

# КАСДУ первой линии Казанского метрополитена: современные решения традиционных задач

Владимир Красных, Григорий Бушканец, Александр Деркач, Борис Красных,  
Андрей Наумов, Айдар Абдулкин

В данной статье рассказывается об автоматизированной системе жизнеобеспечения объектов Казанского метрополитена — комплексной автоматизированной системе диспетчерского управления электромеханическими устройствами и объектами энергоснабжения.

## ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Первая линия Казанского метрополитена, насчитывающая сегодня пять станций, была введена в эксплуатацию в июле 2005 года к 1000-летию юбилею города.

Все нити управления Казанским метрополитеном сходятся в центр диспетчерского управления (ЦДУ), представляющий собой аппаратно-программный комплекс для диспетчерского управления всеми объектами метрополитена и являющийся составной частью интегрированной автоматизированной системы управления метрополитеном. Сюда стекается вся информация от

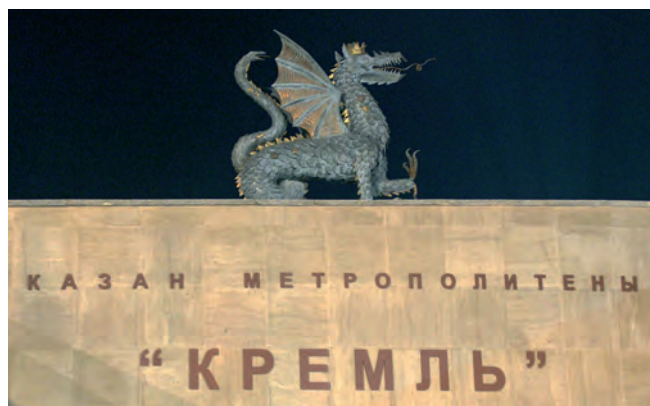
- комплексной системы обеспечения безопасности движения и автоматизированного управления движением поездов (СА КСД — комплексная система «Движение»);
- автоматизированной системы диспетчерского управления электроснабжением (КАСДУ-Э) и электромеханическими устройствами (КАСДУ ЭМУ);
- системы контроля состояния подвижного состава (КТСМ 02);
- системы поддержания единого времени метрополитена;
- системы охранно-пожарной сигнализации (ОПС) и контроля доступа (КД);
- системы контроля оплаты проезда (АСКОПМ).

Журнал «СТА» уже рассказывал о построении системы управления движе-

нием электропоездов [1]. Другой важнейшей системой Казанского метрополитена является система диспетчерского управления электроснабжением и электромеханическими устройствами.

Система КАСДУ-Э предназначена для автоматизированного управления электроснабжением потребителей метрополитена. Электроснабжение станций метрополитена осуществляется от энергосистемы города трёхфазным переменным током с частотой 50 Гц и напряжением 6 кВ. Основными элементами системы электроснабжения являются совмещённые тягово-понижительные подстанции (СТП) и понижительная подстанция электродепо (СТПд). Каждая СТП питается от городской энергосистемы по двум или трём кабельным линиям и резервируется по кабельным перемычкам от независимых источников через соседние СТП. Технологический процесс электроснабжения решает следующие основные задачи:

- приём и передачу электроэнергии с преобразованием её по уровню напряжения и роду тока;
- распределение электроэнергии на тягу поездов, нужды линии (санитар-



Вход на станцию «Кремлёвская» Казанского метрополитена

но-технические устройства, устройства автоматики и телемеханики, освещения, связи и др.) и посторонних потребителей.

Основными исполнительными устройствами, участвующими в технологическом процессе обеспечения электроэнергией, являются:

- высоковольтные выключатели вводов, кабельных перемычек и отходящих фидеров 6 кВ;
- секционные высоковольтные выключатели 6 кВ;
- быстродействующие автоматические выключатели фидеров 825 В, питающие контактную сеть;
- защитные заземлители шин 825 В на СТП;
- линейные разъединители фидеров 825 В, питающие контактную сеть, зонные и тупиковые разъединители контактной сети;

- автоматические выключатели вводов щитов переменного тока напряжением 380 В, 220 В;
- секционные автоматические выключатели щитов переменного тока напряжением 380 В, 220 В;
- автоматические выключатели эскалаторов щитов переменного тока напряжением 380 В;
- трансформатор силовой СТП;
- трансформатор освещения;
- трансформатор системы автоматики и телемеханики движения поездов (АТДП) и связи.

