

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ RealLab!

Виктор Денисенко, к.т.н., директор НИЛ АП

Рафгат Кильметов, к.т.н., нач. ОТК НИЛ АП

Евгений Метелкин, инженер-конструктор первой категории НИЛ АП

Олег Трубачев, инженер-конструктор первой категории НИЛ АП

Александр Халявко, к.т.н., нач. отдела НИОКР НИЛ АП

Промышленные системы сбора данных RealLab! имеют распределенную сетевую архитектуру и выполнены в соответствии с идеологией открытых систем. Количество каналов ввода-вывода можно наращивать неограниченно. В настоящей статье описаны принципы построения систем сбора данных RealLab!

Автоматизированные системы сбора данных в настоящее время являются общедоступным средством получения экспериментальной информации, и связано это, в первую очередь, с широким распространением персональных компьютеров. Системы сбора данных применяются в научных исследованиях, управлении производственными процессами, мониторинге в промышленности, медицине, метеорологии, космонавтике и других областях человеческой деятельности. Автоматизированный сбор данных предлагает данные нового качества, которые невозможно получить иными средствами — это результаты статистической обработки огромного числа измерений, полученных в цифровой форме; возможность регистрации случайно появляющихся событий с недостижимой ранее разрешающей способностью по времени и амплитуде; регистрация быстрых процессов. Благодаря резкому удешевлению систем сбора данных по сравнению со стоимостью человеческого труда они нашли применение там, где ранее использовалась ручная регистрация данных: в теплицах, элеваторах, на метеостанциях, в процессе приемосдаточных и сертификационных испытаний продукции, на складах, в промышленных холодильниках, в котельных, при автоматизации научного эксперимента и т.п.

Системы сбора данных могут применяться *в реальном времени*, например, для мониторинга (наблюдения) различных процессов, идентификации аварийных ситуаций в технологических системах, для управления, а также для *архивирования данных*, когда их обработка отделена от процедуры сбора неопределенным интервалом времени. В системах реального

времени текущие данные сохраняются в течение некоторого заданного времени в кольцевом буфере, откуда устаревшие данные вытесняются вновь поступившими. В архивирующих системах используются накопители информации большой емкости, и данные обрабатываются после завершения сбора.

Архивирующие системы сбора данных (логгеры, самописцы) могут быть автономными устройствами, построенными на основе микроконтроллера (например, бортовые самописцы самолетов, электронные счетчики тепла или электроэнергии), портативные электрокардиографы). Данные, собранные логгерами, переносятся для обработки в компьютер с помощью, например, USB флэш-памяти или через последовательный интерфейс.

Системы сбора данных, построенные на основе компьютера, позволяют собирать и обрабатывать данные в одном и том же месте и часто с помощью одного и того же программного обеспечения. Это наиболее массовый вариант исполнения таких систем. Широкие возможности для сбора и обработки данных предоставляются программами MatLab, LabView, MS Excel [1].

Для регистрации быстропротекающих процессов (с требуемой частотой отсчетов более 1 МГц) используются системы с параллельной шиной, в том числе PCI-платы. Компьютерные платы имеют ограниченное количество входов, определяемое конструктивом, и требуют внешних клеммных блоков для подсоединения источников сигнала, что неудобно при монтаже системы.

Для регистрации медленных процессов удобнее внешние устройства,

подключаемые к компьютеру через порты COM, USB или Ethernet. Внешние устройства отличаются меньшим уровнем шумов, в то время как платы, вставляемые в ПК, подвержены влиянию наводок от цифровых цепей компьютера.

Система сбора данных может быть *распределенной*, когда устройства ввода разнесены территориально по объекту сбора данных, а полученные данные сходятся к единому накопителю и обработчику данных с помощью *сетевых технологий* (сети Ethernet, Modbus, Profibus, DeviceNet, CANopen, DCON и др., беспроводные сети Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, технологии интернет, интранет). Сетевые (распределенные) системы сбора данных допускают практически неограниченное наращивание числа каналов ввода, однако имеют ограничения на скорость передачи данных по сети.

