



Модернизация автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления городской электросетью

Николай Павлов, Андрей Зацепин, Максим Ананских

Рассматриваются технические средства и программное обеспечение, используемые для модернизации автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления электросетью г. Королёв Московской области.

ВВЕДЕНИЕ

На предприятии ЗАО «Королёвская электросеть» проводятся мероприятия по модернизации системы диспетчерского контроля и управления, реализующей свои функции через каналы информационно-технологической связи с распределительными пунктами электросети. Необходимость в усовершенствовании системы в основном обусловлена недостаточной надёжностью аппаратных средств нижнего уровня, отработавших свой ресурс и имеющих ограниченные функциональные возможности. Вместе с тем появление на российском рынке высоконадёжных IBM PC совместимых контроллеров, способных работать в жёстких условиях эксплуатации, а также инструментальных систем программирования

позволяет произвести модернизацию аппаратно-программных средств системы на современном техническом уровне и обеспечить при этом высочайшую степень надёжности и живучести системы в целом.

НЕДОСТАТКИ ПРЕЖНЕЙ СИСТЕМЫ И ВЫБОР ПУТЕЙ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Распределительные пункты (РП) электросети предназначены для приёма электрической энергии и её распределения по различным объектам (жилым домам, предприятиям и т.п.). Как правило, РП состоят из 10-12 ячеек (камер), в которых установлены: коммутационные аппараты (масляные выключатели — МВ), оборудование релейной защиты и автоматики (РЗ и А)

и устройства системы диспетчерского контроля и управления (датчики тока нагрузки в фидерах и отходящих линиях, цепи сигнализации состояния защиты и положения электропривода масляных выключателей, а также реле включения/отключения МВ).

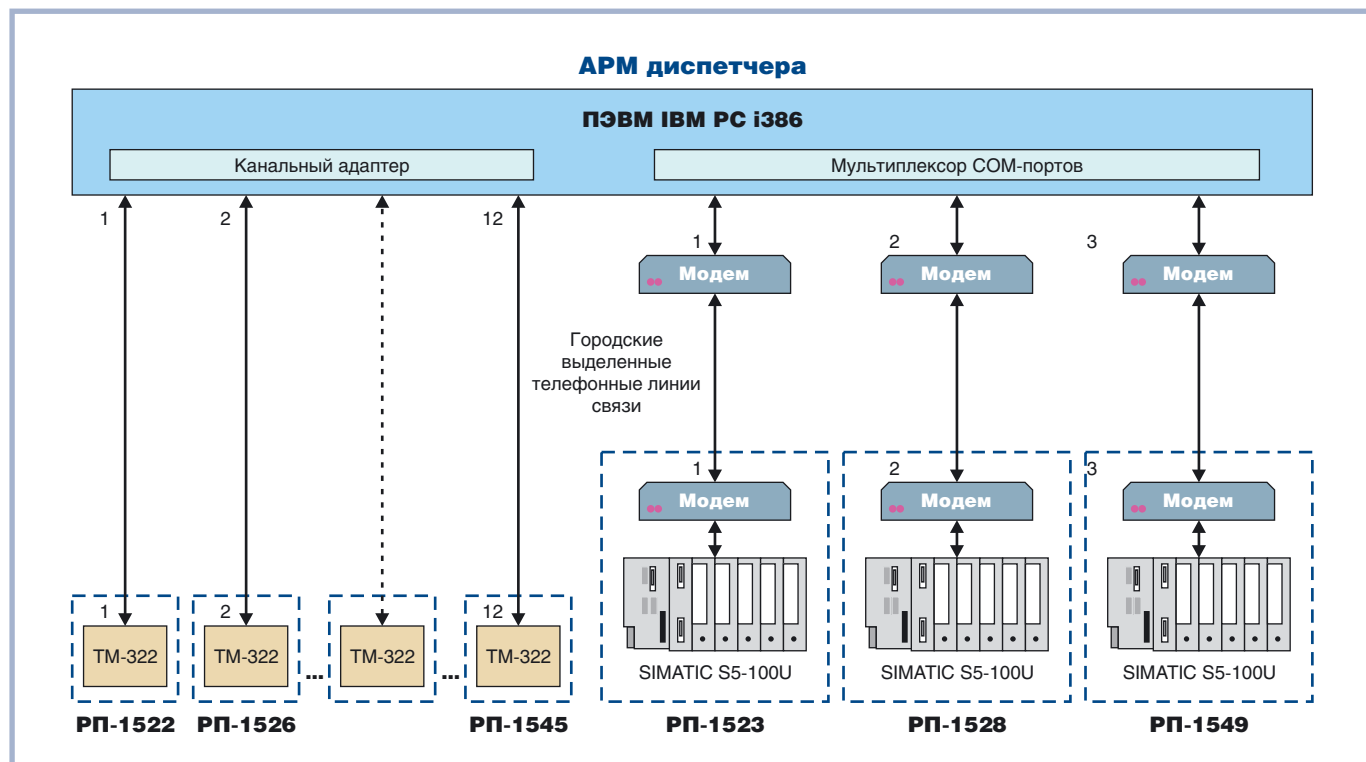
Первоначально система диспетчерского контроля и управления (СДКУ) охватывала 12 РП, которые были оборудованы комплектами телемеханики ТМ-322 (непрограммируемые устройства, выполненные на обычных микросхемах и элементах релейной техники, 1987 года выпуска). На диспетчерском пункте (ДП) был установлен персональный компьютер (ПК), осуществляющий сбор и обработку поступающей информации, а также выдачу её диспетчеру посредством мнемосхем.