Система КАСДУ-ЭМУ предназначена для автоматизированного управления электромеханическими устройствами метрополитена:

- тоннельной вентиляцией, обеспечивающей в тоннелях, вестибюлях и на станциях требуемые санитарно-гигиенические параметры воздуха;
- местной вентиляцией на станциях и в вестибюлях, обеспечивающей воздухообмен в служебных помещениях и коридорах;
- насосными установками в перекачках и санузлах на станциях и в тоннелях, обеспечивающими откачку грунтовых, атмосферных и производственных сточных вод и фекальной жидкости в городскую водосточную сеть и канализацию;
- системой водоснабжения для питьевых, хозяйственных и пожарных нужд;
- системой теплоснабжения, обеспечивающей станции горячей водой и воздухом;
- системой освещения тоннелей, вестибюлей, платформ;
- устройствами контроля прохода в тоннель (УКПТ).

## ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ КАСДУ

В системе КАСДУ предусмотрены три режима управления электромеханическими объектами и объектами энергоснабжения: местное управление (МУ), дистанционное управление (ДУ) и телемеханическое управление (ТУ).

В режиме МУ управляющие воздействия подаются на электромеханические устройства с использованием соответствующих тумблеров, кнопок, задвижек и прочих электромеханических или механических органов управления, которые находятся в непосредственной близости от объекта управления. Данный режим управления поддерживается всеми без исключения электромеха-

ническими объектами.

Режим ДУ осуществляется с АРМ, расположенных в помещении дежурного станционного поста телеуправления (ДСПТ, или просто – дежурный по станции). Команды управления с АРМ, подаваемые дежурным по станции, передаются по ЛВС Ethernet в со-

ответствующие контроллеры, которые осуществляют включение/выключение реле, подключённых к цепям управления требуемых устройств.

Режим ТУ осуществляется с АРМ, расположенных в ЦДУ. Команды управления с АРМ, подаваемые диспетчером электромеханических устройств (ЭМУ), передаются по ЛВС Ethernet на серверы данных, а с серверов по Ethernet ВОЛС – в соответствующие контроллеры, которые осуществляют включение/выключение реле, подключённых к цепям управления требуемых устройств.

Управление освещением и постами УКПТ на станциях осуществляется только в режиме ДУ, так как эти объекты входят в зону ответственности исключительно дежурного по станции. Все остальные электромеханические устройства могут управляться как в режиме ТУ, так и в режиме ДУ.

Если система находится в режиме ТУ, управление возможно только с АРМ диспетчера ЭМУ из ЦДУ. При этом виртуальные органы управления на АРМ дежурного по станции заблокированы, доступна только индикация состояния электромеханических объектов. Если система находится в режиме ДУ, то наоборот, управление возможно только с АРМ дежурного по станции, а управление с АРМ диспетчера ЭМУ заблокировано.

Ответственность за управление всеми электромеханическими объектами (исключение – освещение и посты УКПТ на станциях) лежит на диспетчере ЭМУ, поэтому режим ТУ является приоритетным.

Переход системы из режима ТУ в режим ДУ осуществляется следующим образом:

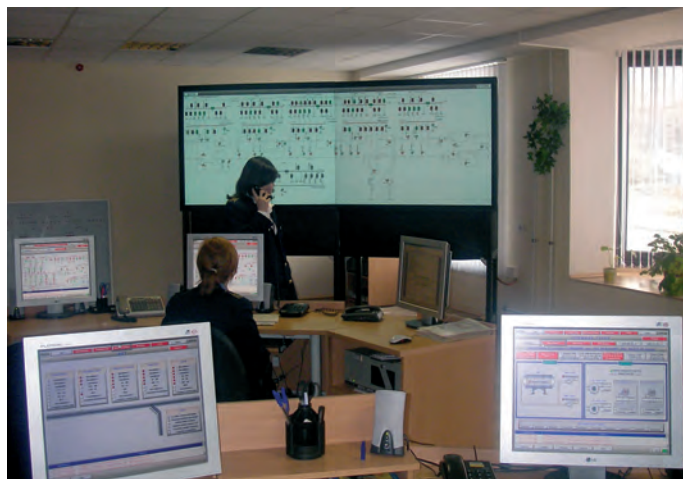


Рис. 1. Видеотабло коллективного пользования службы электроснабжения

- в случае возникновения определённых чрезвычайных ситуаций дежурный по станции со своего АРМ посылает запрос на переключение системы в режим ДУ на АРМ диспетчера ЭМУ, и если диспетчер ЭМУ даёт разрешение со своего АРМ, то режим ДУ активируется;

- если происходит отказ в сетевом соединении между серверами в ЦДУ и станционными контроллерами, то переключение в режим ДУ производится автоматически.

Перевод системы из режима ДУ в режим ТУ осуществляется диспетчером ЭМУ по собственному усмотрению со своего АРМ.

Управление в режиме ДУ объектами энергоснабжения осуществляется оператором СТП с консоли локальной автоматики, которая расположена в помещении СТП.

