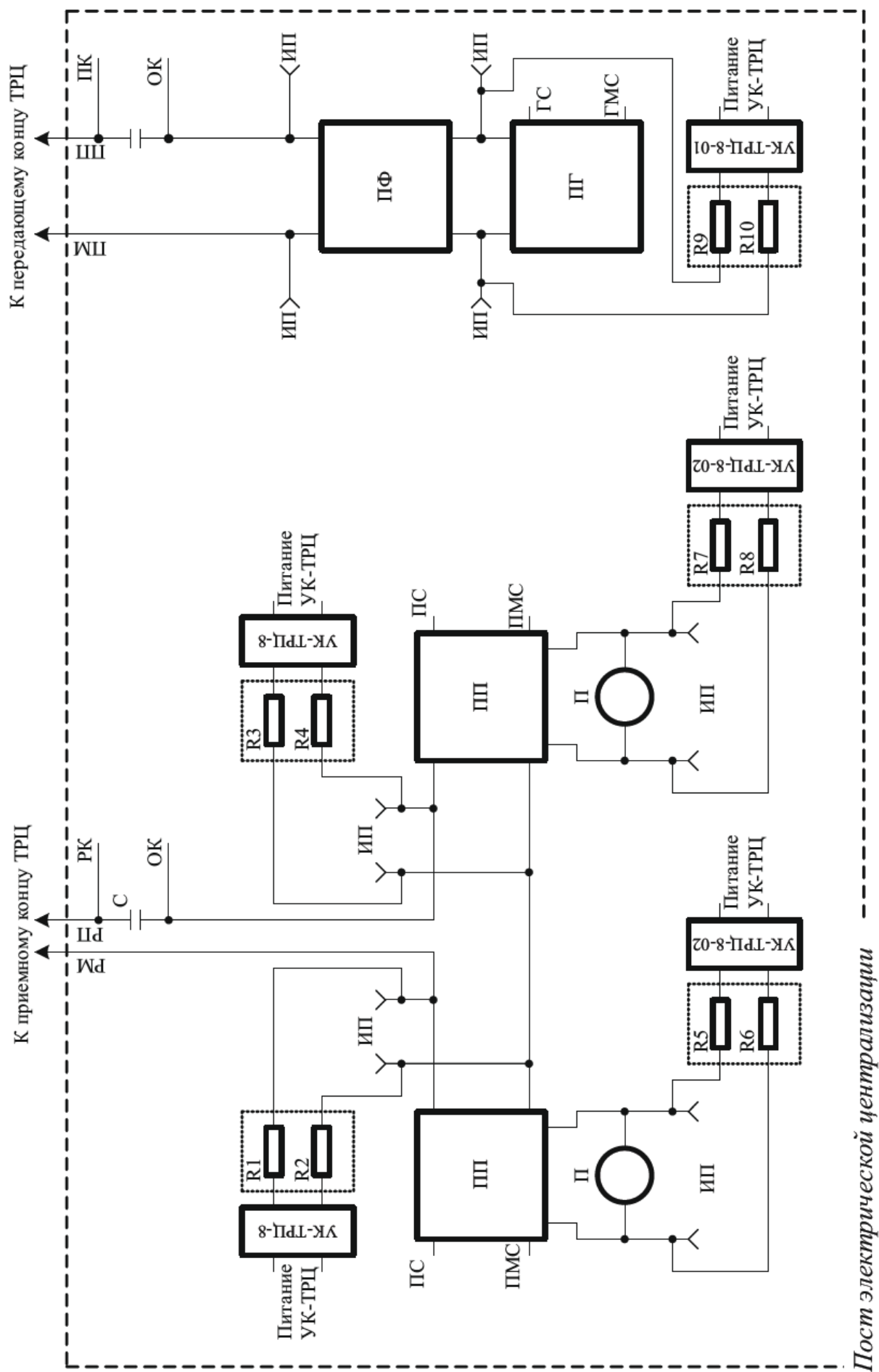


Рис. 25 Схема подключения контроллера диагностирования рельсовых цепей тональной частоты

УК-ТРЦ-8-01 подключается к ПГ и способно измерять напряжение в диапазоне 0–12 В. УК-ТРЦ-8-02 функционирует аналогично описанной выше модификации контроллера и подключается к ПР.

Контроллеры УК-ТРЦ-М и АДТРЦ универсальны и могут подключаться к любому из обозначенных выше узлов. Среди преимуществ – повышенная скорость измерения (2–5 с), высокая помехоустойчивость и усовершенствованные функции самодиагностирования приборов.

Измерение электрических параметров в схемах управления электроприводами с двигателями переменного тока.

КДУПС имеет три датчика напряжения и три датчика тока. Подключение КДУПС к схеме управления стрелкой выполнено безопасно: датчики напряжения подключены через предохранители, исключая влияние прибора на цепи управления и контроля объекта диагностирования, а датчики тока работают с использованием эффекта Холла – по величине индукции магнитного поля определяется протекающий в измерительной цепи ток.