Здание распределительного пункта электросети



Оборудование распределительного пункта (РП)



Условные обозначения: ТМ-322 — комплект устройств телемеханики; РП — распределительный пункт.

Рис. 1. Первоначальная структура системы диспетчерского контроля и управления (СДКУ)

Для обеспечения связи с РП (ТМ-322) по выделенным телефонным линиям был разработан каналный адаптер, встраиваемый в компьютер.

В 1996 году система была расширена ещё на три РП, в которых были применены программируемые логические контроллеры SIMATIC S5-100U фирмы Siemens (процессор CPU-102, коммуникационный процессор CP 521-SI, программное обеспечение — язык релейно-контактных схем STEP5). Связь с РП по телефонным линиям осуществлялась с помощью модемов, а в компьютер верхнего уровня была установлена плата мультиплексора последовательных портов (RS-232C), что позволило обслуживать через один порт несколько каналов связи (рис. 1).

Перечисленные аппаратные средства СДКУ позволяют обеспечить обмен информацией между диспетчерским пунктом и 15 распределительными пунктами, причём на один РП приходится:

- 16 входных аналоговых сигналов (измеренные значения тока нагрузки);
- 24 входных дискретных сигнала (сигнализация состояния защиты, положения электропривода МВ и конечных выключателей дверей);
- 24 выходных релейных сигнала (управление МВ по команде диспетчера).

В процессе эксплуатации данной системы были выявлены следующие недостатки:

- неинтеллектуальные устройства ТМ-322 имеют ограниченные функциональные возможности, из-за чего, в частности, нельзя реализовать «непрерывный» опрос аналоговых сигналов (автоматический опрос датчиков тока осуществляется только 2 раза в сутки, а промежуточные обращения производятся вручную по команде диспетчера);
- уровень надёжности работы устройств ТМ-322 не отвечает современным требованиям, и, как следствие, из их функций исключена весьма ответственная операция включения/отключения МВ;
- модемы не обладают достаточной надёжностью в работе, отмечены их неоднократные «зависания» как со стороны РП, так и со стороны ДП;
- модемы и каналный адаптер являются нестандартными устройствами (разработка сторонней организации), что создаёт дополнительные трудности при их ремонте и техническом обслуживании;
- контроллер SIMATIC S5-100U не рассчитан для работы при отрицательных температурах и требует обогрева шкафа; кроме того, для его перепрограммирования необходим программатор с ультрафиолетовым стиранием;
- всё технологическое оборудование верхнего уровня (каналный адаптер, модемы, кабельные соединения,

телефонный кросс) расположено на рабочем месте диспетчера, что создаёт большие неудобства как обслуживающему персоналу, так и диспетчеру;

- специализированное программное обеспечение верхнего уровня практически не открыто для пользователя, что затрудняет его модификацию при вводе в эксплуатацию новых РП и при других изменениях в системе.

