

# Исследовательский комплекс апробирования решений для метрополитенов

Сергей Солдатов, Мария Макарова, Александра Ходина

В статье даётся описание исследовательского комплекса для тестирования и апробации решений для метрополитенов. Описывается применение исследовательского комплекса при разработке подсистемы глубокой диагностики оборудования в автоматизированной системе диспетчерского управления. Даётся представление об актуальных технических требованиях Московского метрополитена.

## ВВЕДЕНИЕ

Компания «ЛАЙТОН» была основана в 2005 году и занимается разработкой и внедрением комплексных решений по автоматизации технологических процессов, диспетчеризации, автоматике управления движением, систем обеспечения жизнедеятельности, инфраструктуры систем связи и обеспечения информационной безопасности.

С момента создания специалистами компании были успешно разработаны автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ) инженерных систем для вновь строящихся и действующих метрополитенов СНГ (метрополитены городов Алма-Аты, Минска, Казани, Омска, Екатеринбурга). В своих проектах «ЛАЙТОН» ориентируется на создание современного экономичного метрополитена с безлюдными технологиями и глубокой диагностикой применяемых программно-технических средств.

С 2012 года компания принимает участие в проектных работах по созданию автоматизированных систем автоматике, сигнализации, связи и безопасности для Московского метрополитена (станция «Тропарёво», четыре станции Кожуховской линии, электродепо «Выхино», «Митино», «Братеево», «Лихоборы», станция «Технопарк»). Кроме того, ООО «ЛАЙТОН» имеет опыт создания АСДУ технологическими процессами для других объектов, таких как Волгоградский скоростной трамвай, Московская монорельсовая система, Приморский океанариум, объекты Связьтранснефти.

Компания не только проектирует АСДУ, но и разрабатывает, испытывает и производит шкафы низовой автоматики различного назначения (произведено и поставлено заказчикам более 1500 шкафов). В связи с этим был и остаётся крайне актуальным вопрос апробирования и тестирования предлагаемых проектных и конструкторских решений. Ответом стала разработка специализированного исследовательского комплекса, который позволяет тестировать как элементы нижнего и среднего уровня, так и верхний уровень программно-аппаратных элементов системы диспетчеризации.

## ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКСА

Для обеспечения возможности тестирования разнообразных проектных и конструкторских решений в исследовательском комплексе смонтированы различные виды исполнительных и управляющих элементов (рис. 1).

Структурно комплекс состоит из следующих основных частей (рис. 2): автоматизированное рабочее место оператора (АРМ оператора), управляемые коммутаторы 3-го уровня, программируемый логический контроллер (ПЛК) с модулями ввода-вывода, модуль удалённого ввода-вывода, имитатор дискретных сигналов, автоматы питания с дополнительными контактами, контакторы, реле, предохранители (рис. 3).

На АРМ оператора устанавливается необходимое системное, прикладное и сервисное программное обеспечение (ПО). В базовом варианте системное ПО включает: операционную систему (Win-

dows 7 Professional x64), систему управления базой данных (MS SQL), исполнительную среду для прикладного ПО (SCADA-система GENESIS64). Прикладное ПО включает весь исполняемый или интерпретируемый исполнительный код, необходимый для выполнения функций диспетчерско-

