

Программируемый логический контроллер в теплотехническом эксперименте

77-48211/535435

01, январь 2013

Новожилов Б. М.

УДК 53.087.4

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

boris@disys.ru

Введение

При проведении экспериментальных исследований приходится измерять физические величины, характеризующие исследуемый процесс. Поэтому метрологическое обеспечение научного эксперимента играет решающую роль в получении достоверных результатов исследования. Одной из задач метрологического обеспечения является выбор технических средств для получения от датчиков измерительной информации, ее обработки и сохранения для последующего анализа. Традиционно для этих целей используются контрольно-измерительные приборы и установки, персональные компьютеры и специализированные аппаратно-программные комплексы. В то же время, аналогичную задачу сбора и обработки информации приходится решать и в системах управления технологическими процессами, где состояние управляемого процесса определяется по совокупности результатов измерений физических величин. Необходимые для управления техническим процессом командные воздействия вырабатываются при этом управляющими устройствами, в качестве которых наиболее часто применяются программируемые логические контроллеры (ПЛК). В этой связи интерес представляет использование ПЛК в качестве системы сбора и обработки измерительной информации в научных исследованиях. В отношении ПЛК такой вопрос обычно не ставится, так как считается, что основной задачей программируемого контроллера является реализация заданного алгоритма управления конкретным техническим объектом, а особенности его функционирования исключают применение программируемых контроллеров в

измерительных системах. Однако современные ПЛК обладают развитой периферией, позволяющей осуществлять эффективный сбор и передачу измерительной информации (в том числе и по Интернету), а их вычислительные возможности не уступают персональным компьютерам (вычисление специальных функций, операции с плавающей точкой и др.). Неслучайно в ГОСТ 38.596-2002 «Метрологическое обеспечение измерительных систем» упоминаются и программируемые логические контроллеры.

Применение ПЛК для решения задач сбора, обработки, хранения и передачи измерительной информации требует от пользователя ясного понимания принципа работы и возможностей этих технических устройств. Публикации, связанные с применением ПЛК, посвящены, главным образом, их программированию для задач управления. Поэтому целями настоящей статьи являются исследование возможности применения программируемых логических контроллеров в нетрадиционном для них качестве – в системах сбора и обработки измерительной информации в экспериментальных исследованиях. Методическое обоснование такого применения выполнено на примере программируемого контроллера SIMATIC S7-200 фирмы Siemens.

Основная часть

Программируемый логический контроллер представляет собой промышленную микропроцессорную систему на основе микроконтроллера или универсального процессора, аппаратные и программные средства которой специально адаптированы для решения задач управления техническими объектами в условиях промышленной среды.

ПЛК можно представить как автономный прибор, в состав которого входят, блок центрального процессорного устройства (ЦПУ) и блоки входов/выходов (рис. 1).

Входы ПЛК подключены посредством датчиков и командных устройств (кнопок, переключателей и т.п.) к объекту управления, а выходы соединены с исполнительными устройствами, расположенными на объекте управления, и средствами сигнализации. Это позволяет обеспечить необходимые информационные обмены в системе управления.

ЦПУ по программе, которая хранится в его памяти, обрабатывает входные сигналы, несущие информацию о состоянии процесса, и вырабатывает сигналы управления, изменяющие ход процесса в заданном направлении. ЦПУ может также обмениваться информацией с другими устройствами посредством коммуникаций. Например, по каналам

связи к ПЛК могут подключаться устройства программирования, другие контроллеры или устройства операторского интерфейса.

