

## SCADA-СИСТЕМЫ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Сегодня системы автоматического управления на основе микроконтроллеров (так называемые встраиваемые системы) активно внедряются в самые различные области: от производства сверхчистых материалов в стерильном цехе до выплавки стали в доменной печи. Применение встраиваемых систем дает множество преимуществ, в том числе удобство и простоту управления технологическими процессами, возможность оперативного изменения настроек системы, относительно низкую стоимость монтажа и обслуживания системы. Одно из новых и важных применений встраиваемых систем – управление работой холодильных станций.

Встраиваемые системы по функциональным возможностям можно разделить на три основные группы.

- Сбор и передача информации (телеметрия). Такие системы предназначены для передачи информации от различных объектов к рабочему месту оператора для ее последующей обработки.
- Управление системой (системы автоматического управления – САУ). Служат для автоматического управления различными аппаратами и регулирования протекающих в них процессов.
- Сбор и передача информации и управление системой (SCADA-системы). Совмещают в себе функции двух предыдущих и имеют наибольшие возможности. Оператор, в числе прочего, может управлять объектами непосредственно со своего рабочего места.

Благодаря богатству своих функциональных возможностей автоматизированные системы сбора и обработки информации широко распространены. Существует множество SCADA-систем как зарубежного, так и отечественного производства. Рынок изобилует предложениями, рассчитанными на любые потребности. Имеются также наборы для разработки SCADA-систем, с помощью которых даже неспециалист может создать свою собственную систему в соответствии со своими требованиями.



В.Хлуденьков  
vladimirostu@mail.ru

Однако в ряде случаев разработка специализированной SCADA-системы оказывается много выгоднее применения уже существующей универсальной. Это связано, в частности, с тем, что для практического применения универсальной SCADA-системы ее приходится дорабатывать: доукомплектовывать дополнительным оборудованием, например преобразователями входных величин (таких как температура или концентрация газа) и блоками управления (сильноточными реле, индикаторами), изменять программную часть.

Именно такая специализированная SCADA-система была разработана в ЗАО «Протон-Импульс» (г. Орел) для регулирования температуры в камерах холодильных установок медицинского назначения.

20 марта 2003 года Министерство здравоохранения России приняло постановление №22 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил СП 3.3.2.1248-03». Среди прочего в этом постановлении вводится понятие «холодовой цепи», служащей для обеспечения высокого качества медицинских иммунобиологических препаратов (МИБП), безопасности и эффективности их применения.