Управление в режиме ТУ осуществляется с АРМ энергодиспетчера, расположенного в ЦДУ. Управление СТП с АРМ дежурного по станции системой не предусмотрено.

АРМ диспетчера ЭМУ и АРМ энергодиспетчера в ЦДУ состоят из трёх рабочих станций: основной, резервной и вспомогательной. Основная и резервная рабочие станции функционируют в режиме «горячего» резерва и обеспечивают оперативную работу диспетчера по контролю и управлению объектами автоматизации. На вспомогательной рабочей станции реализован просмотр необходимой нормативно-справочной информации (НСИ). Общая информация о состоянии объектов энергоснабжения выводится дополнительно на видеотабло коллективного пользования (ВКП) службы электроснабжения (рис. 1).

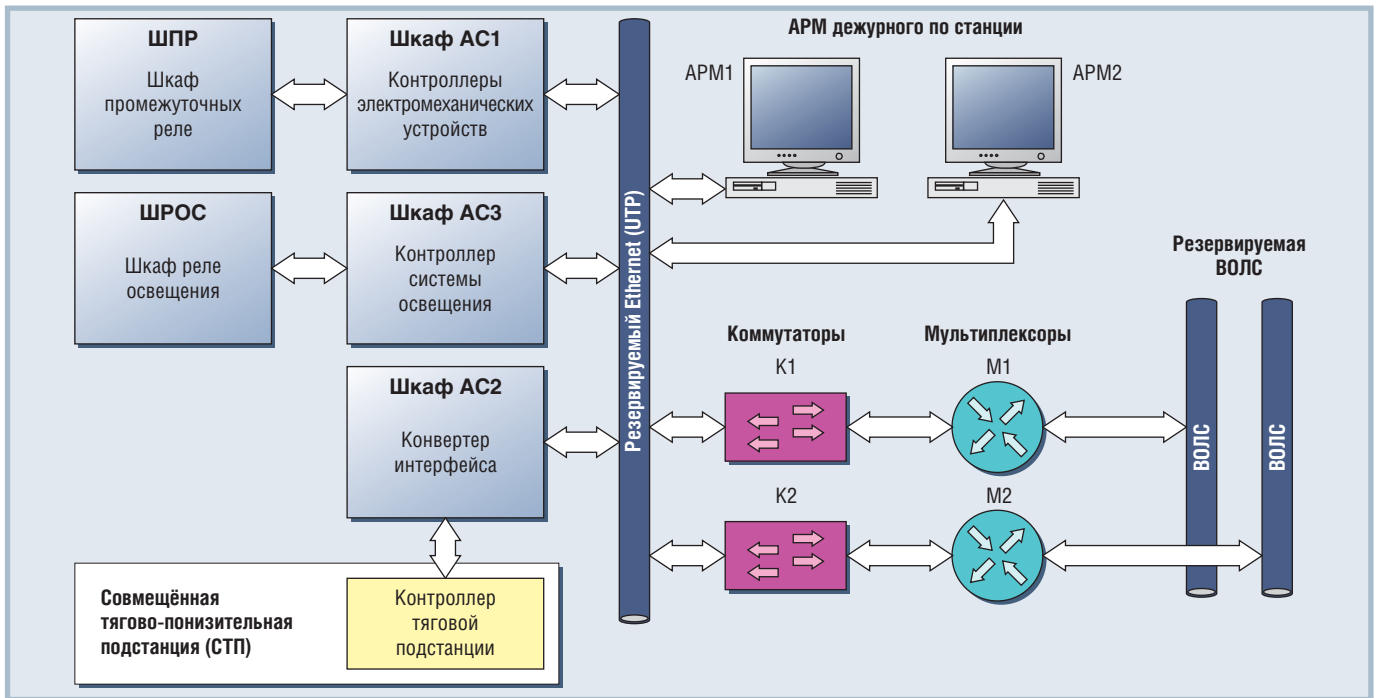


Рис. 2. Комплекс технических средств КАСДУ станционного уровня

### КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КАСДУ

Основу оборудования АРМ диспетчера ЭМУ и АРМ энергодиспетчера составляет промышленная рабочая станция Advantech IPC-510-SYS2. Эта станция собрана на базе одноплатного промышленного компьютера PCA-6186, выполненного в формате PICMG и укомплектованного процессором Intel Pentium 4 с частотой 2,8 ГГц, ОЗУ 512 Мбайт DDR класса PC2700, а также интегрированными видео- и сетевым (Fast Ethernet) контроллерами. Для работы с мультимедийными приложениями станция оснащена встроенной звуковой платой. В её состав также входят жёсткий диск объёмом 80 Гбайт, CD-ROM и стандартный дисковод. Рабочая станция IPC-510-SYS2 имеет вибро- и ударозащитное исполнение, устойчива к высоким температурам и влажности.