Учитывая данные недостатки, персонал АСУ и руководство электросети приняли решение изменить конфигурацию системы в целом, а также произвести поэтапную замену устаревших комплектов телемеханики ТМ-322 на современные высоконадежные контроллеры MicroPC фирмы Octagon Systems и использовать их в дальнейшем на новых РП. При этом СДКУ должна быть построена таким образом, чтобы не нарушать технологический процесс контроля и управления на тех РП, которые не подлежат в данный момент модернизации. Кроме того, необходимо сохранить контроллеры SIMATIC S5-100U на трёх РП и включить их в состав новой СДКУ. Что касается программного обеспечения, то оно должно быть создано на базе инструментального пакета программ, что позволило бы персоналу АСУ электросети самому



Рис. 2. АРМ диспетчера

овладеть методикой программирования с целью внесения изменений и дополнений в существующий проект и разработки программ для новых РП.

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА МОДЕРНИЗАЦИИ

Для выполнения поставленных задач компьютер верхнего уровня с технологическим оборудованием, включающим модемы и телефонный кросс на 16 пар, установлен в помещении

технического персонала АСУ, а при построении АРМ диспетчера использован обычный офисный компьютер (рис. 2). Обмен между этими компьютерами осуществляется по локальной вычислительной сети Ethernet. Таким образом, в составе СДКУ был сформирован средний уровень — при-

ёмо-передающая станция («ППС old»), осуществляющая информационно-технологическую связь, как и прежде, с пятнадцатью распределительными пунктами.

Далее на двух РП были демонтированы устройства ТМ-322, вместо которых установлены контроллеры, разработанные на базе устройств MicroPC. Аналогичный контроллер был установлен также на вновь построенном РП. На среднем уровне в качестве новой приёмо-передающей станции («ППС

new») применён промышленный компьютер повышенной надёжности фирмы Advantech на базе отказоустойчивого шасси IPC-610 и процессорной платы PCA-6153 (Pentium MMX, 166 МГц). Дополнительно в этом компьютере размещена плата мультиплексора C168 на 8 последовательных портов RS-232C, к которым подключены универсальные модемы Courier US Robotics. Количество COM-портов, а соответственно, и модернизируемых РП может быть увеличено до 32 с помощью установки ещё трёх плат C168. Компьютер фирмы Advantech с помощью платы сетевого адаптера также подключён к локальной сети Ethernet (рис. 3).

Таким образом, на среднем уровне (СДКУ) одновременно находятся в работе две приёмо-передающие станции «ППС old» и «ППС new», входящие в состав АРМ инженера АСУ (рис. 4). В результате такого решения была создана аппаратно-программная база для дальнейшей модернизации всей системы без нарушения технологического процесса. Переключение РП со старой системы на новую осуществляется простой перекоммутацией телефонной пары с «ППС old» на