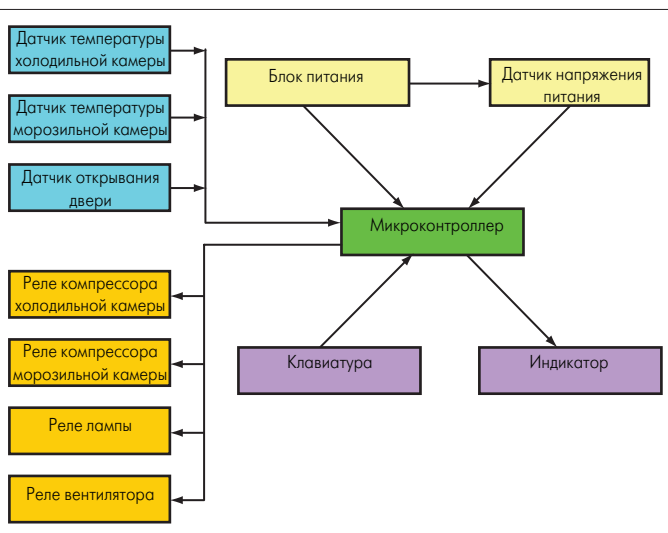


Рис. 1. Схема блока управления холодильником



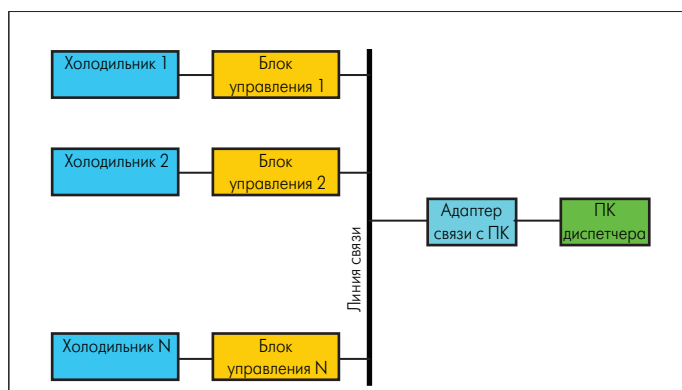
Основная часть «холодовой цепи» – специальное холодильное оборудование, которое должно поддерживать установленный температурный режим в течение всего времени хранения медицинских препаратов.

Современный медицинский холодильник может иметь одну холодильную камеру, одну морозильную камеру либо обе одновременно. Часто он оснащается встроенной микропроцессорной системой автоматического регулирования, которая поддерживает в камерах заданную температуру и служит для отработки различных режимов (хранение, оттаивание, быстрая заморозка). Физически управление холодильником производится с помощью пяти реле: для компрессора холодильной камеры, для компрессора морозильной камеры, для оттаечного нагревателя, лампы и вентилятора, расположенных в холодильной камере (рис.1).

В крупных медицинских центрах может находиться несколько десятков таких холодильников. Поэтому целесообразно создать на их основе холодильную станцию, объединяющую все холодильники, и организовать централизованное управление этой станцией.

Сегодня управление сводится к контролю оператора за каждым холодильником в отдельности на основе показаний индикаторов встроенных блоков управления. При этом холодильники зачастую находятся в разных помещениях. Для такой системы контроля и управления характерны следующие функциональные ограничения.

- Недостаточная скорость реагирования и оперативность оповещения при аварийном состоянии холодильников. Оператору необходимо непосредственно вести наблюдение за каждым из холодильников, которые могут находиться в разных комнатах или даже зданиях.
- Недостаточно удобное представление информации об аварийных состояниях. Например, при перегреве одной из камер отображается только сигнал перегрева, но не текущее значение температуры в камере.
- При отключении напряжения питания холодильников и его последующем восстановлении невозможно просмотреть динамику изменения температуры в камерах, чтобы определить, вышла ли температура за пределы установлен-



**Рис.2. Блок-схема системы сбора и обработки информации для холодильной станции**

ной и на какое время, и, соответственно, можно ли считать хранящиеся препараты годными или нет.

- Нет возможности автоматического ведения журнала температур.
- Изменение параметров блоков в ручном режиме не всегда эргономично. Нет возможности одновременного изменения параметров всех блоков.
- Нельзя автоматически протоколировать изменения параметров блока управления и отмечать оператора, производящего эти изменения.

Все эти проблемы и ряд других можно решить с помощью SCADA-системы. ЗАО «Протон-Импульс» разработала систему сбора и обработки информации для холодильной станции. Конструктивно она представляет собой набор однотипных блоков управления, подсоединяемых к каждому холодильнику и имеющих связь с рабочим местом диспетчера (рис.2).

Блоки управления холодильниками (см. рис.1) были доработаны для использования в SCADA-системе. В них были внесены следующие изменения (рис.3).

- Аналоговые датчики температуры (терморезисторы) заменены цифровыми (DS1820 и DS1821 для холодильной и морозильной камер соответственно). Это позволило увеличить длину проводов до 5 м без снижения точности измерения температуры. Оба датчика взаимодействуют с микроконтроллером по интерфейсу 1-wire и отличаются толь-