АРМ укомплектованы TFT LCD-мониторами L1730S фирмы LG, манипулятором, мышью, клавиатурой и активными звуковыми колонками.

Сервер данных состоит из двух полностью идентичных вычислительных комплексов повышенной надёжности с массивами накопителей на жёстких магнитных дисках – основного и резервного. Вычислительные комплексы функционируют в режиме «горячего» резерва. Массивы дисковых накопителей осуществляют зеркальное копирование данных.

Сервер системы КАСДУ выполняет следующие функции:

- обмен информацией с СА КСД и станционной аппаратурой КАСДУ;
- ведение баз данных, хранение НСИ;
- передачу команд ТУ, приём квитанций на команды ТУ;
- автоматическое формирование протокола состояний контролируемых объектов, аварийных событий и команд ТУ (включая сигналы квитирования ТУ);
- разграничение прав доступа к приложениям и данным;
- информационный обмен с другими системами.

Комплекс технических средств (КТС) КАСДУ в ЦДУ дополняет ВКП службы электроснабжения, состоящее из видеопанелей высокого разрешения. Управление выводом информации на ВКП осуществляется специализированным контроллером, подключённым к ЛВС ЦДУ (см. структурную схему центра диспетчерского управления в [1]).

Для обмена данными между ЛВС ЦДУ и станциями используется сеть передачи данных на базе двух кольцевых линий волоконно-оптического кабеля, проложенных по разным тоннелям. Прямые и обратные оптические волокна образуют кольцо, чтобы сохранить целостность среды передачи данных при одиночном обрыве кабеля.

КТС КАСДУ станционного уровня включает в свой состав (рис. 2):

- резервированное АРМ дежурного по станции (АРМ1, АРМ2);

- станционный шкаф управления электромеханическими объектами (программно-технический комплекс АС1);
- станционный шкаф управления системой освещения (программно-технический комплекс АС3);
- блок преобразования интерфейсов (блок АС2);
- шкаф промежуточных реле (ШПР);
- шкаф реле освещения (ШПРОС);
- оборудование ЛВС.

АРМ дежурного по станции укомплектован двумя ПЭВМ в промышленном исполнении на базе шасси IPC-510BP-30Z с процессорной платой PCA-6186E2-00A1 фирмы Advantech. Одна ПЭВМ является основной и предназначена для отображения состояния объектов управления электромеханической службы с требуемой детализацией, обеспечивающей возможность оперативного управления, а также для отображения состояния объектов электроснабжения. Вторая ПЭВМ является резервной и в резервном режиме предназначена для детализации отображения дополнительной текущей, аварийной или справочной информации. При отказе основной ПЭВМ резервная назначается основной.

Программно-технические комплексы (ПТК) АС1 и АС3 осуществляют:

- приём дискретной, аналоговой и цифровой информации от датчиков контролируемых электромеханических объектов и её обработку по заданным алгоритмам;



- управление исполнительными механизмами электромеханических объектов по заданным алгоритмам;
- передачу информации на верхний уровень иерархии (ДСПТ, ЦДУ) по сети Ethernet;
- приём и исполнение команд управления от верхнего уровня иерархии (ДСПТ, ЦДУ) по сети Ethernet.

ПТК АС1 и АС3 состоят из следующих функциональных узлов:

- программируемые микроконтроллеры серии ADAM-5510E/TCP с модулями ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов и адаптером интерфейса Ethernet;
- нормализаторы аналоговых сигналов серии ADAM-3014;
- электромеханические реле;
- источники вторичного электропитания;
- коммутаторы Ethernet серий ADAM-6520-B и EDG-6528.

Основу ПТК АС1 и АС3 составляют программируемые микроконтроллеры серии ADAM-5510E/TCP фирмы Advantech. Каждый ADAM-5510E/TCP является IBM PC совместимым контроллером, предназначенным для работы в локальных и корпоративных сетях по интерфейсу Ethernet. Контроллеры обеспечивают выполнение основных функций ПТК по вводу и первичной обработке информации, а также обработку основных алгоритмов управления объектом. Ввод и вывод информации в контроллеры от объекта управления осуществляется через соответствующие модули, устанавливаемые в посадочные места восьмислотового каркаса. Аналоговые сигналы 4...20 мА от датчиков поступают на входы модуля аналогового ввода через модули нормализации ADAM-3014. Дискретные сигналы типа «сухой» контакт поступают на модули ADAM-5051S и ADAM-5055S непосредственно от датчиков, установленных на контролируемом объекте. Контроллеры работают под управлением прикладного программного обеспечения в среде операционной системы ROM-DOS.