Для типовых задач сбора данных промышленность выпускает устройства с небольшим количеством входов (от нескольких десятков до нескольких сотен). Для больших систем (от единиц до сотен тысяч входов) разрабатываются специализированные системы. К ним можно, например, отнести систему «Грейн» (www.RealLab.ru) для температурного мониторинга элеваторов, которая собирает данные с нескольких тысяч датчиков температуры, или систему «COMPASS», собирающую данные с 250 тыс. датчиков в ядерном центре CERN со скоростью 160 Мбит/с [2].

Входы систем сбора данных могут быть универсальными (потенциальными и токовыми) или специализированными (например, для термопар, термопреобразователей сопротивления или тензодатчиков). Системы со специализированными входами экономически более эффективны для потребителя. Универсальные входы используются совместно с измерительными преобразователями физических величин в ток или напряжение. Существуют также системы

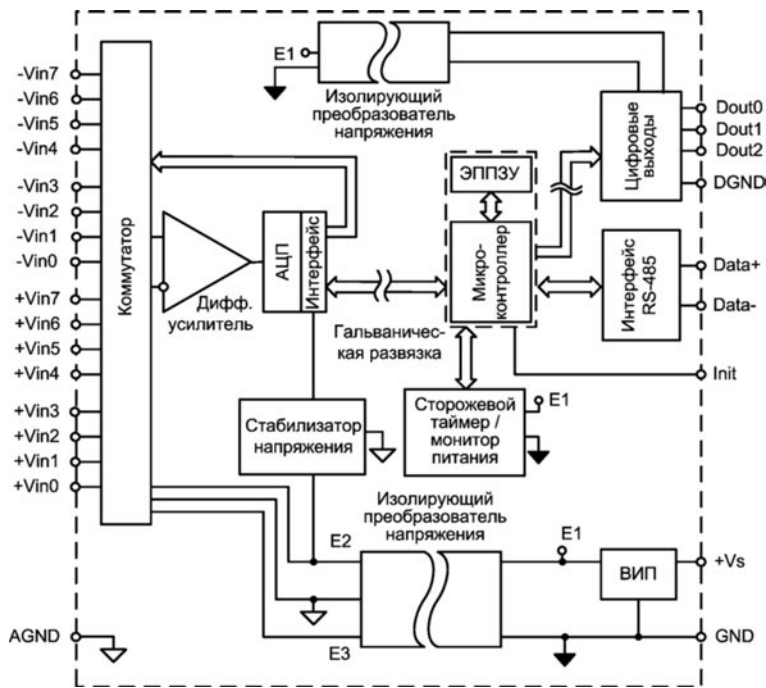


Рис. 1. Структура модуля ввода NL-8AI фирмы НИЛ АП

с гибридными входами, например, когда одни входы принимают сигналы термопар, другие входы — сигналы тензодатчиков, третьи — сигналы термометров сопротивления и т.д.

Входы могут быть дифференциальными, одиночными или дис-

кретными. Дифференциальные входы позволяют более эффективно подавлять внешние помехи, наводимые на кабель, передающий сигнал от датчика к модулю ввода [3, 4]. Для передачи сигнала чаще всего используется напряжение в диапазо-