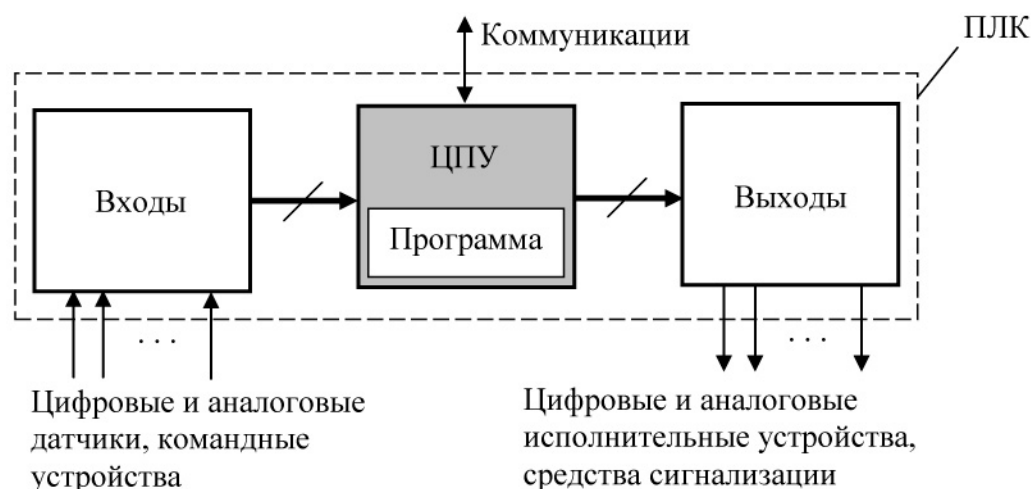


Рис. 1. Упрощенная структурная схема ПЛК

В зависимости от решаемых задач ЦПУ может дополняться модулями расширения, позволяющими, например, увеличить число входов/выходов контроллера, реализовать специализированный интерфейс и др.

Средства программирования (программатор или компьютер со специальной программой) обеспечивают разработку прикладной программы и загрузку ее в память ЦПУ, а также последующую отладку программы совместно с управляемым объектом.

Программируемые контроллеры являются основой современной промышленной автоматизации. Поэтому они выпускаются крупными сериями, что делает их доступными по цене в отличие от цифровых измерительных комплексов, являющихся зачастую уникальным и потому дорогостоящим оборудованием. Использование персональных компьютеров в измерительных системах связано с применением специальных технических средств сбора данных и профессионального программирования. В то же время программирование ПЛК в большинстве случаев не требует от пользователя знаний профессионального программиста, поскольку основной принцип применения программируемых логических контроллеров – это сделать их доступными для пользователя, который не обладает навыками программирования, но имеет необходимые знания и опыт в области автоматизации технологических процессов. Поэтому при

разработке прикладных программ для ПЛК используются специализированные, проблемно-ориентированные, языки программирования, которые понятны пользователю, знакомому с основами аналоговой и цифровой автоматики, а также имеющему опыт работы в области информатики. Среди этих языков наиболее распространенными являются язык релейно-контактных схем (*Ladder Diagram - LD*) и язык логических схем (*Function Block Diagram - FBD*).

Особенностью ПЛК является цикличность исполнения прикладной программы, необходимая для осуществления мониторинга технологического процесса и обеспечения своевременной реакции контроллера на события, которые происходят в объекте управления. Кроме выполнения прикладной программы, контроллер также должен осуществлять операции, направленные на решение дополнительных задач: проверка конфигурации аппаратных средств и целостности программного обеспечения, обеспечение коммуникационных обменов и др. Цикл, в течение которого ПЛК выполняет указанные действия, называется рабочим циклом контроллера.

Выполнение задач рабочего цикла центральный процессор осуществляет под управлением операционной системы, сканируя память программ. Он непрерывно контролирует длительность рабочего цикла средствами операционной системы. Это время является одной из основных характеристик ПЛК, поскольку определяет скорость его реакции на события в объекте управления. Длительность рабочего цикла ПЛК имеет порядок величины от нескольких единиц до десятков миллисекунд. Это ограничивает применение ПЛК в качестве измерительного средства сравнительно инерционными процессами, например, в теплотехнических исследованиях.