КДУПС осуществляет сбор диагностических данных и передает информацию в концентратор информации по его запросу. При этом реализовано два режима работы КДУПС – при переводе стрелки (в рабочей цепи схемы управления стрелкой) и в режиме ожидания (в контрольной цепи схемы управления стрелкой). Режим выбирается автоматически по критерию наличия фазных токов: если во всех фазах значения токов выше заранее определенного минимального порога, то включается измерительный режим перевода стрелки, если хотя бы в одной из фаз ток не превышает минимального порога – режим ожидания. В первом режиме измерения производятся непрерывно с накоплением данных, а во втором установлен некоторый период выборки. По окончании перевода стрелки в первом режиме или по окончании периода выборки во втором сформированный контроллером информационный пакет при инициации концентратором запроса передается для обработки. Связь КДУПС с концентратором данных осуществляется по внешнему интерфейсу RS-485.

Схема подключения КДУПС к схеме управления стрелкой с электродвигателем переменного тока (пятипроводной схемой управления и контроля) показана на рис. 26. Аналогом КДУПС, разработанным в ООО «Компьютерные информационные технологии», является автомат диагностирования силовых параметров стрелочного электропривода (АДСП). Разработчики данного прибора используют идею, реализованную в КДУПС.

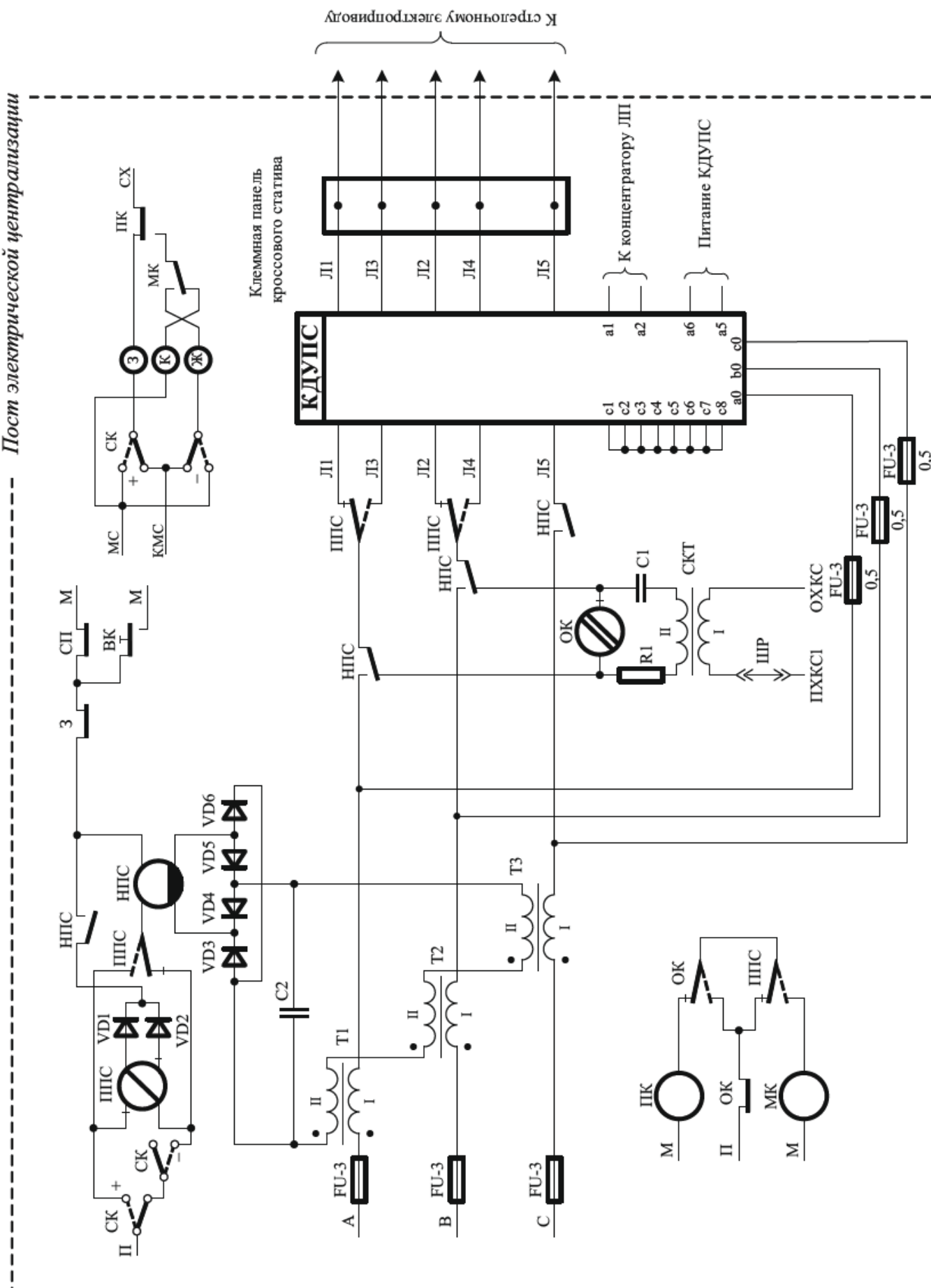


Рис. 26 Схема подключения контроллера диагностирования стрелок переменного тока

Измерение параметров устройств автоматики на перегонах и переездах.