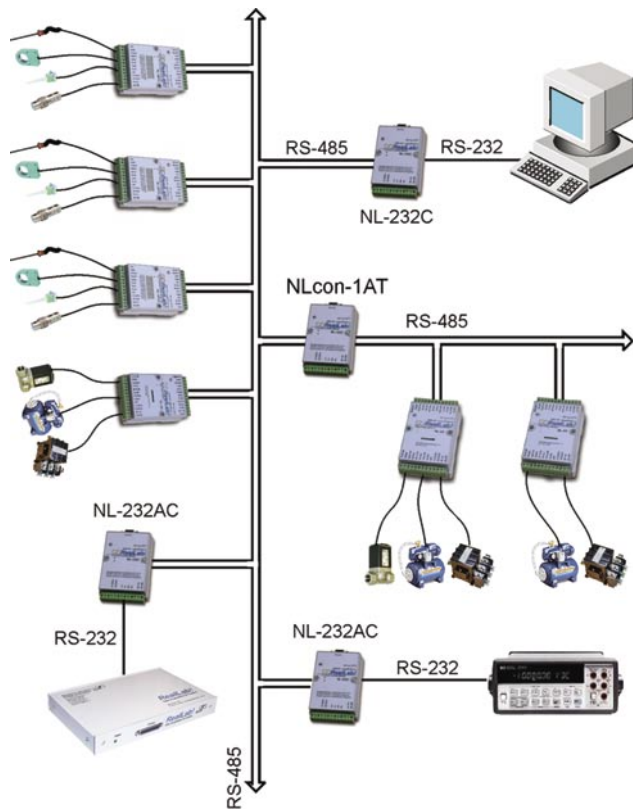


Рис. 2. Распределенная система сбор данных RealLab! (состоит из набора территориально разнесенных модулей ввода данных, включая устройства сторонних производителей с интерфейсом RS-232)

не $\pm(0...5)$, $\pm(0...10)$ В или ток 0...20, 4...20 мА. Сигналы напряжения вырабатываются источниками напряжения и имеют высокую помехоустойчивость к емкостным наводкам; сигналы тока вырабатываются источниками тока и устойчивы к индуктивным наводкам [3]. Дискретные входы принимают логические сигналы («0» или «1»), которые поступают от концевых выключателей, датчиков охранной или пожарной сигнализации, электромагнитных реле, датчиков наличия напряжения и т.п.

Основными параметрами систем сбора данных являются: количество каналов, погрешность, динамическая погрешность, время установления или полоса пропускания, разрешающая способность, эффективное число разрядов, частота дискретизации, наличие гальванической изоляции входов и интерфейса, наличие защит от небрежного использования, перегрузок и перегрева.

Системы сбора данных обычно имеют 4, 8, 16, 32, 64 ... входов, которые опрашиваются по очереди или одновременно. Системы с одновременным опросом состоят из идентичных каналов, которые выполняют аналого-цифровое преобразование входной величины параллельно, т.е. одновременно для всех каналов. Такие системы встречаются редко по причине высокой стоимости. Обычно опрос входов выполняется по очереди с помощью коммутатора (см. рис. 1). Поэтому данные разных каналов оказываются сдвинутыми по времени на некоторую задержку, равную отношению периода опроса к количеству каналов.

В НИЛ АП (www.RealLab.ru) разработано несколько серий систем сбора данных RealLab! (серии NL, CL, RL и NL-Ex), принципы построения которых и их отличие от аналогов будут рассмотрены в настоящей статье.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ

Системы сбор данных RealLab! [5, 6] построены по модульному принципу, т.е. систему с необходимым количеством входов можно собрать из модулей — отдельных строительных блоков. Модули соединяются между собой с помощью промышленного интерфейса RS-485 (см. рис. 2) и располагаются либо в общем монтажном шкафу, либо распределены по объекту сбора данных таким образом, чтобы уменьшить длину кабеля от датчика к модулю. Собранные данные в цифровой форме передаются по

промышленной сети в центральный компьютер или контроллер. Модули RealLab! могут работать в стандартных сетях Modbus или в фирменных сетях, поскольку имеют открытый протокол обмена. Каждый модуль в сети имеет свой адрес; для опроса модулей компьютер посылает им команду, содержащую адрес и код операции, которую необходимо выполнить.

Приближение модулей ввода к датчикам имеет несколько преимуществ. Во-первых, сокращается количество проводов, поскольку цифровой интерфейс RS-485 имеет только два провода, а передает данные от большого количества модулей. Это удобно при сборе данных с территориально распределенных объектов, например, данных о температуре и влажности в теплице площадью 10 га, в многоэтажном здании или на элеваторе. Во-вторых, снижается мощность наведенных помех благодаря сокращению длины проводов с аналоговыми сигналами, упрощается техническое обслуживание и диагностика системы.

Благодаря применению стандартного протокола обмена в систему сбора данных на модулях RealLab! могут быть включены устройства ввода других производителей, например, вольтметр фирмы Hewlett-Packard (показан на рисунке 2) или кассовый аппарат, счетчик электроэнергии или метеостанция. Поскольку вольтметр имеет интерфейс RS-232, который не является сетевым, он подключается к сети с помощью адресуемого преобразователя интерфейса RS-232 в RS-485, например, NL-232AC фирмы НИЛ АП.