Программируемые логические контроллеры выпускаются различными фирмами, среди которых ведущее место занимает фирма Siemens (Германия). Для решения задач малой автоматизации она выпускает семейство программируемых микроконтроллеров SIMATIC S7-200. В линейку продуктов S7-200 входят модули ввода и комбинированные модули ввода/вывода аналоговых сигналов, которые с успехом могут использоваться для целей измерения различных физических величин.

Особый интерес в семействе SIMATIC S7-200 представляет комбинированный модуль аналогового ввода/вывода EM 235, позволяющий работать как с унифицированными входными сигналами, так и с сигналами промежуточных уровней.

Кроме аналоговых входов, модуль ЕМ 235 имеет один аналоговый выход, который с успехом можно использовать в лабораторной практике, например, для задания аналоговых сигналов различной формы. Модуль подключается с помощью шинного соединителя к ЦПУ и питается от внешнего источника питания напряжением 24 В. Такой модуль выпускался в составе семейства S7-21х, а в настоящее время в усовершенствованном варианте входит в семейство S7-22х. В табл. 1 приведены технические данные аналоговых входов модуля ЕМ 235.

Таблица 1. Технические характеристики аналоговых входов модуля ЕМ 235

Характеристика	Данные
Количество точек аналогового ввода	3 – для S7-21х и 4 – для S7-22х
Тип входов	Дифференциальный, без гальванической развязки
Полное входное сопротивление	≥ 10 МОм
Затухание входного фильтра	-3 дБ на частоте 3,1 кГц
Максимальное входное напряжение	30 В постоянного тока
Максимальный ток на входе	32 мА
Разрешающая способность	12 разрядов
Время преобразования аналогового значения в цифровое	<250 мкс
Подавление синфазной помехи	40 дБ
Диапазоны входных сигналов – униполярное напряжение, (машинное слово: 0 ... 32000); – биполярное напряжение, (машинное слово: -32000 ... +32000); ток	0 – 10 В, 0 – 5 В, 0 – 1 В, 0 – 500 мВ, 0 – 100 мВ, 0 – 50 мВ ± 10 В, ± 5 В, ± 2.5 В, ± 1 В, ± 500 мВ, ± 250 мВ, ± 100 мВ, ± 50 мВ, ± 25 мВ 0 ... 20 мА

Использование модуля ЕМ 235 для работы с датчиками, не имеющими унифицированного выходного сигнала, может оказаться затруднительным из-за необходимости согласования выходной величины датчика с измерительным каналом. Например, не рекомендуется использовать модуль ЕМ 235 для работы с термопарами. Для решения подобных задач в состав семейства S7-22х введены два модуля расширения:

модуль EM 231 *Thermocouple*, предназначенный для измерения температуры с помощью термопар всех распространенных типов; модуль EM 231 RTD (*Resistance Temperature Detector*), служащий для измерения температуры с помощью металлических термометров сопротивления.

Для разработки проекта с использованием ПЛК S7-200 применяется пакет STEP 7 - Micro/Win 32 – программное обеспечение, поставляемое фирмой Siemens. Кроме того, фирма предоставляет пользователям техническую документацию по применению указанных контроллеров для решения различных задач автоматизации.

Ниже приводится пример использования ПЛК S7-200 для исследования переходного процесса в промышленном датчике температуры при скачкообразном изменении температуры среды.

Состав оборудования для проведения эксперимента:

- CPU 214 – модуль центрального процессорного устройства;
- EM 235 – модуль расширения аналоговых входов/выходов;
- ТСМУ-055 – термопреобразователь, состоящий из термометра сопротивления с градуировкой 100М и вторичного преобразователя; диапазон измерения от –50 до +50 °С; выходной сигнал 4 ... 20 мА постоянного тока;
- Источник питания 24 В постоянного тока с выходной мощностью 75 Вт.