В состав технических средств линейного пункта диагностики (ЛПД) входят:

- датчики и преобразователи информации, контролирующие состояние устройств СЖАТ;
- концентратор, выполняющий функции сбора, первичной обработки и хранения информации, принятой от датчиков, преобразователей и микропроцессорных систем ЖАТ;
- аппаратура передачи данных;
- источники бесперебойного питания;
- мобильное или стационарное рабочее место технической диагностики и мониторинга (АРМ-ТДМ).

Структурная схема ЛПД СТДМ должна отображать:

- источники информации о состоянии устройств ЖАТ (аппараты контроля и управления ЭЦ, устройства электропитания и стативы ЭЦ, РПЦ, МПЦ, АБТЦ, устройства сигнальных точек кодовой АБ, АБТ и перегонных переездов, устройства обработки информации контролируемых пунктов ДЦ и СПД ЛП, устройства обработки информации других систем);
- состав оборудования для контроля, обработки и передачи в ЦПДМ данных о дискретных сигналах и аналоговых величинах, снимаемых с устройств ЖАТ на станциях и перегонах;
- место расположения оборудования (пост ЭЦ, пункт концентрации аппаратуры АБТЦ в транспортабельном модуле, напольные шкафы сигнальных точек автоблокировки и перегонных переездов);
- тип стыков внутрикомплексных и межкамплексных каналов передачи данных;
- номера частот автоматов контроля сигнальных точек и перегонных переездов.

В качестве аппаратуры контроля работоспособности устройств сигнальных точек кодовой автоблокировки, а также переездов, расположенных на перегонах контролируемого участка, в СТДМ АПК-ДК должен использоваться специализированный контроллер — автомат контроля сигнальной точки (АКСТ) с частотной модуляцией сигналов АКСТ-Ч-16/3, который осуществляет (рис. 27):

- съем информации о состоянии контактов 11 контрольных реле;
- контроль величины допуска напряжения источников питания;
- контроль величины допуска напряжения основных и резервных фидеров питания;
- контроль исправности изолирующих стыков в системе кодовой АБ.

АКСТ представляет собой генератор, формирующий в линию ДК частотную посылку, содержащую информацию о состоянии контролируемых объектов. Все АКСТ на перегоне подключены параллельно к линии связи и имеют собственную частоту настройки, обеспечивая, таким образом, независимую передачу информации на железнодорожную станцию.