СТРУКТУРА МОДУЛЕЙ ВВОДА

Все модули ввода RealLab! имеют примерно одинаковую структуру, отличия состоят только во входных каскадах, которые определяют тип входного сигнала или тип подключаемого датчика, а также в цепях защиты. Поэтому рассмотрим для примера модуль NL-8AI из серии NL (см. рис. 1).

Входной коммутатор модуля является 16-канальным. Это позволяет вводить данные по очереди с 16 входов модуля, имеющих общую «землю», или от 8 дифференциальных входов. Переключение режимов «одиночный/дифференциальный» выполняется программно с помощью команды в ASCII-кодах. Например, чтобы переключиться в режим дифференциальных входов, надо послать в модуль через интерфейс RS-485 команду

^AAN8, где AA — адрес модуля, N8 — имя команды. Команды посылаются через OPC-сервер [7] NLogc фирмы НИЛ АП или с помощью любой другой программы, способной посылать ASCII-коды в COM-порт. При этом микроконтроллер модуля ввода (см. рис. 1) управляет входным коммутатором таким образом, что входы получаются дифференциальными. Микроконтроллер позволяет также устанавливать программно для каждого входа модуля свой диапазон измерений.

Для реализации дифференциальных входов в модуле используется прецизионный аналоговый вычитатель на операционном усилителе. Отметим, что получить дифференциальный вход путем поочередного опроса двух входов с последующим вычитанием данных в микроконтроллере можно только с очень большой погрешностью [3]. Нахождение разности напряжений до операции аналого-цифрового преобразования существенно повышает точность результата, поскольку точность данных до аналого-цифрового преобразования выше, чем после.

В модулях ввода использован 16-разрядный АЦП с полосой пропускания 2,62 Гц по уровню 0,7. Поэтому описываемый модуль может быть использован только для сбора медленно изменяющихся данных, как правило, от датчиков температуры. Для более скоростного ввода можно использовать 12-разрядные модули RL-16AIF с временем опроса 0,28 мс на 1 канал.

Для решения проблем, связанных с заземлением, и для защиты компьютера от случайного попадания напряжения из сети 220 В в модуле сделана гальваническая развязка между входами и интерфейсом RS-485, выполненная с помощью специальных микросхем развязки и DC/DC-преобразователей. Допустимое напряжение изоляции составляет 2500 В.

Микроконтроллер модуля содержит флэш-память для хранения микропрограммы, которая исполняет посылаемые в модуль команды, выполняет опрос входов, осуществляет взаимодействие с сетью и автоматическую калибровку. Также имеется сторожевой таймер, который автоматически перезапускает микроконтроллер в случае его «зависания».

Для управления процессом измерения может потребоваться коммутация измерительных цепей, например, с помощью реле. Для этого модули ввода имеют дискретные выходы (см. рис. 1). Дополнительно в систему

могут быть включены модули NL-8R, содержащие 8 миниатюрных реле 220 В/0,28 А или 30 В/2 А, которые позволяют в процессе сбора данных изменять структуру измерительной (испытательной) установки.

Модули содержат импульсный стабилизатор напряжения, что позволяет питать их от источника с любым напряжением в диапазоне 10...30 В. Допускаются пульсации напряжения питания любой величины, при которых напряжение не выходит за границы диапазона 10...30 В. Вход питания защищен от неправильной полярности диодом с пробивным напряжением 400 В.

Данные из модуля в сеть передаются через интерфейс RS-485, выполненный на микросхеме ADM3485 фирмы Analog Devices. Микросхема имеет защиту от статического электричества, электромагнитных импульсов, короткого замыкания и перегрева выходного каскада. Дополнительно в модулях серии NL сделана защита на позисторах и стабилитронах от повышенного напряжения в линиях связи.

По входу модули защищены специальной схемой на комплементарной паре МОП-транзисторов, которая отключает входы, если напряжение превышает допустимое значение. Схема функционирует в диапазоне -40...55 В.

Элементарная база модулей серии NL позволяет работать в температурном диапазоне 40...85°C.

Наличие защит (их общее количество равно 11) позволяет использовать системы сбора данных на основе серии NL на опасных промышленных объектах. Эта возможность подтверждена разрешением Ростехнадзора РФ.