Поскольку при измерении температуры происходит преобразование измеряемой величины в двоичный код, прикладная программа должна осуществлять перевод выходного кода АЦП EM 235 в значение температуры. Для данного модуля полномасштабный однополярный сигнал 0 ... 20 мА представляется целым числом из диапазона 0 – 32000. Тогда уравнение преобразования выходного кода АЦП в значение температуры в градусах Цельсия имеет следующий вид

$$T = (AIW_n - 19200)/256, \quad (1)$$

где AIW_n – адрес в памяти контроллера, в котором хранится измеренная аналоговая величина ($n = 0, 2, 4, 6$).

Значение n зависит от номера используемого канала аналогового ввода: для канала А значение $n = 0$, для канала В - $n = 2$, для канала С - $n = 4$ и для канала D - $n = 6$.

Чтобы получить измеренное значение температуры с точностью до десятых долей градуса уравнению (1) следует придать иной вид:

$$T = (10AIW_n - 192000)/256. \quad (2)$$

Вычисление текущей температуры по уравнению (2) должно выполняться прикладной программой.

Для записи текущих значений температуры в память ЦПУ используются команды работы с таблицами. Это тем более удобно, что измеренные значения в эксперименте представляются обычно в виде таблиц. Количество записей в таблице CPU 214 может достигать 100.

Данные с аналогового входа ЦПУ обновляет в каждом цикле и запись каждого считанного значения может привести к переполнению таблицы. Поэтому прикладная программа должна определять моменты времени, когда текущее значение измеряемой величины будет записано в таблицу. Более того, в ряде случаев, например, в тепловых переходных процессах, интервалы времени отсчета целесообразно увеличивать, так как скорость изменения температуры со временем падает.

Для решения этой задачи удобно использовать прерывания. В частности, по завершении записи в таблицу очередного значения температуры программой устанавливается один из дискретных выходов и сигнал с этого выхода подается на дискретный вход контроллера, для которого предусмотрено прерывание по фронту сигнала. При обработке прерывания устанавливается новый интервал времени, затем происходит возврат в основную программу и после отсчета временного интервала делается новая запись в таблицу значений. После этого снова генерируется прерывание, интервал времени изменяется, записывается очередное значение температуры и так далее. Процесс останавливается по достижении заданного числа измеренных значений.

На рис. 2 показана схема эксперимента, в котором скачок температуры, необходимый для снятия переходной характеристики датчика температуры, реализуется быстрым перемещением датчика из воздуха помещения в сосуд с тающим льдом.

Для перемещения датчика температуры используется пневмоцилиндр, который управляется пневмораспределителем, подключенным к дискретному выходу контроллера. Для получения однородного температурного поля в сосуде содержимое сосуда перемешивается струей воздуха, подаваемого от микрокомпрессора.

С началом эксперимента пневмоцилиндр по команде программируемого контроллера опускает датчик температуры в сосуд со льдом, и сразу начинается запись значений температуры через интервалы времени, формируемые контроллером. После выполнения 10 записей эксперимент заканчивается, и шток пневмоцилиндра возвращается в исходное положение. Общая продолжительность эксперимента - около 9 минут.

Измеренные значения температуры считываются из памяти контроллера с помощью текстового дисплея TD-200, также входящего в семейство SIMATIC S7-2xx.