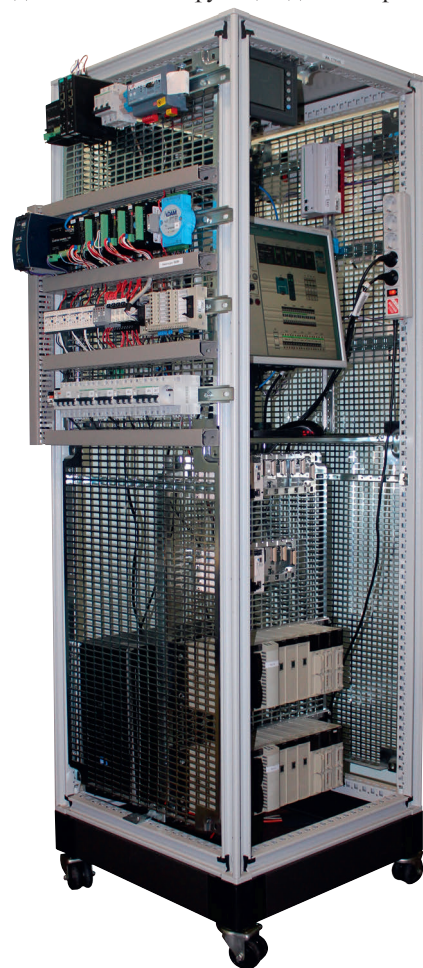


Рис. 1. Общий вид испытательного комплекса

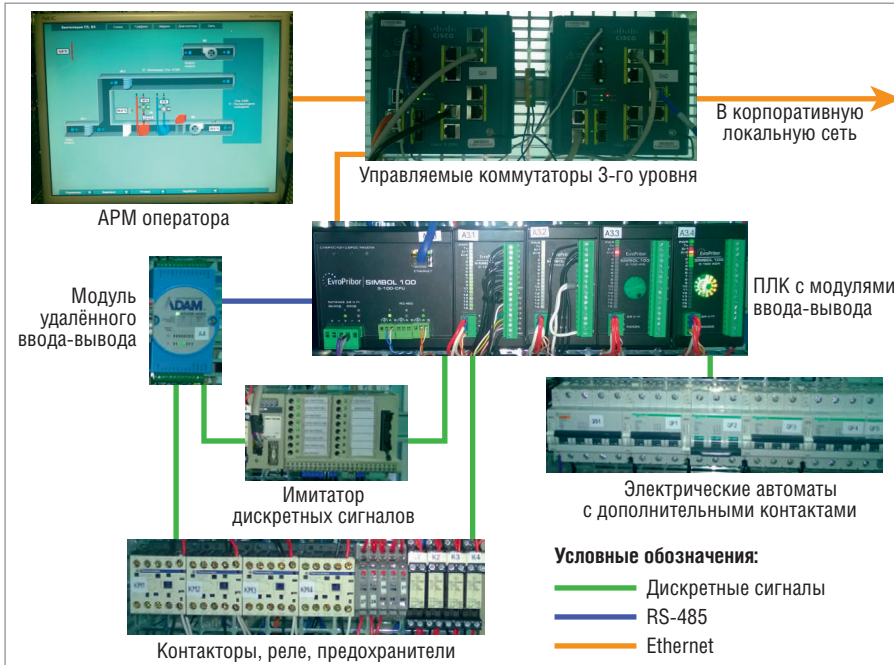


Рис. 2. Структурная схема стенда

го управления, диагностики объектов управления и диагностики программно-аппаратных средств автоматики (рис. 4). Сервисное программное обеспечение включает в себя ПО для конфигурирования программно-логических и коммуникационных устройств и ПО для коммуникационного обмена с объектами автоматизированного диспетчерского управления (OPC-серверы Kerware Technologies, Triangle Microworks, Matricon).

В качестве управляемых коммутаторов в базовом варианте использованы Cisco IE3000 – промышленные коммутаторы, хорошо зарекомендовавшие себя в метро. Наличие поддержки 3-го уровня коммутации позволяет строить произвольные топологии с поддержкой маршрутизации. При необходимости в комплексе дополнительно устанавливаются коммутаторы второго и третьего уровня других производителей.