Описанная электрическая схема реализована на печатной плате, внешний вид которой показан на рис. 3.

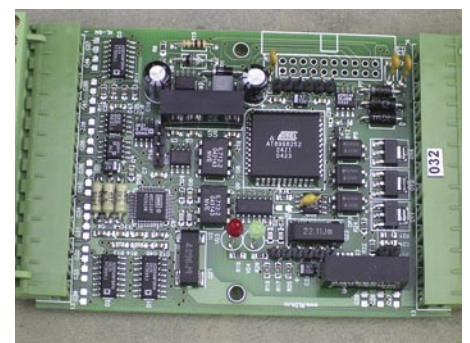


Рис. 3. Печатная плата модуля серии NL фирмы НИЛ АП

ОСОБЕННОСТИ СЕРИЙ МОДУЛЕЙ

Модули сбора данных RealLab! серии CL выполнены аналогично описанной серии NL, но не имеют указанных защит и используют элементную базу для потребительского диапазона 0...70°C, поскольку предназначены для применения в лабораторных условиях.

Модули серии NL-Ex построены также аналогично серии NL, но имеют дополнительные цепи ограничения мощности, которая могла бы поступать в модуль при выходе из строя его компонентов (т.е. в ненормальном режиме работы). Мощность ограничивается до такого уровня, чтобы компоненты модуля при перегреве не могли воспламенить водородно-воздушную смесь. Цепи защиты предотвращают также выход энергии из модуля наружу при его неисправности. По этой причине серия NL-Ex называется «искробезопасной» («взрывобезопасной») и может быть использована для сбора данных на взрывоопасных производственных объектах (химических заводах, нефтедобывающих предприятиях, насосных станциях магистральных нефте- и газопроводов и т.п.).

Серия RL имеет порты USB и RS-232, что позволяет подключать ее непосредственно к компьютеру, без преобразования интерфейса RS-232 в RS-485. Эта серия, предназначенная для лабораторных экспериментов с небольшим количеством входов, максимально проста в применении.

Внешний вид модуля серии RL показан на рисунке 4. Особенностью конструктивного исполнения модуля является наличие разъемных клеммных блоков, что позволяет заменить

модуль в системе без отключения присоединенных проводов. Модули крепятся к стандартной 35-мм DIN-рейке, а также могут быть закреплены один сверху другого, что бывает необходимо для экономии места в монтажном шкафу.

Удобным дополнением к модулям является аналоговый дифференциальный коммутатор CL-96DC (см. рис. 5), содержащий 96 ключей. С его помощью можно подключить, например, 24 датчика TCM-50 по четырехпроводной схеме к модулю NL-4RTD или 48 термодатчиков к модулю NL-8TI (www.RealLab.ru).

Система сбора данных может быть расширена также серией цифровых датчиков (см. рис. 6). Каждый датчик имеет интерфейс RS-485, поэтому для сбора данных с таких устройств необходимо не традиционное устройство с аналоговым коммутатором на входе, а программируемый контроллер, который имеет порт RS-485 и опрашивает цифровые датчики по сети. Датчики подключаются к двухпроводной шине интерфейса RS-485 практически в неограниченном количестве. Поскольку стандартный интерфейс RS-485 имеет нагрузочную способность 32 устройства, для дальнейшего наращивания количества датчиков необходимо использовать повторители интерфейса, которые восстанавливают форму передаваемого сигнала.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для достижения максимальной простоты при работе с системой сбора данных программное обеспечение и вся система построена по идеологии *открытых систем*. Открытой называется модульная система, которая допускает замену любого модуля на

аналогичный модуль другого производителя, *имеющийся в свободной продаже* по конкурентоспособным ценам, а интеграция с другими системами (в том числе с пользователем) выполняется без преодоления чрезмерных проблем. Понятие открытости обсуждается на веб-сайтах OMAC (Open Modular Architecture Controls, www.omac.org), ISA (Instrument Society of America, www.isa.org) и в работах [8, 9].

В модулях RealLab! открытыми являются: физические интерфейсы, протоколы обмена, методы контроля ошибок, системы адресации, форматы данных, интерфейсы между программами, диапазоны изменения аналоговых сигналов, средства связи аппаратуры с программным обеспечением, конструкция (крепление на стандартную DIN-рейку).