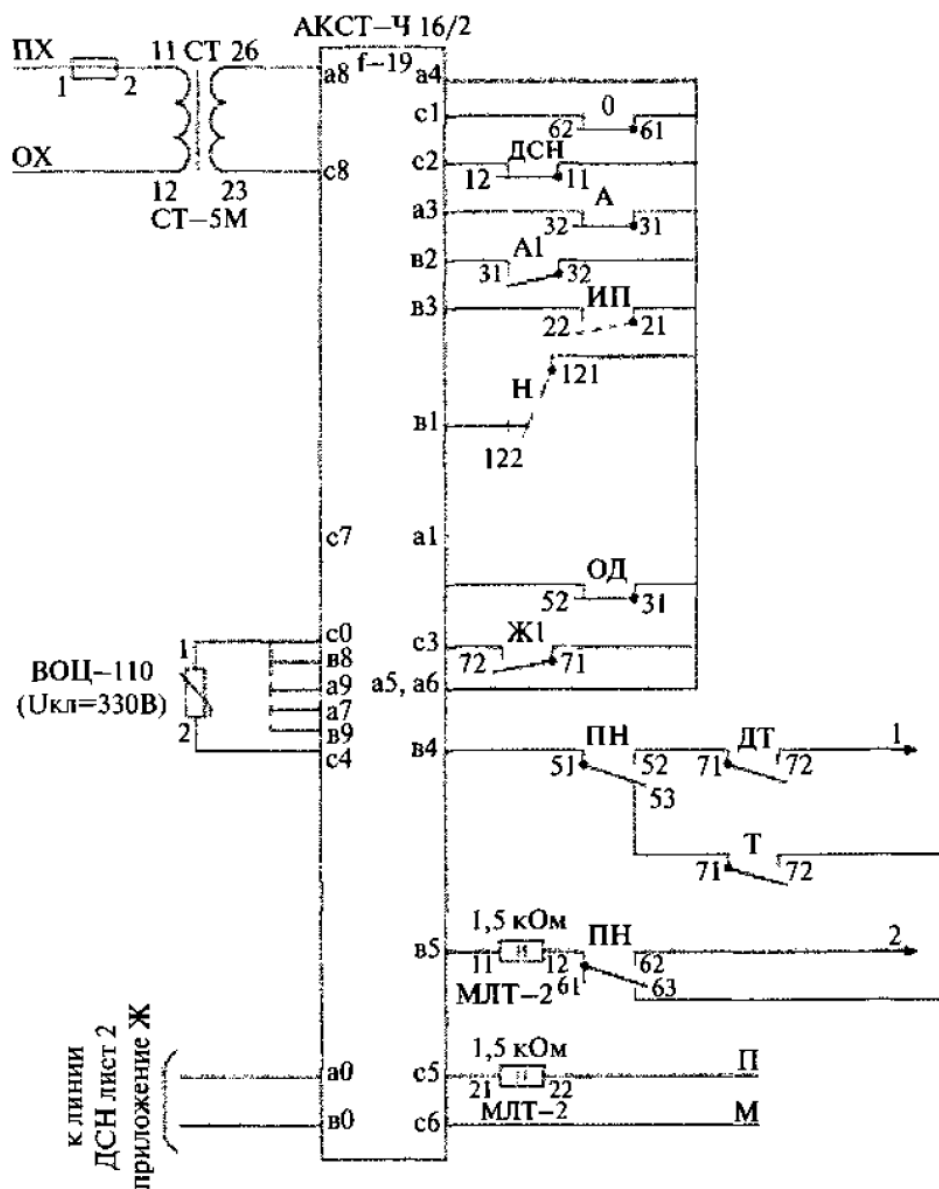


Рис. 27 Принципиальная схема включения АКСТ-Ч на сигнальной точке кодовой двухпутной АБ переменного тока

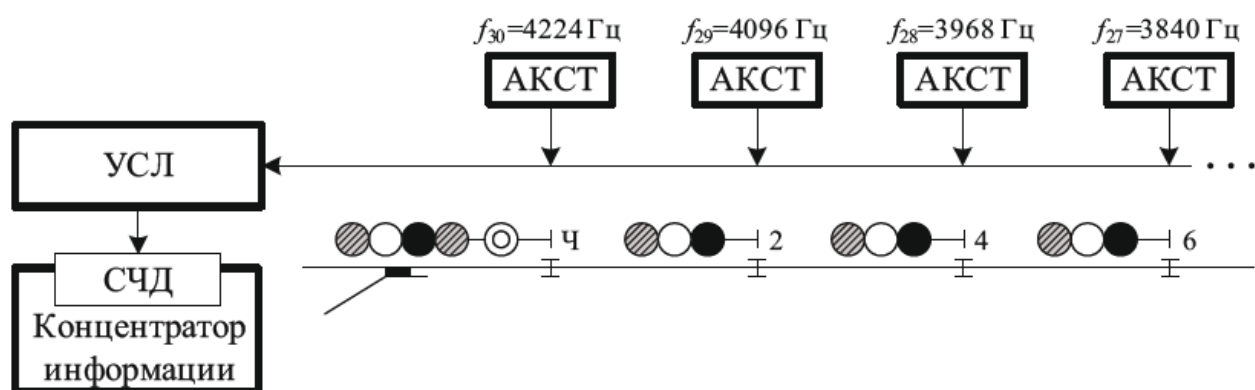


Рис. 28 Упрощенная схема функционирования АКСТ и получения диагностической информации

Получение диагностической информации от устройств электрических централизаций.

Комплекс технических средств для контроля устройств электропитания на постах ЭЦ и пунктах концентрации аппаратуры АБТЦ включает в себя:

- вставленные в корпус концентратора платы АЦП типа PCL-818L;
- модули нормализации сигналов с гальванической развязкой ADAM-3014 фирмы «ADVANTECH», подключаемые к платам АЦП кабелем типа KMM4x0,12;
- адаптер питания контроллеров ADAM-3014 типа PWR-242;
- программируемые промышленные контроллеры ПИК-10, подключаемые к магистрали внутрикомплексного канала связи типа RS-485;
- приборы УКТРЦ-8-02.

Схемы подключения контроллера ADAM к другим приборам контроля в устройствах ЭЦ приведены на рис. 29.