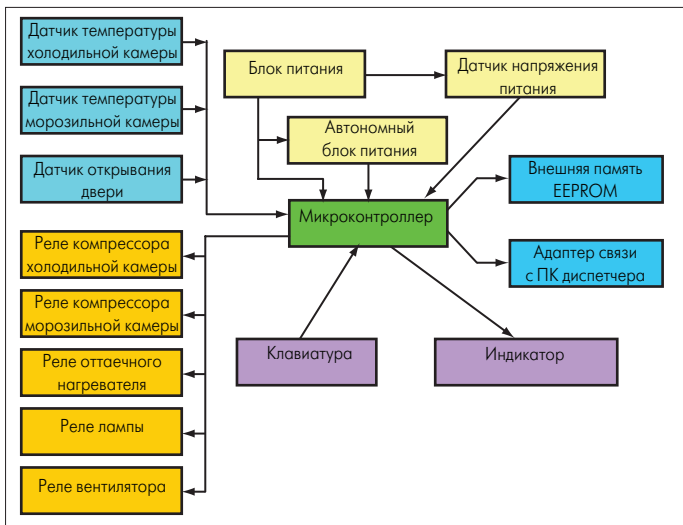


Рис.3. Схема блока управления холодильником для SCADA-системы

ко диапазоном и точностью измеряемых температур. Для упрощения монтажа и исключения ошибок при подключении датчики имеют различный цвет.

- Добавлена микросхема внешней памяти EEPROM. Она позволяет хранить данные, накопленные в автоматическом режиме за период до суток. По желанию заказчика возможна установка микросхемы EEPROM, позволяющей хранить данные, накопленные за один месяц автономной работы.
- Чтобы обеспечить бесперебойную работу блока управления в течение суток при отключении напряжения питания, в устройство добавлен аккумулятор.
- В блок управления встроен преобразователь RS-232/RS-485, предназначенный для получения команд управления от рабочего места диспетчера и передачи ему запрашиваемой информации.

Чтобы удешевить блок и повысить его конкурентоспособность, в качестве микроконтроллера используется процессор ATmega16 с тактовой частотой 8 МГц. Его возможностей вполне достаточно для данного приложения.

В системе реализована гальваническая развязка линии передачи данных и от компьютера, и от всех блоков управления.

Каждый блок управления оснащен встроенным трехрядным семисегментным индикатором и четырехкнопочной клавиатурой. На индикаторе отображается температура камер или текущее состояние холодильника (открытие двери, перегрев и т.д.).

В нормальном режиме работы блок управления поддерживает в камерах холодильников заданную температуру и передает запрашиваемую информацию на пульт диспетчера. В случае аварийного отсоединения от сети блок управления сохраняет свою работоспособность. При этом возможны две различные ситуации.

- Произошло отсоединение от ПК (отключение ПК, обрыв в линии связи или поломка в адаптере связи). Блок управ-

ления регистрирует эту ситуацию и продолжает управлять холодильными камерами. Получаемую информацию он выводит на индикатор и при необходимости сохраняет в микросхеме внешней памяти.

- Произошел сбой в сети питания блока управления (слишком низкое напряжение питания или его отсутствие). В этом случае блок управления отключает все силовые цепи, переключается на питание от аккумулятора и переходит в спящий режим, предварительно запустив сторожевой таймер микроконтроллера, который служит «будильником». «Просыпаясь», микроконтроллер на одну секунду подает питание на термодатчики, записывает в EEPROM текущую температуру камер, проверяет напряжение сети питания и при его нормализации вновь переключается на внешнее питание. При последующем соединении с ПК диспетчера блок управления по требованию диспетчера может передать на ПК накопленную в EEPROM информацию. Благодаря тому, что необходимые части блока (к примеру, термодатчики, внешняя память и индикация) включаются только на время их полезной работы, удалось сократить энергопотребление блока и обеспечить длительную работу от аккумулятора небольшой емкости.

Поскольку в микроконтроллере ATmega16 имеется встроенный блок UART, для передачи данных по линии связи от ПК к блокам управления было решено использовать протокол RS-485 как надежный и многократно отработанный. Оптимальная скорость передачи данных по линии связи – 9600 бит/с.

Блоки управления и ПК оснащены интерфейсами RS-232, поэтому для передачи данных от них в линию связи необходимо использовать преобразователи RS-232/RS-485. Преобразователь RS-232/RS-485 для блока управления интегрирован в блок, а преобразователь для компьютера представляет собой переходник, подключаемый к COM-порту ПК.

Каждый блок имеет свой уникальный номер (сетевой адрес), по которому он отвечает на запросы ПК диспетчера. При широкораспространенной передаче данных адрес блока равен 255.