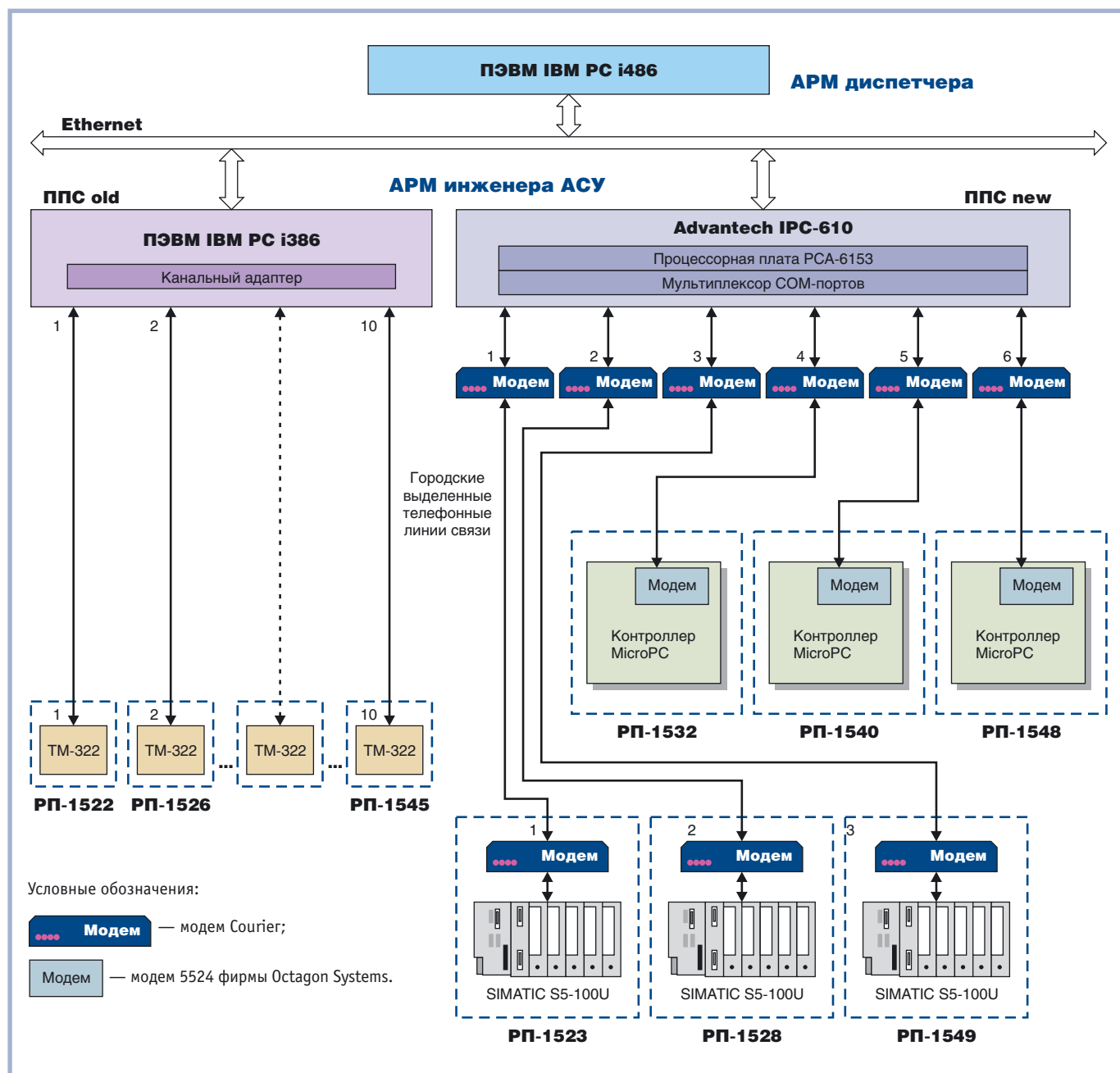


Рис. 3. Модернизированная структура СДКУ

модем Courier, после чего производится программирование РП на приёмно-передающей станции «ППС new».

Программирование задач контроля и управления для новой части СДКУ выполняется на базе инструментальной системы Trace Mode 4.25. Связь с контроллерами MicroPC осуществляется по протоколу M-Link, встроенному в Trace Mode. Связь АРМ диспетчера с АРМ инженера АСУ производится по протоколу локальной сети Ethernet под управлением ОС Windows 95. При этом на АРМ диспетчера одновременно функ-



Рис. 4. Оборудование АРМ инженера АСУ

ционируют две задачи: программное обеспечение Trace Mode, поддерживающее сетевой обмен с компьютером

«ППС new», и прежняя система программирования, обеспечивающая сетевой обмен с компьютером «ППС old». Переключение с одной системы на другую осуществляется на компьютере АРМ диспетчера с помощью клавиатуры.

После поэтапного подключения к новой СДКУ трёх РП, управляемых контроллерами MicroPC, была поставлена задача перевода под управление новой системы и тех РП, на которых установлены контроллеры SIMATIC S5-100U. Решение этой задачи усложнялось необходимостью разработки специального программного драйвера для связи Trace Mode 4.25 с контроллерами

SIMATIC S5-100U. В конечном счёте с привлечением специалистов фирмы «Антрел» такой драйвер был создан.

Драйвер обеспечивает обмен по протоколу 3964R, стандартному для контроллеров фирмы Siemens. В нём реализованы функции приёма дискретных и аналоговых сигналов, а также передачи команд управления. Обмен с контроллерами SIMATIC ведётся параллельно по всем задействованным портам и независимо от обмена с контроллерами MicroPC. Для обеспечения настройки системы была разработана специальная программа конфигурирования драйвера, позволяющая настроить адреса последовательных портов, скорость связи, а также параметры обмена по протоколу 3964R.