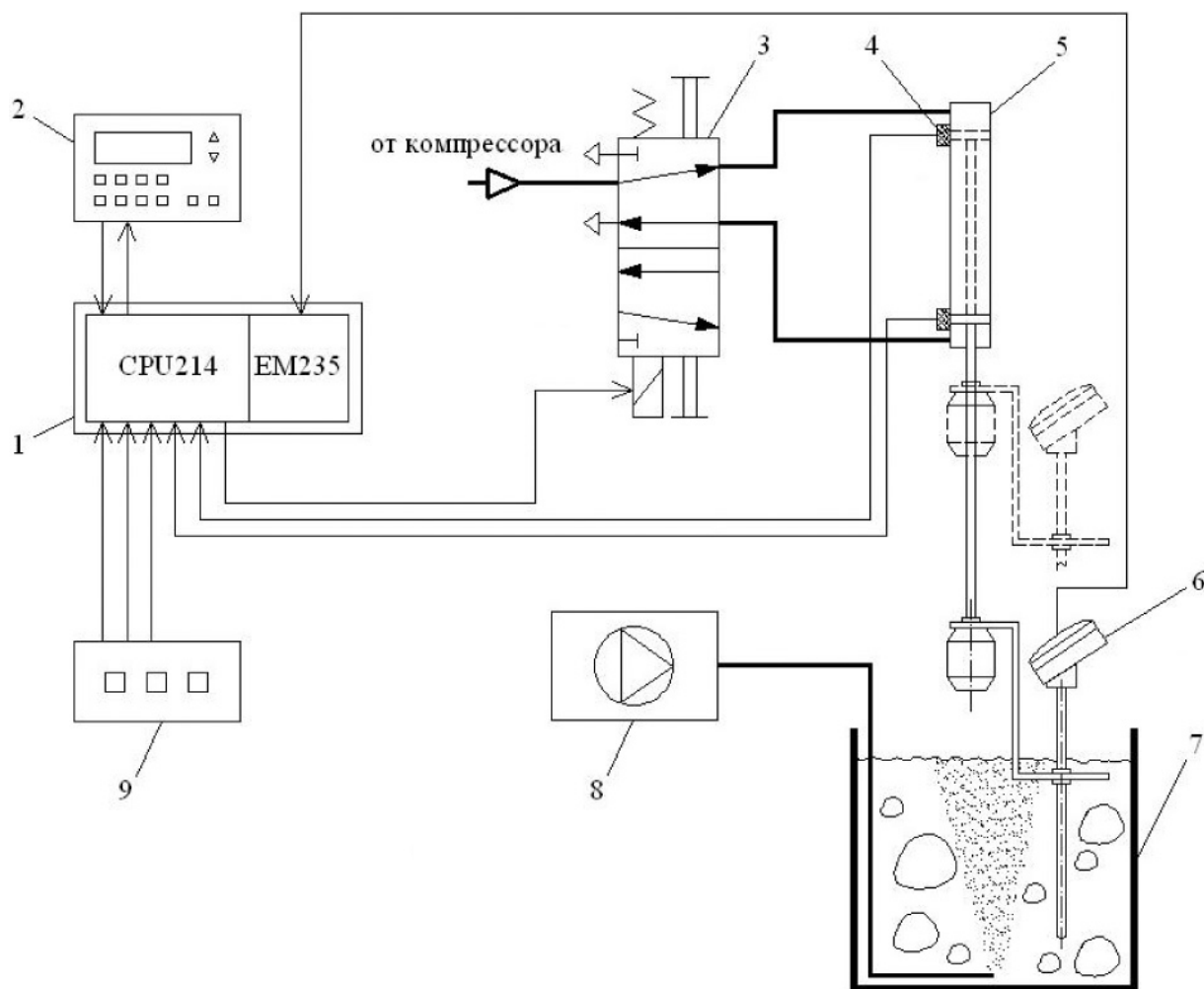


Рис. 2. Схема эксперимента: 1 – ПЛК S7-200; 2 – текстовый дисплей TD-200;
3 – пневмораспределитель; 4 – датчик положения; 5 – пневмоцилиндр;
6 – термопреобразователь ТСМУ-055; 7 – сосуд с тающим льдом; 8 – микрокомпрессор;
9 – пульт управления

На рис. 3 показан график переходного процесса, построенный по результатам эксперимента с помощью программы *Advanced Grapher*. Считанные из памяти контроллера значения температуры приведены в левой части рисунка.