Старт-байт	Адрес блока	Номер команды	Данные байт 1	Данные байт 2	Данные байт 3	Сумма CRC8	Стоп-байт
------------	-------------	---------------	---------------	---------------	---------------	------------	-----------

Рис.4. Формат кадра

Протокол передачи данных является упрощенной версией протокола MODBUS с фиксированным набором команд и постоянной длиной кадра. В начале каждого кадра идет старт-байт, который содержит идентификатор типа устройства, за ним – номер устройства (рис.4). Затем следует байт команды и три байта данных. Далее – контрольная сумма (CRC8) для обнаружения ошибок. В конце кадра находится стоп-байт.

Набор команд, передаваемых от ПК к блокам, включает следующие команды:



- запись и чтение ячеек памяти, хранящих параметры работы холодильника;
- установка часов реального времени и чтение их данных;
- запись и чтение данных внешней EEPROM-памяти;
- включение/выключение звуковой сигнализации и др.

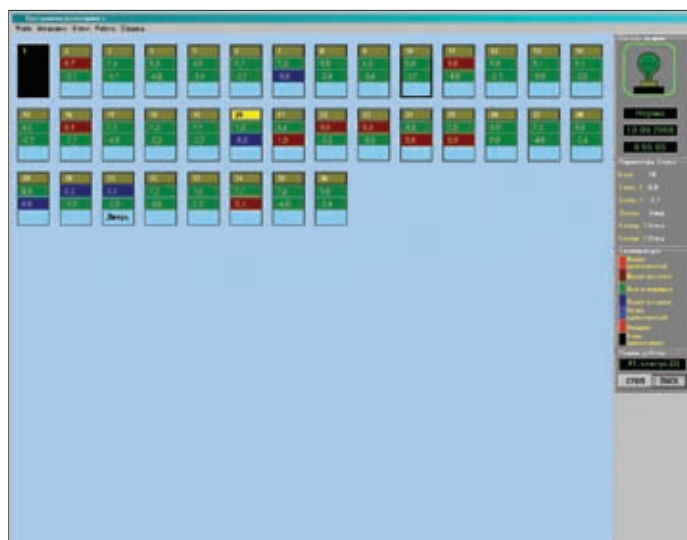
По принятии пакета данных каждый блок сверяет полученный адрес со своим и при их совпадении выполняет указанную команду. После выполнения команды (если она не была адресована всем блокам) блок посылает ПК ответ: он повторяет номер полученной команды и передает запрашиваемые данные. В поле адреса блок добавляет к своему адресу число 0x80, и в результате ПК и остальные блоки понимают, что данный пакет является ответом. Инициатором обмена всегда является ПК, что избавляет систему от возможных коллизий. Циклическая частота опроса каждого блока – не более двух минут при конфигурации из 50-ти блоков и высоком уровне помех.

Отметим, что использование других протоколов (CAN, Ethernet) потребовало бы применения дорогостоящих адаптеров связи или другого, более дорогого, микроконтроллера.

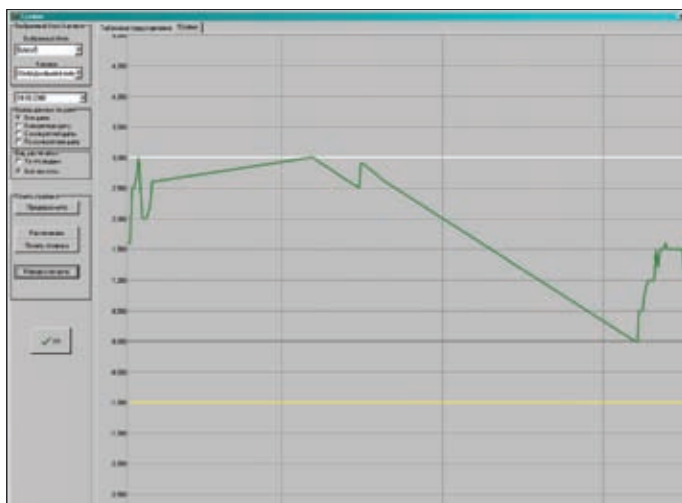
Для управления SCADA-системой на ПК оператора запускается программа мониторинга, специально разработанная для данной системы автором статьи. Она предоставляет оператору широкий набор функций: позволяет отслеживать текущие значения температур и состояния блоков, сохранять эти значения в базе данных, просматривать сохраненную информацию и при необходимости распечатывать ее. Предусмотрена возможность изменения параметров работы блока непосредственно с рабочего места диспетчера.