Таким образом, на данном этапе модернизации новая СДКУ обеспечивает информационно-технологическую связь с шестнадцатью РП, десять из которых выполнены на базе устройств ТМ-322 и находятся под управлением приёмно-передающей станции «ППС old» и шесть (три на базе устройств MicroPC и три на базе контроллеров SIMATIC) — под управлением новой

приёмно-передающей станции «ППС new».

Система диспетчерского контроля и управления на среднем и верхнем уровне автоматизации выполняет следующие функции:

- отображение мнемосхемы РП;
- визуализацию дискретных сигналов (сигнализация состояния масляных выключателей и оборудования релейной защиты и автоматики);
- визуализацию аналоговых сигналов (значения токов в фидерах и отходящих линиях и напряжений на шинах РП);
- оповещение диспетчера при изменении значений дискретных сигналов, при нарушении линии связи, а также при выходе значений аналоговых сигналов за установленные пределы;
- отображение текущих и ретроспективных данных об аналоговых сигналах в виде графиков;
- ведение архива отчётов о тревогах, вызванных изменениями значений дискретных сигналов или выходом параметров аналоговых сигналов за допустимые границы;

- ведение архива аналоговых сигналов;

- выдачу на РП сигналов управления (включение/отключение МВ) по команде диспетчера с запросом подтверждения исполнения.

Применение в составе модернизированной структуры СДКУ контроллеров MicroPC и SIMATIC позволяет обеспечить практически непрерывный контроль (время цикла опроса 1 с) как дискретных, так и аналоговых сигналов, что создаёт условия для объективного анализа аварийных ситуаций на РП по архивным значениям тока нагрузки в фидерах и отходящих линиях.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОВЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

На базе устройств MicroPC для СДКУ разработаны две модификации контроллеров: «Микро РС-ТМ1» и «Микро РС-ТМ2». Каждый из контроллеров обеспечивает по выделенной 2-проводной телефонной линии связи приёмопередачу следующих данных:

- 24 входных дискретных сигналов;
- 24 выходных дискретных сигналов;

- 16 входных аналоговых сигналов.

Контроллеры «Микро РС-ТМ1» и «Микро РС-ТМ2» состоят из блока микроконтроллера и устройства связи с объектом (рис. 5 и 6).

Блок микроконтроллера выполнен из изделий Octagon Systems и включает в себя:

- модуль микроконтроллера 6020 (процессор 386SX, 2 Мбайт ОЗУ, 1 Мбайт флэш-памяти, статическое ОЗУ объемом 128 кбайт, встроенная DOS 6.22, CAMBasic в ПЗУ, 48 каналов дискретного ввода-вывода, последовательные порты COM1 и COM2, часы реального времени, сторожевой таймер);
- модуль аналогового ввода 5710-1 (16 каналов аналогового ввода, 12-разрядный АЦП, диапазон входного напряжения ± 5 В, быстродействие 70000 выборок/с, защита от перенапряжения на входе до ± 16 В);
- модуль модема 5524 для выделенных и коммутируемых линий связи (скорость обмена до 9600 бит/с, стандартный набор АТ-команд, поддержка протоколов МККТТ V.32, V.22, V.22bis, V.21, а также Bell 103);

- источник питания 5101 (+5 В, 4 А);
- монтажный каркас 5204-RM (4 слота, 8-разрядная шина ISA).

В состав обеих модификаций устройств связи с объектом входят:

- плата гальванической изоляции каналов дискретного ввода TBI-24/0C фирмы Fastwel (24 канала дискретного ввода, диапазон входного напряжения 3-52 В, поканальная изоляция 1500 В, светодиодная индикация по каждому каналу);
- плата гальванической изоляции каналов дискретного вывода TBI-0/24C (только для «Микро РС-ТМ1») фирмы Fastwel (24 канала дискретного вывода, коммутируемое напряжение 60 В постоянного тока, максимальный ток нагрузки 800 мА, поканальная изоляция 1500 В постоянного тока);
- панели релейной коммутации TBR8 (только для «Микро РС-ТМ2») фирмы Fastwel (коммутируемая нагрузка до 10 А при 270 В переменного тока с частотой 50 Гц или при 30 В постоянного тока, напряжение пробоя изоляции между катушкой управления и коммутируемыми цепями

2500 В, варисторная защита от перенапряжения до 400 В, светодиодная индикация по каждому каналу);

- клеммная плата АТВ-40 фирмы Octagon Systems для подключения аналоговых сигналов (0...5 мА).