Блок АС2 осуществляет выполнение следующих функций:

- принимает и передаёт информацию от портов RS-232/422/485 с протоколом ModBus в сеть Ethernet и обратно;
- преобразует среду передачи данных для Ethernet из стандарта 10/100Base-TX в стандарт 100Base-FX (многомодовый).

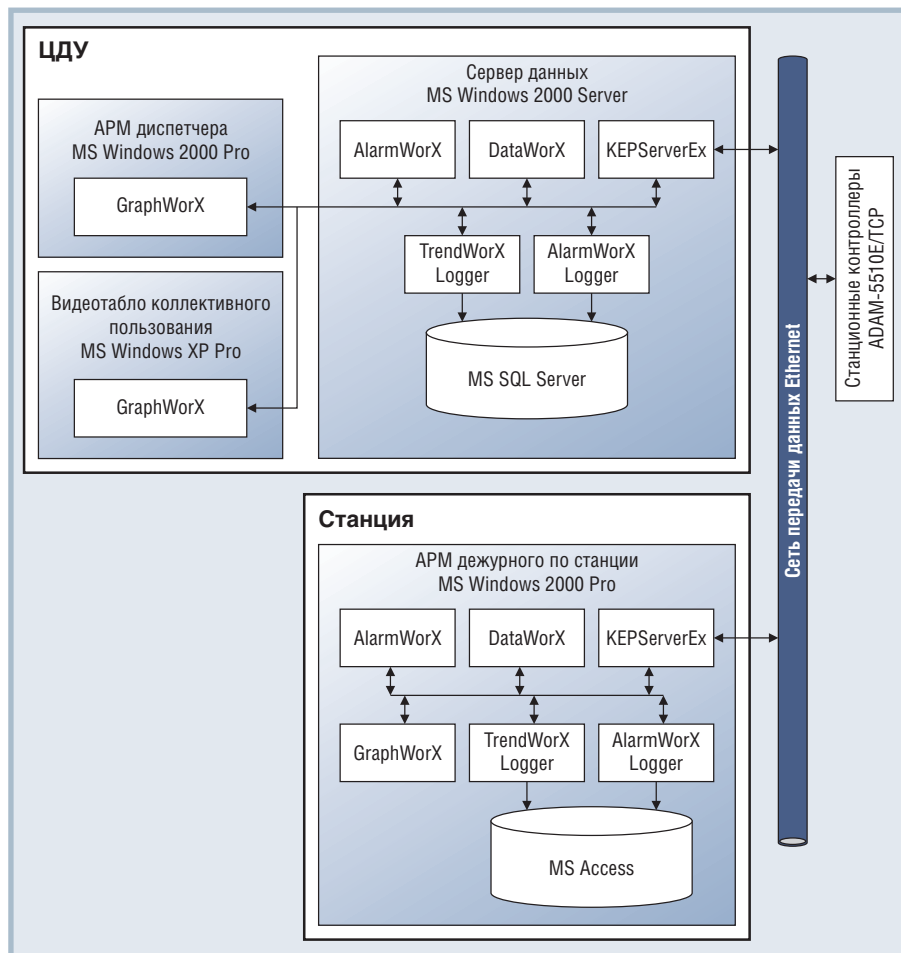


Рис. 3. Структура программного обеспечения КАСДУ

Блок АС2 состоит из следующих основных функциональных узлов:

- модуль шлюза передачи данных Ethernet в RS-232/485/422 с протоколом ModBus – ADAM-4572-A совместно с преобразователем интерфейсов RS-232 в RS-422/RS-485 – ADAM-4520-D;
- конвертеры Ethernet в многомодовый оптический интерфейс – ADAM-6541-A;
- источник вторичного электропитания EWS15-24.

Основу блока АС2 составляет модуль ADAM-4572-A. Он имеет один сетевой порт 10/100Base-T с соединителем RJ-45 и один последовательный порт интерфейса RS-232/422/485 с винтовыми клеммами. Для расширения количества последовательных портов блока АС2 до двух используется преобразователь интерфейса ADAM-4520-D. Преобразование среды передачи Ethernet реализуется с помощью модулей ADAM-6541-A. Применяемые модули семейства ADAM являются изделиями фирмы Advantech, а источники электропитания серии EWS – продукцией компании Nemic-Lambda.

Связь между АС1, АС2, АС3 и АРМ в пределах станции на расстоянии не более 100 м осуществляется по дублированным защищённым кабелям с использованием интерфейса Ethernet 100Base-T; при больших расстояниях используются преобразователи 100Base-T в 100Base-FL с соответствующим переходом на оптоволокно. Связь между АС1, ШПРОС, ШПР и электромеханическими объектами осуществляется по физическим линиям. Связь между АС2 и контроллером тяговой подстанции реализована по последовательному интерфейсу RS-485.