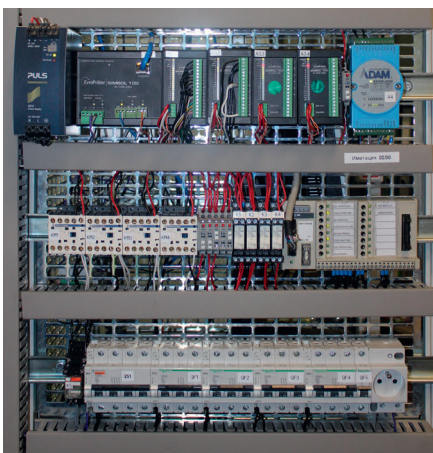


Рис. 3. Оборудование для имитации локальной системы автоматики

Выбор ПЛК, используемого сейчас для отработки на исследовательском комплексе, основывался на нормативных документах Московского метрополитена: «Автоматизированная система управления Электромеханической службой. Общие технические требования» (АСУ ЭМС ОТТ), «Автоматизированная система управления электрооснабжением. Общие технические требования» (АСУ Э ОТТ). В частности, для повышения надёжности, снижения сетевого трафика и повышения оперативности передачи информации, требуется построение системы диспетчеризации с протоколом обмена МЭК 60870-5-104. При выборе принималось во внимание обеспечение переносимости прикладного ПО, что отразилось в выборе ПЛК с открытой инструментальной системой, обеспечивающей, в том числе, возможность удалённой разработки. Также учитывались имеющиеся на сегодняшний день требования по импортозаме-

щению и снижению стоимости систем автоматики и диспетчеризации.

Специалистами «ЛАЙТОН» было рассмотрено несколько ПЛК различных производителей, таких как Моха (Тайвань), FASTWEL (Россия), ICP DAS (Тайвань) и «НПЦ «Европрибор» (Белоруссия).

Окончательный выбор был сделан в пользу ПЛК Simbol-100 производства ООО «НПЦ «Европрибор». ПЛК имеет 1 порт Ethernet, 3 порта RS-485, установленную целевую систему ISaGRAF, гальваническую изоляцию коммуникационных портов и встроенный автоматический ввод резерва (АВР) по питанию. Модули ввода-вывода ПЛК организованы как распределённая периферия и обмениваются с головным блоком по протоколу Modbus RTU через высокоскоростной порт RS-485. По запросу «ЛАЙТОН» разработчик ПЛК совместно с ООО «ФИОРД-ПРО» (г. Санкт-Петербург) выполнил работы по интеграции драйвера протокола МЭК 60870-5-104 в целевую систему ПЛК. Данный драйвер был разработан «ФИОРД-ПРО» для расширения коммуникационных возможностей целевой системы ISaGRAF и прошёл успешные испытания на объектах энергетики. Результат интеграции был всесторонне протестирован сотрудниками «ЛАЙТОН».

Полноценная работа исследовательского комплекса невозможна без адекватной имитации работы низовых устройств (распределённой системы автоматики). На первом этапе в комплексе была реализована имитация работы устройств приточно-вытяжной вентиляции, включающей несколько шкафов автоматики. Для этого в составе комплекса предусмотрен модуль удалённого ввода-вывода Advantech ADAM-4055. Модуль подключается к ПЛК по линии