Для реализации дискретного ввода и вывода используются 48 встроенных каналов процессорной платы 6020. Настройка этих каналов на ввод или вывод осуществляется программно. Каналы дискретного ввода микроконтроллера подключены к плате TBI-24/0C, а дискретного вывода микроконтроллера к плате TBI-0/24C в контроллере «Микро РС-ТМ1» или к панелям TBR8 в контроллере «Микро РС-ТМ2». Ввод аналоговых сигналов выполняется модулем 5710-1. Для подключения аналоговых входов к модулю 5710-1 и установки дополнительных дискретных элементов преобразования и фильтрации сигналов датчиков тока используется терминальная плата АТВ-40. Приём и передача информации по телефонной линии связи обеспечивается модемом 5524. Модули 6020, 5710-1, 5524 установлены в монтажный каркас 5204-RM.

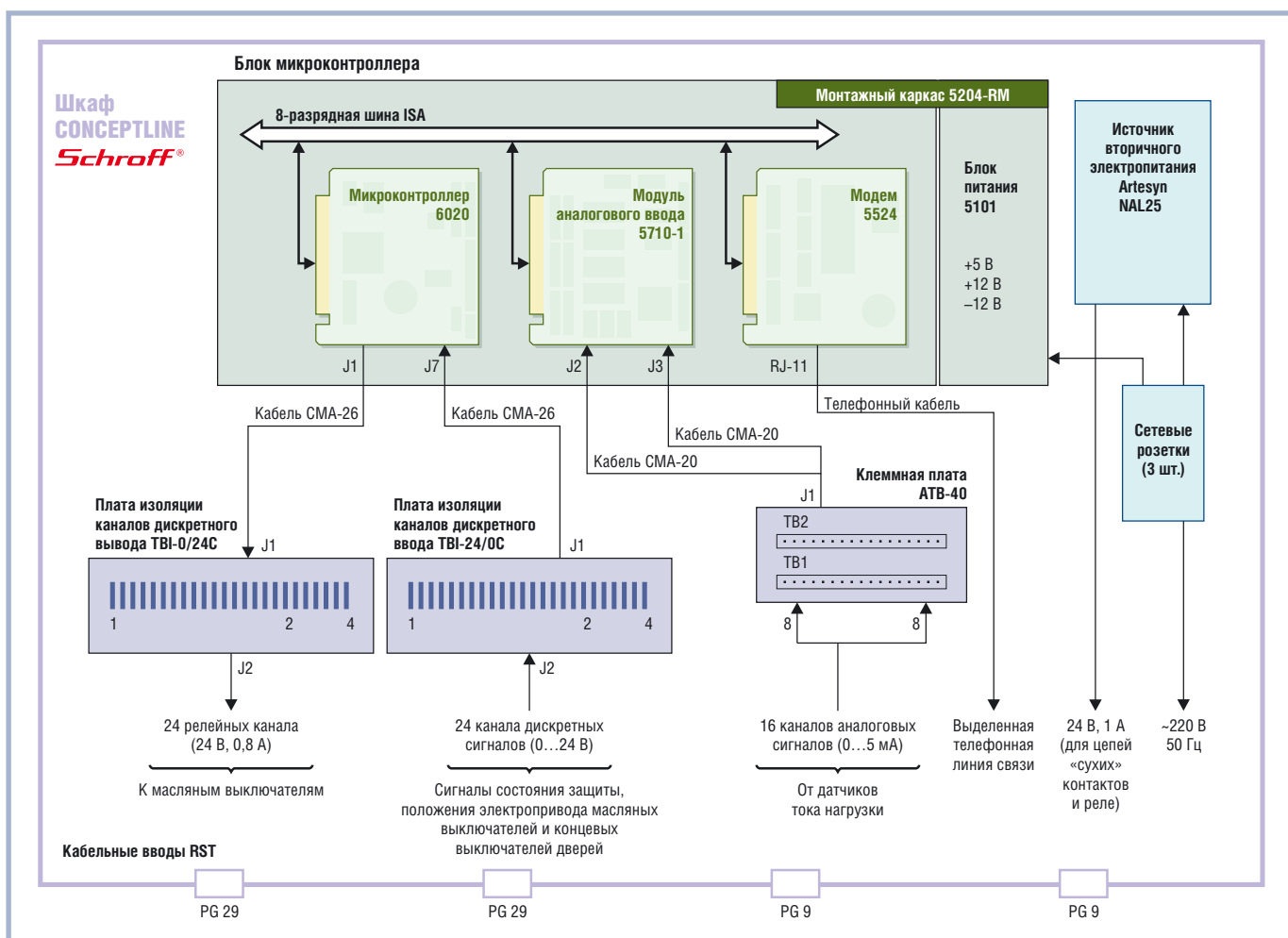


Рис. 5. Структурная схема контроллера «Микро РС-ТМ1»