На программно-технические комплексы АС1 и АС3 были получены сертификаты РОСС RU.ME51.B00737 и РОСС RU.ME51.B00736 на соответствие требованиям безопасности и электромагнитной совместимости.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАСДУ

В качестве операционной системы для АРМ диспетчеров (как стационарных, так и в ЦДУ) и серверов ЦДУ используются Microsoft Windows 2000 Pro и Windows 2000 Server. Прикладное программное обеспечение (ПО) разра-

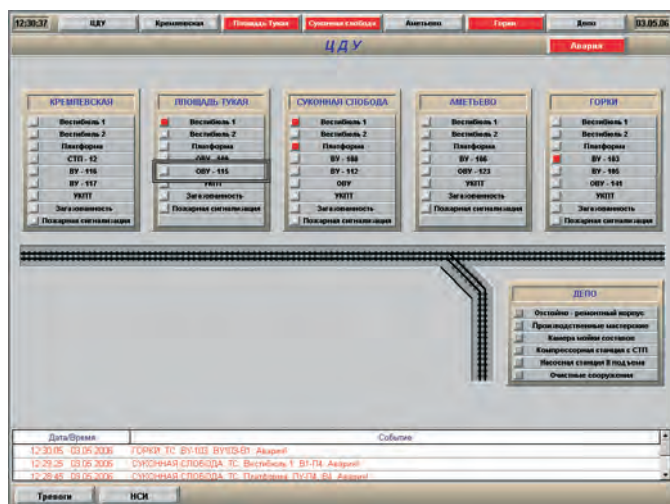


Рис. 4. Основной экран АРМ диспетчера ЭМУ

ботано на базе SCADA-системы GENESIS32 v.7 фирмы Iconics (рис. 3).

Данные с уровня контроллеров поступают на АРМ ДСПТ по сети передачи данных Ethernet в соответствии с протоколом ModBus/TCP. На АРМ данные сначала проходят через OPC-сервер KerServerEx, который является «шлюзом» для программных модулей GENESIS32 и ПО контроллера. Затем данные поступают в DataWorX, где осуществляется их первичная обработка: для аналоговых сигналов – перевод из кода АЦП в реальную физическую величину, для дискретных – распаковка и инвертирование. Таким образом, DataWorX содержит в себе все параметры контролируемых процессов. Далее DataWorX предоставляет полученную от контроллеров информацию всем своим клиентам:

- серверу архивации аналоговых параметров TrendWorX Logger, который архивирует значения контролируемых параметров в базе данных с возможностью последующего их извлечения и просмотра на графиках;
- серверу обнаружения аварийных событий AlarmWorX Server, который в свою очередь передаёт серверу архивации AlarmWorX Logger информацию об обнаруженных аварийных событиях для архивации в базе данных;
- средству визуализации контролируемых параметров GraphWorX, которое, получая информацию от всех серверов обработки данных, представляет её в виде динамизированных мнемосхем на экране монитора и тем самым обеспечивает интерфейс пользователя с системой.

Команды диспетчера передаются сразу из GraphWorX в OPC-сервер KerServerEx, который, в свою очередь,

передаёт её для выполнения непосредственно в станционный контроллер.

Прикладное ПО станционного уровня и уровня ЦДУ идентичны друг другу. Разница лишь в том, что на уровне ЦДУ все серверы обработки данных размещаются на отдельном компьютере – сервере данных, а АРМ запрашивают необходимые для отображения данные по сети. На станционном же уровне задачи обработки и отображения данных выполняются на одном компьютере.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ НА АРМ ДИСПЕТЕЧЕРОВ

АРМ диспетчера ЭМУ в ЦДУ позволяет удалённо управлять в режиме ТУ электромеханическими устройствами на всех станциях и полностью контролировать их состояние. На этих АРМ отображается информация с датчиков микроклимата, датчиков охранно-пожарной сигнализации и загазованности, а также имеется возможность просматривать архивные данные за разные периоды времени в виде графиков и таблиц. Работникам инженерных служб при наличии разрешённого уровня доступа предоставляется возможность с системных экранов АРМ диспетчера ЭМУ диагностировать состояние некоторых элементов системы КАСДУ, вводить необходимые уставки и настроечные коэффициенты.

На рис. 4 и 5 представлены основной экран АРМ диспетчера ЭМУ и изображение некоторых электромеханических устройств на одном из его рабочих экранов.