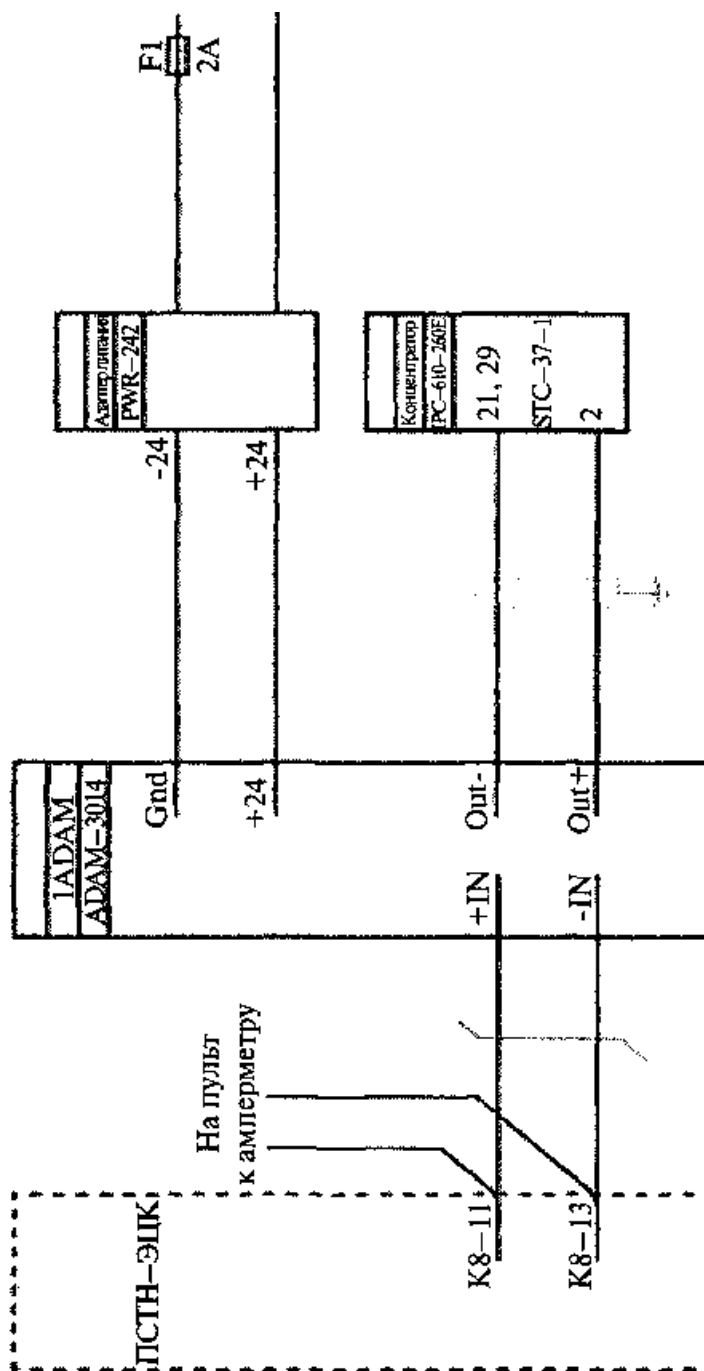


Рис. 29 Схема подключения контроллера ADAM к источнику электропитания поста ЭЦ

С помощью прибора ПИК-10 (рис. 30, 31) производятся измерения напряжения в рельсовых цепях 25,5 и 75 Гц, а также напряжения питающей установки, сопротивления изоляции кабелей. Связь ПИК-10 с концентратором осуществляется по инициативе концентратора по последовательному каналу передачи RS-485.



Рис. 30 Измерительный канал измерения напряжения на катушке реле путевого элемента

Подключение ПИК-10 к цепям питания путевых приемников и генераторов производится через 2 соединенных последовательно защитных резистора по 51,1 кОм, 1 %.