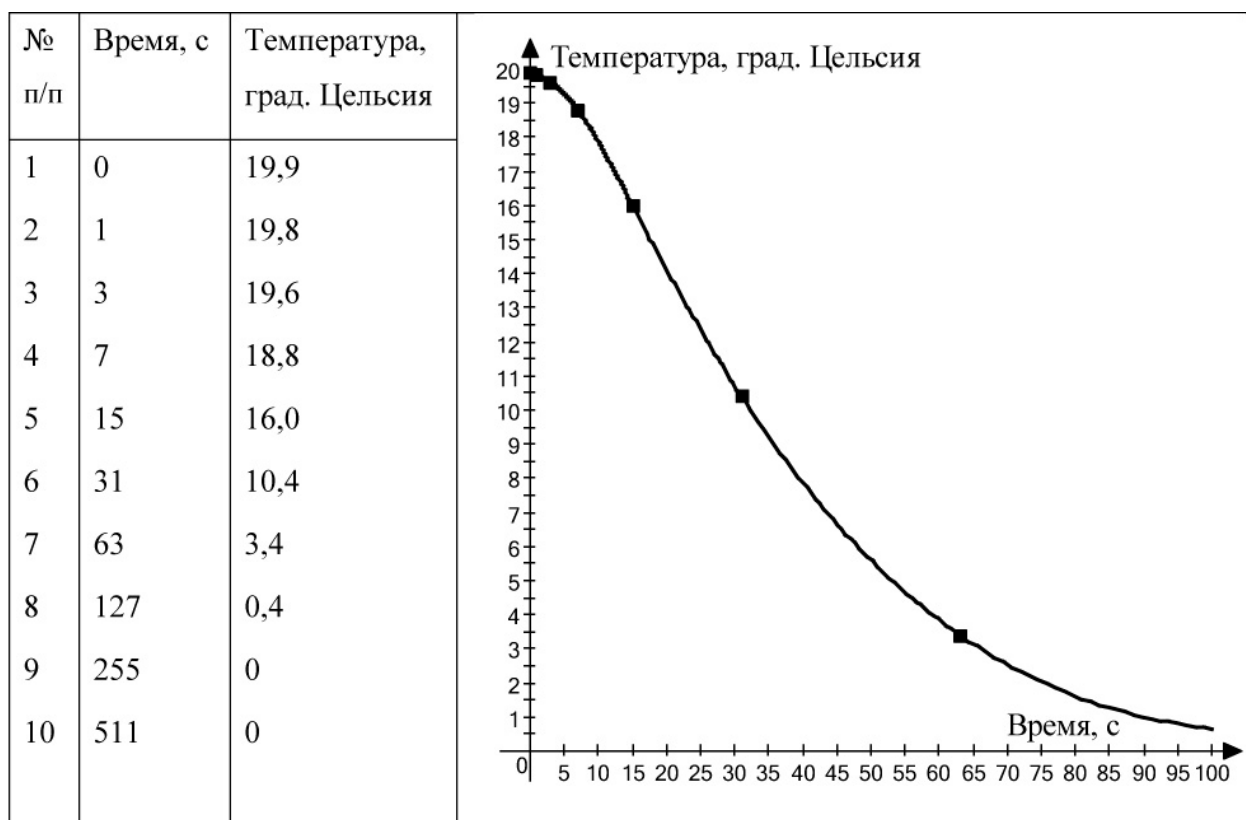


Рис. 3. График переходного процесса

Как следует из рис. 3, начальный интервал времени отсчета выбран равным одной секунде. Далее временные интервалы удваиваются перед каждым последующим измерением, что позволило резко сократить количество измерений без потери качества результатов эксперимента.

Заключение

- 1) Проведенный эксперимент на примере измерения температуры в переходном процессе с помощью ПЛК SIMATIC S7-200 показал, что программируемые логические контроллеры можно с успехом применять в исследованиях теплотехнических процессов.

- 2) Автоматизация процесса измерения в сочетании с возможностью программного управления оборудованием делают применение программируемых логических контроллеров перспективным при проведении теплотехнических исследований.

Список литературы

1. Новожилов Б.М. Исследование динамических свойств датчика температуры: метод. указания к лабораторной работе / Б.М. Новожилов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 23 с.
2. Программируемый контроллер S7-200/Системное руководство. Официальный перевод с оригинального издания Siemens, № 06/2004.
3. Техническая документация фирмы Siemens.