В верхней части основного экрана располагается меню переходов к экранам станционных объектов в виде кнопок с названием станций. Кнопки переходов являются также цветовыми инди-

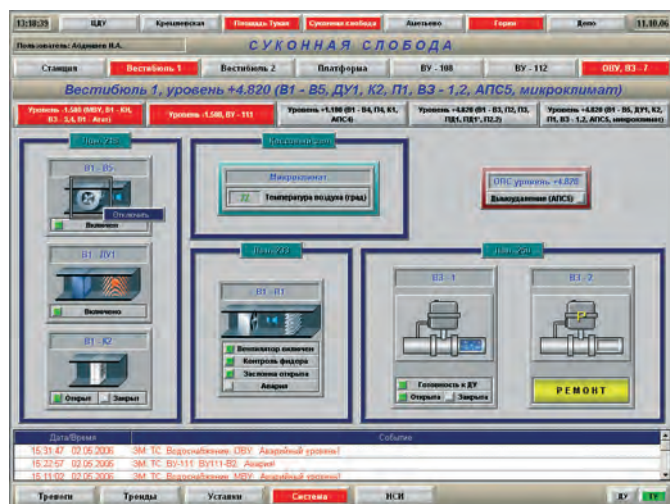


Рис. 5. Изображение некоторых электромеханических устройств на одном из рабочих экранов АРМ диспетчера ЭМУ

каторами, сигнализирующими красным цветом о наличии аварии на каком-либо объекте соответствующей станции. На данном экране также изображены индикаторы состояний основных объектов всех станций. В нижней части экрана располагается ActiveX-компонент AlarmWorX Viewer, который выводит в текстовом виде оперативную информацию о текущих аварийных ситуациях.

Для отображения полного журнала тревог и событий на отдельном экране используется компонент AlarmWorX Report ActiveX. Данный компонент позволяет устанавливать во время отображения различные фильтры, которые легко могут быть настроены самим диспетчером ЭМУ.

Группу вспомогательных экранов АРМ составляют системный экран и экран уставок. На первом из них отображается состояние связи с контроллерами шкафов управления АС1, АС2, АС3, наличие электрического напряжения на выходах источников постоянного тока, расположенных в этих шкафах, а также другая сетевая информация. Экран «Уставки» предназначен для просмотра текущих значений аналоговых и дискретных параметров электромеханических объектов в табличном виде, задания градуировочных коэффициентов и аварийных границ аналоговых сигналов, перевода объектов управления из режима «Работа» в режим «Ремонт» и обратно.

Рабочее место дежурного по станции функционально повторяет АРМ диспетчера ЭМУ, но, естественно, ограничивает область действия всех функций данной станции. Дополнительно это АРМ содержит органы управления освещением в тоннелях, вестибюлях и на

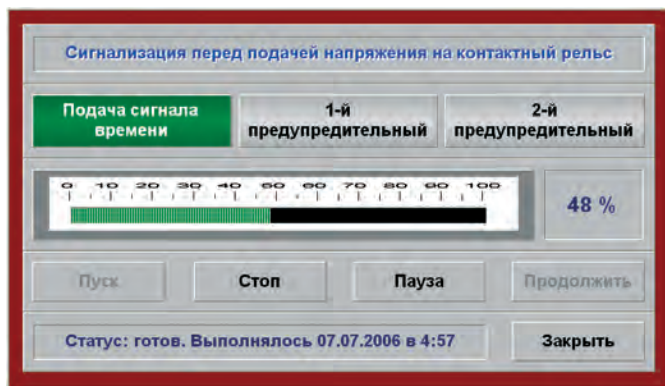


Рис. 6. Окно активирования сигнализации

платформе, а также индикацию состояния систем освещения.

Освещение в тоннелях используется для выдачи предупредительной сигнализации перед подачей напряжения на контактный рельс. Чтобы активировать сигнализацию, дежурному по станции необходимо нажать кнопку «Сигнализация», при этом в центре экрана появится окно, представленное на рис. 6. Для запуска алгоритма автоматического управления сигнализацией необходимо нажать кнопку «Пуск». Сигнализация состоит из трёх выполняемых последовательно друг за другом фаз.

1. **Подача сигнала времени:** во время выполнения этой фазы в тоннелях включается всё освещение на 5 секунд, потом гаснет на 5 секунд, а затем включается на 5 минут.
2. **Первый предупредительный:** в тоннелях два раза на 5 секунд отключается свет, а затем включается и продолжает гореть в течение 10 минут.
3. **Второй предупредительный:** в тоннелях три раза на 5 секунд отключается свет, а затем включается и продолжает гореть то освещение, которое было включено до запуска предупредительной сигнализации.

Во время каждой фазы соответствующий индикатор мигает зелёным цветом. Процентная шкала отображает ход выполнения всего алгоритма управления сигнализацией. Кнопкой «Стоп» можно прервать выполнение алгоритма. Кнопкой «Пауза» можно приостановить его выполнение, а затем продолжить, нажав кнопку «Продолжить».