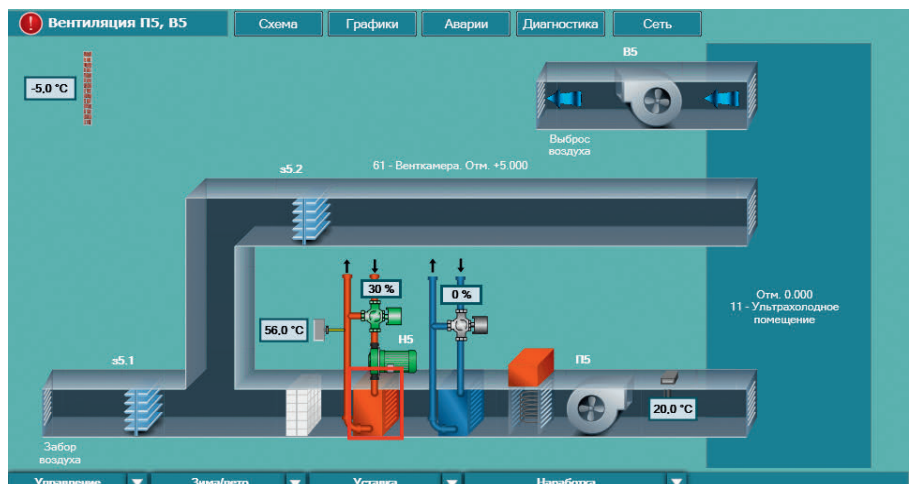


Рис. 4. Мнемосхема имитируемого техпроцесса



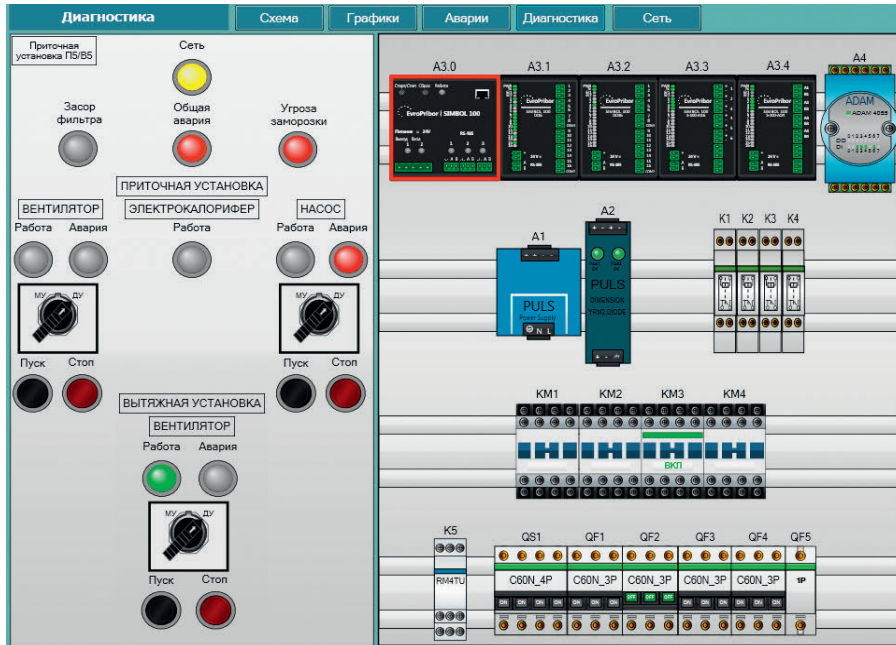


Рис. 5. Мнемосхема диагностики шкафа автоматики

связи RS-485 и обменивается данными по протоколу Modbus RTU. Для отработки гетерогенных систем с конвертацией среды передачи данных на испытательном комплексе устанавливается шлюз Modbus TCP–Modbus RTU.

Для имитации датчиков, исполнительных механизмов, проверки обратной связи с устройствами, моделирования работы системы диагностики шкафа используются автоматы питания с дополнительными контактами, имитатор дискретных сигналов, контакторы, реле и предохранители. В составе комплекса также присутствует задатчик унифицированного токового сигнала, датчики температуры и влажности.

**ПРИМЕНЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ГЛУБОКОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Одной из задач, стоявшей перед сотрудниками «ЛАЙТОН», было обеспечение возможности тестирования и отладки программно-технических решений, связанных с реализацией системы глубокой диагностики оборудования АСДУ метрополитена.

Диагностика исполнительных устройств и систем автоматики – это необходимая часть технологического процесса, без которой невозможна безаварийная эксплуатация технических систем. Существует два направления развития диагностирования: первое – развитие автоматических систем безопасного управления, второе – совершенствование процессов обслуживания и

ремонта. Первое направление ориентировано на измерение и анализ протекающих в объектах рабочих процессов, решения должны приниматься за доли секунды и без участия человека. Второе направление – превентивная (глубокая) диагностика – используется для планирования работ по обслуживанию и ремонту «по состоянию».

В технической литературе под глубокой диагностикой в основном понимается диагностика дефектов оборудования с целью прогнозирования развития дефектов и планирования ремонтных работ. Специалисты компании при реализации систем с глубокой диагностикой, в первую очередь, акцентируют внимание на формировании детальной информации о неисправном элементе автоматической системы управления с целью адекватной, а главное, оперативной реакции на аварийные ситуации.