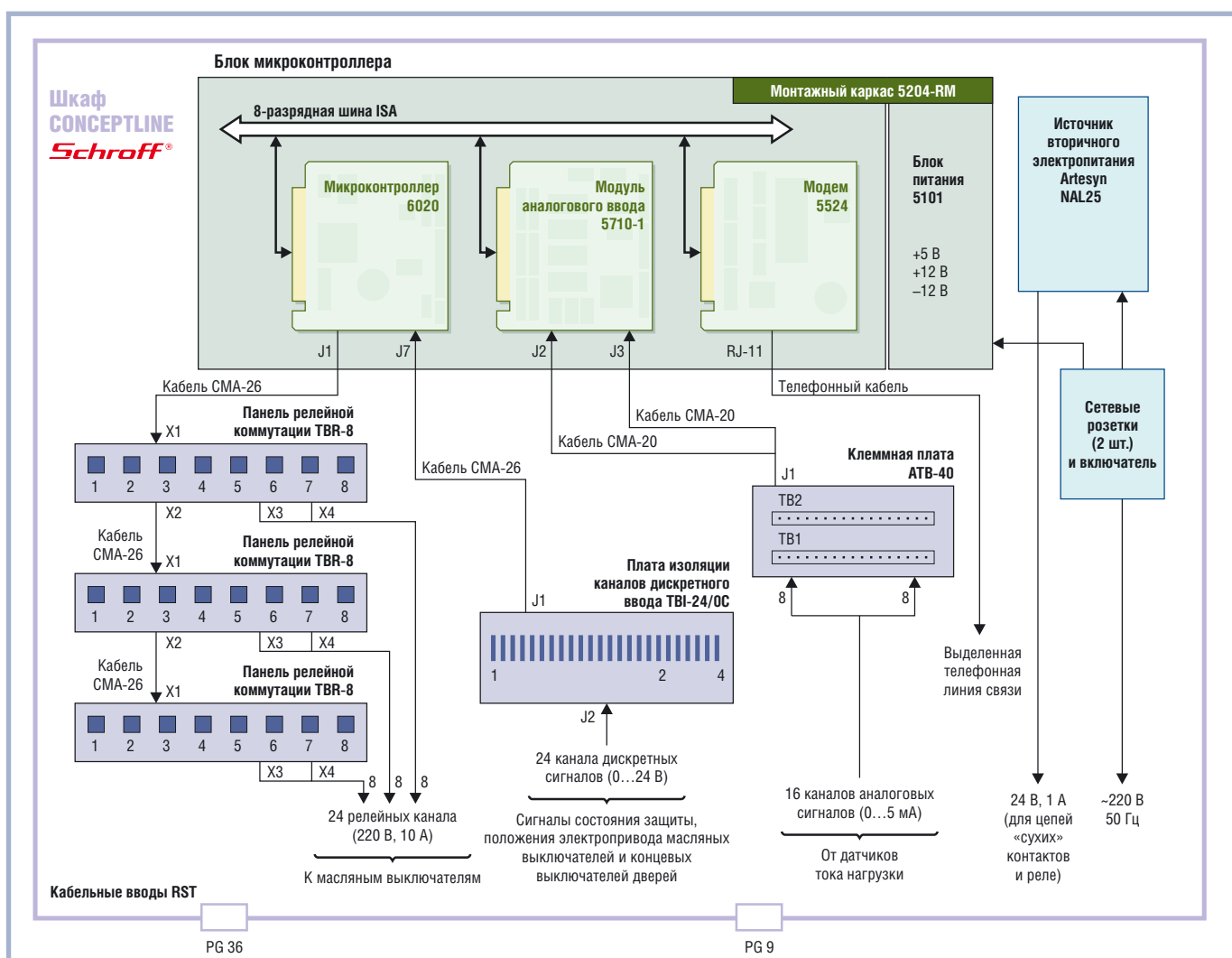


Рис. 6. Структурная схема контроллера «Микро РС-TM2»

Отличие контроллера «Микро РС-TM2» (рис. 7) от «Микро РС-TM1» (рис. 8) заключается только в использовании вместо платы дискретного вывода ТВИ-0/24С трёх панелей релейной коммутации ТВВ8, включённых в каскад 3 по 8 выходов. Панели ТВВ8 расположены в шкафу контроллера, поэтому нет необходимости в установке исполнительных реле в высоковольтных ячейках РП, где их присутствие затрудняет техническое обслуживание основного оборудования и проведение монтажно-наладочных работ.

Питание модулей MicroPC осуществляется от источника 5101. Для питания цепей и катушек реле ТВВ8 используется источник вторичного электропитания NAL25 (+24 В, 1 А) фирмы Artesyn Technologies. Контроллеры размещены в шкафах CONCEPTLINE (600×500×220 мм) фирмы Schroff, для фиксации кабелей и обеспечения герметичности конструкции применены кабельные вводы фирмы RST.

Все устройства контроллеров, включая модем 5524, с высокой степенью надёжности сохраняют работоспособность в диапазоне температур от -40 до +85°C.

Необходимо отметить, что это обстоятельство оказалось решающим при выборе устройств для нижнего уровня СДКУ, так как предполагалась их эксплуатация в условиях неотапливаемых помещений РП. В результате разработанные на базе устройств MicroPC контроллеры практически не требуют технического обслуживания и успешно функционируют без применения нагревателей и вентиляторов (рис. 9).

Кроме того, использование средств MicroPC позволило создать IBM PC совместимые контроллеры, а это значительно упростило проблему выбора программного обеспечения и разработку прикладных программ как нижнего, так и среднего и верхнего уровней СДКУ.