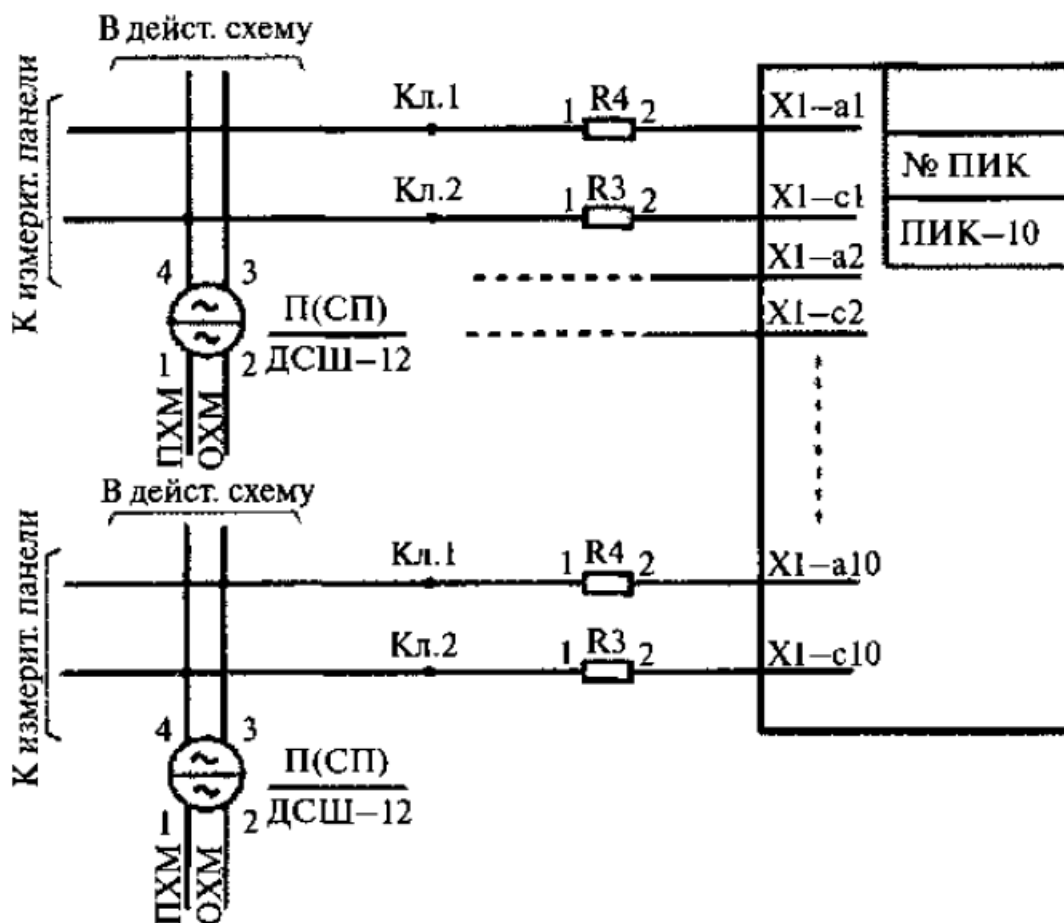


Рис. 31 Схема включения контроллера ПИК-10 на посту ЭЦ

На постах ЭЦ и пунктах концентрации АБТЦ используются следующие способы сбора дискретной информации:

- считывание дискретных сигналов непосредственно с контактов реле или с индикаторов аппаратов контроля при помощи средств АПК-ДК (ПИК-120, АКСТ);
- прием данных о состоянии дискретных сигналов контролируемых устройств от других микропроцессорных систем, имеющих, также как и АПК-ДК, периферийные устройства для считывания дискретных сигналов непосредственно с контактов реле или с индикаторов аппаратов контроля;

— смешанный способ, при котором используются данные, получаемые от других систем по каналам связи, а при недостаточности объема последних, еще используются и средства из состава АПК- ДК.

7 Техническая эксплуатация СТДМ

Наличие своей элементной базы у СТДМ обуславливает появление некоторых мероприятий по ТО данных объектов. В Инструкции по обслуживанию устройств СЦБ в сравнении с предыдущим ее изданием присутствуют новые виды работ по техническому обслуживанию устройств СТДМ, направленные на поддержание их работоспособности (чистка устройств, проверка правильности их функционирования и пр.).

Кроме того, постоянная модификация ПО и аппаратной составляющей СТДМ потребовала создания специализированных сервисных центров по поддержке качества функционирования СТДМ. Сервисные центры организуются разработчиками СТДМ и призваны решать проблемы, связанные с наращиванием и совершенствованием ПО (внедрение новых объектов контроля, корректировка существующего ПО, добавление новых функций по логической обработке диагностических данных и пр.). Технологи сервисных центров вносят необходимые исправления в ПО, анализируют возникающие диагностические ситуации, а также помогают в работе технологам ЦМ и дистанций СЦБ.

8 Центры СТДМ ЖАТ

Первый ЦМ возник в начале XXI века (строился с 2003 года, а в постоянную эксплуатацию сдан в конце 2007 года) на Октябрьской ж. д. в Санкт-Петербурге. Его строительство обуславливалось необходимостью централизации диагностической информации, а также поставленными задачами, решение которых позволило бы анализировать отказы, предотказы и технологические ситуации, возникающие при работе систем ЖАТ. Результатом работы ЦМ стало сокращение числа отказов устройств ЖАТ более чем вдвое. Качественная работа ЦМ Октябрьской ж. д. по сей день позволяет организовывать безопасное и бесперебойное движение скоростных поездов на магистрали Санкт-Петербург – Москва.

К концу первого – началу второго десятилетия XXI века ЦМ внедрены еще на пяти железных дорогах Российской Федерации. Более ранние – «ровесники» ЦМ Октябрьской ж. д. – ЦМ Западно-Сибирской и Северо-Кавказской ж.д. построены в Новосибирске и Ростове-на-Дону. Чуть позже были спроектированы и построены ЦМ на Московской, Куйбышевской и Горьковской ж. д. (Москва, Самара, Нижний Новгород). Строится ЦМ на Северной ж. д.

ЦМ Октябрьской ж. д. полностью базируется на АПК-ДК СТДМ, а ЦМ Северо-Кавказской ж. д. – на АДК-СЦБ. Построение же ЦМ на других железных дорогах несколько осложнилось тем, что к моменту строительства в пределах одной дороги функционировало несколько СТДМ. Например, на Западно-Сибирской ж. д. это АПК-ДК СТДМ, АДК-СЦБ, также дорога полностью оборудована низкофункциональной системой СПД-ЛП (система передачи данных линейных предприятий).

Средством отображения диагностической информации в ЦМ является автоматизированное рабочее место (АРМ) АПК-ДК СТДМ – комплекс задач «Мониторинг». Данное АРМ устанавливается на компьютеры технологов и позволяет им просматривать диагностическую информацию в пределах всей дороги. С целью централизации контроля в помещении ЦМ устанавливается табло коллективного пользования, на которое выводятся основные показатели работы дистанций СЦБ и дороги в целом.