В большинстве существующих сегодня систем диспетчеризации до сих пор практикуется сужение аварийной информации до одного-двух сигналов, смысл которых сводится к следующему: на объекте управления случилась авария. После получения такого сигнала диспетчер отдаёт указания о проведении ремонтных работ, и ремонтный персонал выезжает на объект. Объём ремонтных работ, необходимый набор инструментов, запасные части и принадлежности (ЗИП), документация выясняются уже после прибытия ремонтной бригады. Вдобавок из-за сложности современного высокоинтеллектуального оборудования поиск неисправности невозможен без применения специальных

программных средств, уникальных для каждого производителя оборудования. Таким образом, из-за отсутствия полной информации ремонтный персонал отправляется на объект недостаточно подготовленным, практически всегда совершает повторные выезды, оперирует множеством программных средств и тратит много времени на поиск причин неисправности. Всё это приводит к временным и финансовым затратам.

Ещё один аргумент в пользу глубокой диагностики – контроль за выполнением ремонтных работ. Глубокая диагностика за счёт детализации диагностической информации позволяет увидеть, что неисправный элемент действительно заменён, а не поставлена перемычка, блокирующая обобщённый аварийный сигнал.

Указанные проблемы были учтены специалистами «ЛАЙТОН» при разработке системы глубокой диагностики и проработаны в рамках исследовательского комплекса. Результатом стало появление на АРМ оператора мнемосхем глубокой диагностики. На (рис. 5) представлена мнемосхема диагностики шкафа автоматики, на которой показаны все элементы шкафа, позволяющие получить диагностическую информацию. Для облегчения восприятия элементы автоматики нарисованы детально, все индикаторы, имитирующие светодиоды на оборудовании, положения автоматов, сопоставлены соответствующим переменным, получаемым с ПЛК. Такая мнемосхема позволяет получить не только представление о составе оборудования шкафа, но и подробную информацию о состоянии всех его элементов. В случае возникновения аварии элемент, сформировавший аварийный сигнал, выделяется красной рамкой. Это распространённая практика для мнемосхем технологических процессов, однако выделение рамкой на мнемосхеме отдельного модуля ПЛК и его канала

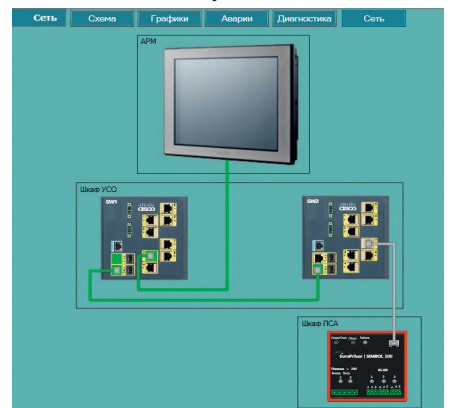


Рис. 6. Мнемосхема диагностики сети Ethernet

# NOVASTAR

Дизайн • Функциональность • Практичность



## ИнNOVационный шкаф для 19" электронного оборудования

- Аудио- и видеотехника
- Лабораторные измерения
- Испытания и контроль

### Технические характеристики

- 19-дюймовый разборный каркас из алюминиевого профиля
- Два класса нагрузки: Slim-line и Heavy-Duty
- Ширина всего 553 мм
- Высота от 360 (6U) до 2200 мм (47U)
- Глубина от 550 до 880 мм
- Боковой T-образный паз для крепления консолей и пультов
- Легкое перемещение на роликовых опорах



### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SCHROFF



ввода-вывода встречается редко. По желанию заказчика возможно табличное представление глубокой диагностики, хотя оно менее информативно: текстовое обозначение элементов не наглядно, затруднено отслеживание взаимосвязи между аварийными событиями.