Построение серии RealLab! по идеологии открытых систем позволяет использовать ее с программным обеспечением любых производителей, если оно поддерживает международный стандарт OPC-интерфейса. В частности, к такому программному обеспечению относятся MatLab, LabView, MS Excel и многие другие программные средства. Указанные программы имеют широкие возможности для дальнейшей обработки полученных данных, в частности, для интерполяции, сглаживания, идентификации объекта, статистической обработки, адаптивного сбора данных и т.п.

OPC-сервер является программой, которая основана на технологии Microsoft DCOM (Distributed COM), но имеет установленные стандартные интерфейсы. OPC-сервер поддерживает все модули, выпускаемые фирмой НИЛ АП.



Рис. 4. Внешний вид модуля системы сбора данных RealLab! (серии NL фирмы НИЛ АП)

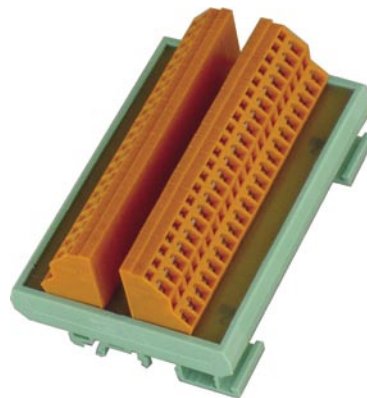


Рис. 5. Аналоговый коммутатор на 96 входов CL-96DC



Рис. 6. Цифровой датчик температуры с интерфейсом RS-485

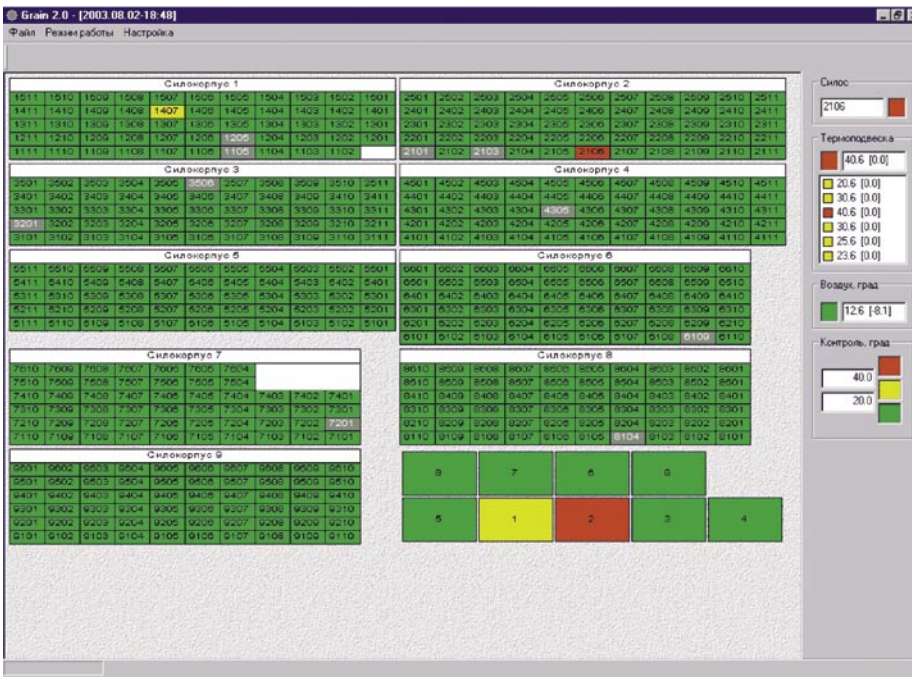


Рис. 7. Пример интерфейса системы сбор данных о температуре в силосах элеватора



Рис. 8. Пример компоновки модулей системы сбор данных в монтажном шкафу

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Описанные системы сбора данных используются в настоящее время более чем на 200 промышленных предприятиях, электростанциях, в ВУЗах, НИИ. Одна из систем сбора данных, состоящая из 300 датчиков температуры, используется для мониторинга температуры промышленных фармацевтических холодильников.