На Октябрьской ж. д. эксплуатируется одна СТДМ – АПК-ДК. Процесс передачи, приема и обработки данных в этом случае достаточно прост. Сложнее обстоит дело, когда в пределах одной дороги или дистанции СЦБ действует сразу несколько СТДМ. Так, к примеру, при организации ЦМ Куйбышевской ж.д. в 2008–2009 гг. прием данных был осуществлен от систем АПК-ДК СТДМ, АСДК и АДК-СЦБ. Здесь ключевой была проблема унификации передачи и отображения данных: количества состояний индикаторов объектов контроля, единиц измерения параметров, наименований технологических ситуаций предусмотренных в каждой СТДМ.

Унификация данных позволяет не перевооружать объекты ЖАТ новыми датчиками съема диагностической информации, а использовать устройства действующих СТДМ. При этом достигается решение таких трудоемких задач, как адаптация ПО, его отладка, пуск в опытную и постоянную эксплуатацию.

Технологию организации передачи данных по унифицированному протоколу покажем на примере стыковки данных между системой-передатчиком АДК-СЦБ и системой-приемником АПК-ДК СТДМ.

ВПО АПК-ДК СТДМ в виде отдельного модуля был внедрен редактор стыковки данных. Задачей инженера-проектировщика АПК-ДК СТДМ является мнемоническое отображение схематического плана станции (или перегона) со всем необходимым перечнем индикаторных ячеек технологического назначения, по которым будет производиться увязка данных. Каждый объект на схеме станции (или перегона) обладает своими атрибутами: количеством цветов в индикации, набором диагностических параметров (единиц измерений и значений границ допустимых в эксплуатации норм) и уникальным идентификатором в базе данных.

После получения схематического плана объекта увязки данных производится непосредственная стыковка. После согласования с разработчиками СТДМ, отправляющей данные по унифицированному протоколу передачи, инженер-проектировщик системы, обеспечивающей прием данных, считывает информацию. Как только процесс увязки заканчивается, инженер-проектировщик проверяет правильность ее проведения. На данном этапе выявляются возможные ошибки в передаваемой или принимаемой диагностической информации, а также недостатки ПО.

После проведения всех проверок результаты увязки данных сохраняются, информация переначивается в редакторе проектировщика АПК-ДК СТДМ, и сервер с ПО той дистанции СЦБ, на которой производились работы, перезапускается. На этом процесс передачи данных заканчивается.

9 Эффективность работы СТДМ

Современные СТДМ ЖАТ, как утверждалось выше, являются системами рабочего (функционального) диагностирования, т. е. контролируют параметры устройств СЦБ в процессе их работы. При этом любое мешающее воздействие на устройства СЦБ исключается. Плюсом такого вида диагностирования является то, что контроль устройств, отвечающих за надежность и безопасность перевозочного процесса, проводится без отключения последних, минусом же в таком случае будет невозможность контроля некоторых параметров. К примеру, невозможно измерять ток путевого реле рельсовой цепи, поскольку это требует последовательного включения измерительного устройства в схему, что недопустимо.

Более того, некоторые параметры устройств контролируются избыточно (не требуются для анализа качества работы устройств СЦБ), поскольку на сам перевозочный процесс не влияют.

Эффективность СТДМ можно оценить коэффициентом предотвращения отказов ξ – долей отказов, предотвращаемых на стадии предотказных состояний ($N_{\text{п}}$), от общего числа отказов устройств ЖАТ за обозначенный промежуток времени Δt (N):

$$\xi = \frac{N_{\text{п}}}{N} = \frac{N - N_{\text{в}}}{N}. \quad (1)$$

Величина $N_{\text{в}}$ в формуле (1) – это число отказов, возникающих после оборудования устройств ЖАТ датчиками СТДМ, а N можно трактовать как число отказов до внедрения СТДМ на данном участке.

Например, рассматривая статистику на скоростном участке Санкт-Петербург – Москва за период с 2007 по 2010 гг., где в 2007 г. Внедрен ЦМ, можно подсчитать величину ξ :

$$\xi = \frac{N - N_{\text{в}}}{N} = \frac{693 - 290}{693} \approx 0,58,$$

т. е. эффективность работы СТДМ на скоростном участке Санкт-Петербург – Москва оценивается почти шестидесятипроцентным сокращением числа отказов за период времени в 4 года.

Зная величину ξ и учитывая интенсивность потока опасных отказов $\lambda = 1,8 \cdot 10^{-7}$ 1/ч можно дать верхнюю оценку вероятности возникновения опасного отказа Q на рассматриваемом участке за период времени $\Delta t = 1$ год:

$$Q = q(1 - \xi) = (1 - e^{-\lambda t})(1 - \xi) = (1 - e^{-1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 8760})(1 - 0,58) \approx 0,0007.$$

Сомножитель $(1 - \xi)$ определяет долю непредотвращаемых отказов, а q – статистическая величина вероятности возникновения опасного отказа устройств СЦБ.