Также в созданной системе реализована глубокая диагностика сетей связи (рис. 6). На мнемосхеме отображается исправность линии связи, исправность конкретного порта связи и другая диагностическая информация, доступная с коммутаторов по протоколу SNMP, а с ПЛК – по промышленным протоколам.

Реализация системы глубокой диагностики невозможна без наличия мощного пакета SCADA-системы. Одним из таких пакетов является GENESIS64 (ICONICS, США), его графический редактор позволяет наглядно и детально изобразить элементы шкафа автоматики, а широкие возможности по написанию макросов и скриптов позволяют анимировать состояние устройств.

Возможности системы глубокой диагностики позволяют диспетчеру либо иному инженерному персоналу получить всеобъемлющую информацию о неисправных элементах и в полной ме-

ре подготовиться к выполнению ремонтных работ перед выездом на объект. Помимо этого система обеспечивает сбор и хранение статистической информации для ретроспективного анализа возникающих неисправностей.

### ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В 2012 году вышли новые общие технические требования (ОТТ) Московского метрополитена, их состав перечислен далее.

- Общие требования к ПО автоматизированных систем диспетчерского управления Московского метрополитена.
- Микропроцессорная централизация. Общие технические требования.
- Автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов метрополитена. Общие технические требования.
- Автоматизированная система управления электроснабжением. Общие технические требования.
- Автоматизированная система управления Эскалаторной службой. Общие технические требования.
- Автоматизированная система управления Электромеханической службой. Общие технические требования.

Актуальность переработки ОТТ связана с тем, что старые требования зачастую входили в противоречия с техническими решениями, выполненными на современной элементной базе. В итоге проектировщики и конструкторы стояли перед нелёгким выбором: сделать систему по старым требованиям или сделать современную систему управления, но согласовать специальные технические условия (ТУ) для каждого объекта метрополитена, что в конечном счёте увеличивало сроки разработки проектов.

Новые требования существенно облегчили выбор проектных и конструкторских решений, хотя в них и содержится ещё много белых пятен, в основном связанных с внедрением в метрополитене MES-системы (Manufacturing Execution System – система управления производственными процессами), ERP-системы (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия) и интеграцией данных систем с системами диспетчерского управления и автоматики.

Кратко новые требования ОТТ можно свести к следующим пунктам:

**Мобильная SCADA-система**

- Полноценный клиент SCADA-системы на мобильном устройстве
- Легкая навигация с поддержкой технологии multitouch
- Поддержка операционных систем Android, iOS, Windows Phone
- Большое количество используемых интерфейсов: OPC, OPC UA, .NET, SNMP, BACnet, SQL, Oracle
- Наглядные графические инструменты для анализа собираемых данных: графики, диаграммы, pivot-таблицы
- Работа с картографическими сервисами
- Полноценная поддержка 3D-графики

**Управление, визуализация и анализ данных предприятия в Вашем кармане с ICONICS MobileHMI!**

64  
Compatible with  
Windows 7  
серверное Windows Server 2008  
Windows 8  
Computer  
Windows Server 2012  
Certified  
Microsoft  
PartnerNetwork  
Microsoft Partner  
2014 Partner of the Year Winner  
Public Sector: CityWest

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ICONICS**

**PROSOFT®** Тел.: (495) 234-0636 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама

- основной протокол передачи данных с нижним и средним уровнем – МЭК 60870-5-104;
- основной протокол передачи между серверами, а также между серверами и АРМ – OPC UA;
- резервирование линий связи и аппаратного обеспечения;
- высокое быстродействие АСДУ (время доставки сигнала телесигнализации от срабатывания датчика до отображения на АРМ не более 0,5 с; время обновления телеизмерений на АРМ не более 1 с; время передачи управляющей команды не более 1 с);
- пассивная система охлаждения, резервированное электропитание оборудования АСДУ.

Описанный в статье исследовательский комплекс позволяет реализовать и протестировать любые фрагменты АСДУ, удовлетворяющие всем вышеперечисленным требованиям ОТТ. Возможна организация различных топологий сети АСДУ, отработка вопросов резервирования управляющих элементов, тестирование совместимости оборудования различных производителей и отработка вопросов интеграции различных программных средств.