Другим примером является мониторинг температуры в силосах элеватора. Типовая система собирает данные от нескольких тысяч датчиков типа TSM-50 с помощью коммутаторов (см. рис. 5) и модулей NL-4RTD. Для обзора такого количества информации используется цветовое кодирование информации. Для этого на мониторе компьютера прямоугольниками изображены около 500 силосов элеватора; каждый прямоугольник закрашивается в зеленый цвет, если температура находится в пределах нормы (см. рис. 7). При выходе температуры за диапазон нормального функционирования цвет становится желтым, при аварийном режиме — красным. На рис. 8 приведен пример компоновки части модулей системы сбора данных в монтажном шкафу.

Третьим примером применения системы является так называемый «тепловой угол» — система из 120 термопар, которые расположены в углу стены и измеряют распределение температуры

окружающей среды вблизи тепловыделяющих электроприборов. Система использует 15 модулей ввода типа NL-8TI и преобразователь интерфейса RS-232 в RS-485 типа NL-5232C. Данные выводятся в MS Excel, где отображаются в виде графиков и таблиц. «Тепловой угол» используется аккредитованными испытательными центрами для сертификационных испытаний тепловыделяющих электрических приборов.

На рис. 9 приведен пример применения системы сбора данных для записи в течение суток значений напряжения в осветительной сети 220 В. Данные вводились в MS Excel с помощью OPC-сервера NLogr фирмы НИЛ АП.

ВЫВОДЫ

Описанная серия систем сбора данных RealLab! может быть эффективным средством мониторинга физичес-

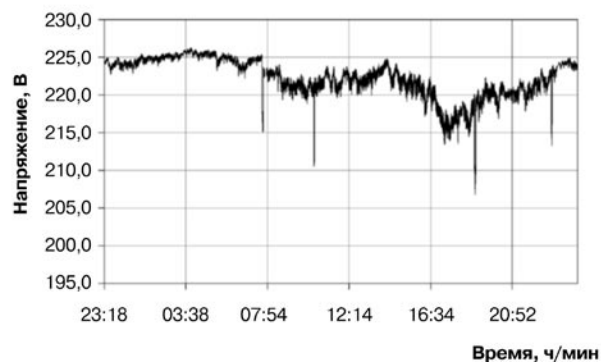


Рис. 9. Зависимость сетевого напряжения от времени, измеренная модулем NL-8AI

ких процессов и накопления медленно изменяющихся данных с широким спектром применения. Система является модульной, что обеспечивает ее настройку под требования конкретного заказчика, и открытой, что позволяет применять в ней устройства и программное обеспечение сторонних производителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисенко В.В. Применение MS Excel в качестве SCADA системы для лабораторной и промышленной автоматизации//Компоненты и технологии, 2001, №6, стр. 96–98.

2. Fischer H., et al. The COMPASS Data Acquisition System//IEEE Trans.

Nuclear Science, 2002, v. 49, №2, April, pp. 443–447.

3. Денисенко В.В., Халявко А.Н. Защита от помех датчиков и соединительных проводов систем промышленной автоматизации//Современные технологии автоматизации, 2001, №1, стр. 68–75.

4. Денисенко В.В. Заземление в системах промышленной автоматизации//Современные технологии автоматизации, 2006, №2, с. 94–99; №3, с. 76–92.

5. Денисенко В., Ерещенко П., Кильметов Р., Метелкин Е., Халявко А., Шальнев К. Испытания электронной аппаратуры: быстро и эффективно//Компоненты и технологии, 2004, №4, с. 216–220; №5, с. 158–166.

6. Денисенко В., Ерещенко П., Кильметов Р., Метелкин Е., Халявко А. Модули RealLab! серии NL для тяжелых условий эксплуатации//Промышленные АСУ и контроллеры, 2005, №2, с. 44–49.

7. Iwanitz F., Lange J. OPC Fundamentals, Implementation, and Application. 2 rev. Heidelberg: Huting, 2002, 225 p.

8. Business Justification of open architecture control. White paper version 1.0. Users Group//www.omac.org.

9. Bailo C., Alderson G., Yen J. Requirements for Open, Modular Architecture Controllers for Applications in the Automotive Industry//www.isa.org.