Рис. 7. Внешний вид контроллера «Микро РС-TM2»

Следует также отметить, что среди изделий стандарта MicroPC фирм Octagon Systems и Fastwel имеется широкий набор устройств ввода-вывода и сопряжения с объектом, поэтому всегда может быть найден оптимальный вари-



Рис. 8. Внешний вид контроллера
«Микро РС-ТМ1»

ант комплектации контроллера в зависимости от сложности и особенностей конкретного РП.

В настоящее время рассматривается возможность построения контроллера на базе выпускаемых фирмой

Fastwel модулей микроконтроллеров CPU188-5 и RTU188. В частности, специализированный микроконтроллер RTU188 может быть использован при автоматизации небольших РП.

При этом стоимость контроллера может быть существенно снижена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение хотелось бы сказать, что трёхлетняя практика безаварийной эксплуатации в составе оборудования электросети подтвердила правильность выбранного пути модернизации системы контроля и управления на основе устройств

MicroPC, а также выявила высокую надёжность новых аппаратно-программных средств и их явное преимущество по многим другим параметрам перед ранее используемыми средствами. В 2003 году работа по модернизации и



Рис. 9. Разработанные на базе устройств MicroPC контроллеры успешно эксплуатируются в условиях неотапливаемых помещений РП

расширению системы будет продолжена: в частности, планируется ввод в эксплуатацию, как минимум, ещё двух новых РП, оснащённых контроллерами «Микро РС-ТМ». ●

**Авторы — сотрудники
ЗАО «Королёвская электросеть»
и фирмы ПРОСОФТ
Телефон: 516-0396
E-mail: ananskih@prosoft.ru**