Величина Q , полученная с учетом коэффициента предотвращения отказов, почти вдвое меньше величины $q = 0,001576$, полученной на основании опытной эксплуатации устройств СЦБ без учета функционирования СТДМ.

На величину ξ непосредственное влияние оказывает показатель полноты контролируемых параметров.

Полноту контроля K_p , характеризующую приспособленность технического объекта к диагностированию и мониторингу, можно рассчитать по формуле, аналогичной предложенной в:

$$K_p = \frac{n}{n_o}. \quad (2)$$

В формуле (2) n представляет собой число контролируемых диагностических параметров, а n_o – общее число диагностических параметров, необходимых для полного контроля.

В том же источнике предлагается еще одна формула оценки полноты контроля:

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i \beta_i}{n}. \quad (3)$$

Коэффициенты α_i и β_i – это соответственно коэффициент важности и показатель безотказности элементов, оцениваемые i -м диагностическим параметром; m – число контролируемых диагностических параметров, а n – общее их число.

Для определения коэффициента полезности диагностической информации обозначим через n_p число параметров, подлежащих контролю, но на выполнение основных функций технического объекта не влияющих. Тогда коэффициент полезности диагностической информации K_n можно рассчитать так:

$$K_n = \frac{n - n_p}{n_o}. \quad (4)$$

Очевидно, коэффициент K_n влияет на полноту контроля состояния технического объекта (см. формулу (2)):

$$K_p = \frac{n}{n_o} = \frac{n}{n_o} \pm \frac{n_p}{n_o} = \frac{n - n_p}{n_o} + \frac{n_p}{n_o} = K_n + K_i. \quad (5)$$

Формула (5) следует непосредственно из (2) и (4). Для преобразований в ней мы прибавили и вычли соотношение n_p / n_o ; символом K_i в формуле (5) обозначена доля контролируемых диагностических параметров, дающих не требующуюся для анализа работы устройств СЦБ информацию.

Кроме функций сокращения числа отказов, СТДМ призваны сократить время на поиск неисправности при ее возникновении, на которое влияет глубина поиска неисправности.

Глубину поиска неисправности K_g можно оценить отношением числа фиксируемых неисправностей в составных частях структуры объекта диагностирования (Y_r) к общему числу составных частей структуры данного объекта (Y):

$$K_g = \frac{Y_r}{Y}. \quad (6)$$

Время, которое удалось сократить на поиск и устранение неисправностей, можно оценить относительным критерием времени K_t :

$$K_t = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i^o - t_i)}{\sum_{i=1}^n t_i^o}. \quad (7)$$

В формуле (7) t_i^o – время на устранение i -й неисправности до внедрения СТДМ; t_i – время на устранение i -й неисправности после внедрения СТДМ.

Поскольку в цели работы СТДМ и ЦМ входит также автоматизация технического обслуживания, то необходимо также оценивать коэффициент автоматизации технического обслуживания K_a . Этим коэффициентом можно оценить возможность сокращения влияния «человеческого фактора» на перевозочный процесс и динамику перехода обслуживания устройств ЖАТ с планово-предупредительного на обслуживание по фактическому состоянию. Данный коэффициент определим как отношение числа автоматизированного выполнения работ по ТО (r_a) к общему числу таковых работ (r):

$$K_a = \frac{r_a}{r}. \quad (8)$$

Чем ближе величины ξ и K_r , K_g , K_t , K_a к единице, тем более эффективной следует считать СТДМ. Повышение критериев эффективности возможно как комплексно, так и по отдельности.

Полнота контроля связана с фиксацией предотказных состояний и отказов технических объектов, а глубина поиска неисправности – со временем ее устранения. Чем глубже ведется поиск неисправности самой СТДМ, тем проще будет поиск ее техническим персоналом и быстрее пройдет сам процесс восстановления работоспособного состояния контролируемого объекта. Коэффициент ξ можно увеличивать за счет расширения числа устройств ЖАТ, охваченных датчиками СТДМ, повышения уровня надежности самой СТДМ, а также влияния на полноту контроля (коэффициент K_r). При этом коэффициенты оцениваются индивидуально для каждой группы устройств ЖАТ, и вырабатываются технические решения для их повышения.

Не следует забывать, что эффект от сокращения доли отказов снижается при потере работоспособности технических средств диагностирования, поскольку теряется часть параметров, характеризующих работу устройства ЖАТ. Целесообразно учитывать коэффициент готовности СТДМ в процессе оценки ее работы, вычисляемый как отношение времени работы СТДМ (t_p) к суммарному времени работы СТДМ и ее восстановлению (t_v):

$$K_r = \frac{t_p}{t_p + t_v}. \quad (9)$$

Перечень используемой литературы

При составлении конспекта лекций были использованы материалы из следующих источников, по пунктам:

1 Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб.пособие / Д. В. Ефанов, А. А. Лыков. – СПб. : Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. – 59 с. для пунктов 1-3, 7-9.

2 Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: монография. Д. В. Ефанов – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с. для пунктов 4-6.