Программное обеспечение работает на любой версии Windows: от Windows 95 до Windows XP. Минимальные системные требования определяются в основном скоростью вывода на дисплей графических элементов.

Программа мониторинга имеет удобный, интуитивно понятный интерфейс. Так, в главном окне (рис.5) представлено схематическое изображение холодильников – это прямо-



**Рис.5. Окно основного режима программы диспетчера**



**Рис.6. Окно просмотра температуры блока**

угольники. Если связи с холодильником нет, соответствующий ему прямоугольник окрашивается в черный цвет. Если связь есть, в ячейках прямоугольника отображается температура камер: одной или двух – в зависимости от модели холодильника. При отклонении текущей температуры камеры от заданной соответствующий прямоугольник окрашивается в другой цвет, который зависит от знака и величины отклонения. Для удобства оператора в правом нижнем углу экрана представлена цветовая памятка-подсказ-





Дата	Время	Блок номер	Ид. события	Расшифровка	Пользователь
05.09.2008	15:13:08	1	6	Перезвон 1	А. Мелик
05.09.2008	15:13:08	1	9	Перезвон 2	А. Мелик
05.09.2008	16:12:48	1	0	Дверь открыта	А. Мелик
05.09.2008	16:13:32	1	1	Дверь закрыта	А. Мелик
06.09.2008	9:03:25	1	6	Перезвон 1	А. Мелик
06.09.2008	9:03:25	1	9	Перезвон 2	А. Мелик
06.09.2008	9:03:43	1	7	Норма 1	А. Мелик
06.09.2008	9:03:43	1	10	Норма 2	А. Мелик
06.09.2008	17:57:05	1	6	Перезвон 1	А. Мелик
06.09.2008	17:57:05	1	9	Перезвон 2	А. Мелик
06.09.2008	17:57:29	1	8	Перезвон 2	А. Мелик
06.09.2008	17:57:36	1	10	Норма 2	А. Мелик

Рис.7. Окно просмотра журнала событий

ка состояний холодильников. Если у холодильника открыта дверь, это отображается надписью «ДВЕРЬ» под соответствующим прямоугольником. В случае возникновения аварийной ситуации выдается звуковой и визуальный сигнал (начинает мигать изображение лампочки в верхнем правом углу экрана).

При нажатии правой кнопки мыши над каким-либо из прямоугольников появляется выпадающее меню. Выбрав пункт меню «температура», можно просмотреть график температуры блока за любой промежуток времени (рис.6). График отображает нахождение температуры в заданных пределах или выход за них. Любой выбранный участок графика можно распечатать.

Выбрав пункт меню «блоки/журнал событий», можно просмотреть, какие события происходили с тем или блоком (рис.7).

Если меняется разрешение экрана, все окна автоматически подстраиваются под новое разрешение.

Изменять конфигурацию параметров блоков (требуемых значений и допустимых диапазонов изменения температур в камерах и др.) можно двумя способами: все необходимые изменения вводятся через клавиатуру блока; изменения вводятся через сеть, с ПК диспетчера, причем предусмотрено использование сохраненных типовых конфигураций и одновременное изменение параметров всех блоков.

Редактирование списка приборов, включенных в систему, выполняется с ПК при помощи программы мониторинга в одном из двух режимов.

- Ручной режим. Оператор (или наладчик) вручную вводит в базу данных списка блоков известные адреса блоков.
- Автоматический режим. В этом случае ПК диспетчера последовательно обращается по всем возможным адресам. Адреса, с которых поступили ответы, автоматически заносятся в список подключенных блоков.

Применение описанной SCADA-системы позволит повысить качество хранения лекарственных препаратов в медицинских центрах. Конечно, ее внедрение связано с финансовыми затратами, но, когда речь идет о здоровье людей, такие расходы оправданы.