**АРМ энергодиспетчера** предоставляет возможность просмотра полной информации о состоянии объектов энергетики на выбранной станции и управления ими. На основном экране выбранной станции располагается однолинейная схема электроснабжения станции. На этой схеме динамически отображается положение всех разъединителей и вы-

ключателей, участвующих в электропитании. Также с этого экрана диспетчеру предоставляется возможность управления разъединителями и выключателями (рис. 7). Для выдачи команды управления диспетчеру нужно лишь щёлкнуть левой кнопкой мыши на нужном объекте и в появившейся панели управления выбрать нужную команду.

Все контролируемые объекты электроэнергетики разделены на 3 группы: РУ 6 кВ, РУ 825 В, щиты 380/220 В. На АРМ каждая группа представлена своим меню. В нём располагаются кнопки перехода к экранам, содержащим полную информацию о состоянии какого-либо агрегата, а также индикаторы наличия аварийных сообщений и наличия связи с контроллером конкретного агрегата.

Для разграничения прав пользователей на каждом АРМ предусмотрена подсистема авторизации пользователей. Данная подсистема имеет 3 уровня доступа: «гость» — для этого уровня не требуется авторизация, здесь все функции управления блокируются, и остаётся лишь возможность просмотра состояния агрегатов; «оператор» — на этом уровне предоставляется возможность управления агрегатами; «наладчик» — предоставляется возможность корректировки системных констант, используемых для преобразования аналоговых сигналов, а также изменения режимов функционирования агрегата («Ремонт» или «Работа»). Все данные по регистрации пользователей фиксируются подсистемой в архиве событий и тревог.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совершенно очевидно, что реализация столь масштабного проекта, как создание системы КАСДУ первой линии Казанского метрополитена, не могла пройти без проблем. Были отдельные нестыковки в различных частях проекта. Не всегда генподрядчик — «Казмет-

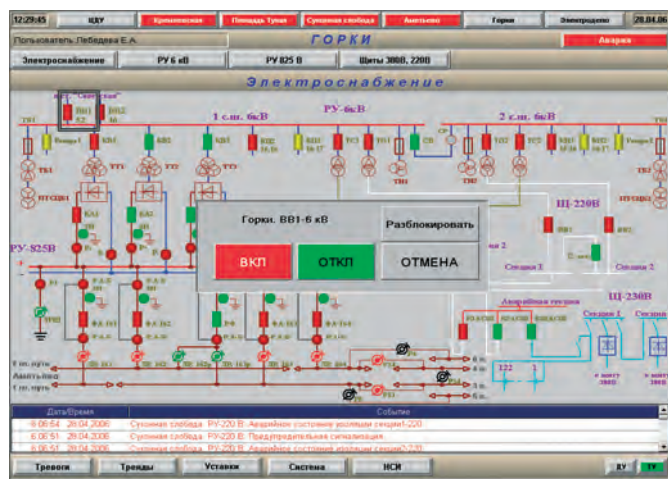


Рис. 7. АРМ энергодиспетчера. Экран по станции «Горки»

рострой» — обеспечивал эффективное взаимодействие своих субподрядчиков. Были проблемы (а где их не бывает!) с ритмичностью финансирования работ. Наконец, сроки, сроки, сроки...

Но в то же время проект КАСДУ — это и пример эффективного сотрудничества триумвирата в составе Научно-исследовательского института точной механики, г. Санкт-Петербург (разработка структуры системы, определение её функций, организация взаимодействия с заказчиком), Санкт-Петербургского филиала компании ПРОСОФТ (поставка комплектующих и общесистемного программного обеспечения) и ООО «ШАТЛ», г. Казань (разработка и изготовление шкафов управления, разработка программного обеспечения, монтаж и пусконаладка системы). Сейчас можно смело утверждать, что только совместный дружный квалифицированный труд этих коллективов обеспечил реализацию проекта в кратчайшие сроки. Нельзя обойти вниманием и эксплуатирующую организацию «Муниципальное унитарное предприятие „Метроэлектротранс“», г. Казань, специалисты которой взяли, в конце концов, в свои руки неблагодарную функцию взаимоувязки работ, выполнявшихся различными подрядчиками. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белов В., Гольинский А., Потапов К., Гаркуша М., Корнев Л. Безопасность и экономичность — главные черты системы управления движением поездов Казанского метрополитена // Современные технологии автоматизации. 2006. № 1. С. 34–38.

**Авторы — сотрудники  
ООО «Шатл», г. Казань  
Телефон/факс: (843) 238-1600  
E-mail: shuttleroot@kai.ru**