### Выводы

Построенный исследовательский комплекс позволил не только решить вопросы тестирования программно-аппаратного комплекса АСДУ, но и разработать и предложить заказчикам качественно новую систему АСДУ, обладающую следующими функциями:

- сокращение до минимума ручного управления технологическим оборудованием, контроля и регулирования (сокращение влияния человеческого фактора);
- автоматическое программное управление технологическими процессами;
- централизация контроля и управления из диспетчерского пункта;
- повышение надёжности и оперативности диспетчерского управления на основе использования единой информационной базы, увеличения объёма оперативной информации и повышения её достоверности;
- увеличение энергоэффективности режима работы технологического оборудования за счёт технического учёта потребляемых энергоресурсов;
- сокращение эксплуатационных расходов за счёт унификации применяемого оборудования и системы технического обслуживания телемеханики, применение передовых методов тех-

нического обслуживания и ремонта «по состоянию»;

- повышение эффективности управления за счёт оперативной координации работы диспетчеров, уменьшение потерь времени от простоя за счёт сокращения времени контроля и управления как в нормальных условиях, так и при выходе из аварийных и других нестандартных ситуаций.

Перечисленный функционал уже не в виде исследовательского комплекса, а в виде промышленных шкафов диспетчеризации был реализован на практике в АСДУ метрополитена Алма-Аты и АСДУ

Приморского океанариума, запроектирован в решениях для Московского метрополитена и других объектов компании.

Участвуя в проектировании станций Московского метрополитена, компания «ЛАЙТОН» стремится к созданию метрополитена будущего – интеллектуального, информативного, требующего меньше затрат на эксплуатацию и с минимальным влиянием человеческого фактора. Созданный исследовательский комплекс позволяет продемонстрировать и доказать актуальность функций, ранее недостижимых в АСДУ. ●

E-mail: [ssa-company@rambler.ru](mailto:ssa-company@rambler.ru)

## Новые SLIO CPU

максимальная производительность при минимальных размерах



### Мощные, как S7-300, и чрезвычайно гибкие!

Новые процессорные модули CPU 014 и CPU 015 серии SLIO обеспечивают максимальную гибкость системам управления, созданным на их основе. Благодаря разнообразным встроенным интерфейсам они легко интегрируются в промышленные сетевые структуры. Мощный процессор, быстрая системная шина и наличие широкого набора модулей расширения позволяют осуществлять управление самыми различными технологическими процессами, гарантируя при этом высочайшую скорость реакции системы.

- Возможность расширения объёма рабочей памяти до 512 кбайт
- Встроенные порты Ethernet PG/OP и PROFINET (CPU 015)
- Возможность подключения до 64 модулей расширения
- Порт X2 с функционалом MPI или PROFIBUS DP ведущий/ведомый
- Порт X3 с поддержкой обмена данными в режиме PtP (включая Modbus RTU) и MPI
- Системная шина со скоростью передачи 48 Мбит/с



S7-300 является зарегистрированной торговой маркой Siemens AG



### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ VIPA

Реклама



**МОСКВА** Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
**С.-ПЕТЕРБУРГ** Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • [info@spb.prosoft.ru](mailto:info@spb.prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
**КАЗАНЬ** Тел.: (843) 203-6020 • Факс: (843) 203-6020 • [info@kzn.prosoft.ru](mailto:info@kzn.prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
**КРАСНОДАР** Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • [krasnodar@prosoft.ru](mailto:krasnodar@prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
**САМАРА** Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • [info@samara.prosoft.ru](mailto:info@samara.prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
**УФА** Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • [info@ufa.prosoft.ru](mailto:info@ufa.prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
**ЧЕЛЯБИНСК** Тел.: (351) 239-9360 • [chelyabinsk@prosoft.ru](mailto:chelyabinsk@prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)