

УДК 621.317.7.083.92(045)

¹**И. Ю. Сергеев**, канд. техн. наук, доц.,
²**В. С. Стемковский**,
³**Н. С. Краснов**,
⁴**И. В. Седень**,
⁵**Н. П. Рыбак**

ПРОСТЕЙШИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ

Институт аэрокосмических систем управления, НАУ, e-mail: ¹sergeyevi@i.ua,
²stemvlad@yandex.ru, ³nik1991@meta.ua, ⁴IrochkaSeden@gmail.com, ⁵nadyarubka@ukr.net

Рассмотрены функциональные характеристики простейших программируемых логических контроллеров – программируемых (интеллектуальных) реле, используемых для автоматизации технологических процессов. Проведен обзор наиболее популярных из них. Приведен пример построения системы автоматического управления на основе интеллектуального реле Zelio Logic фирмы Schneider Electric (Франция).

Ключевые слова: программируемый логический контроллер, интеллектуальное реле, автоматизация технологических процессов.

Введение. Как известно [1 – 8], программируемые логические контроллеры (ПЛК, Programmable Logic Controller – PLC) представляют собой микропроцессорные устройства, предназначенные для выполнения алгоритмов управления. Принцип работы ПЛК заключается в сборе и обработке данных по прикладной программе пользователя с выдачей управляющих сигналов на исполнительные устройства. Первый в мире ПЛК – MOdular DIgital CONtroller (Modicon) 084, имеющий память всего 4 кбайт, был произведен в 1968 г.

Программируемые логические контроллеры были разработаны для замены релейно-контактных схем управления, собранных на дискретных компонентах: реле, таймерах, счетчиках, элементах жесткой логики.

Принципиальное отличие ПЛК от релейных схем заключается в том, что в нем все алгоритмы управления реализованы программно. При этом надежность работы схемы не зависит от ее сложности. Использование программируемых логических контроллеров позволяет заменить одним устройством любое необходимое количество отдельных элементов релейной автоматики, что увеличивает надежность системы, минимизирует затраты на ее тиражирование, ввод в эксплуатацию и обслуживание. Программируемый логический контроллер может обрабатывать дискретные и аналоговые сигналы, управлять клапанами, сервоприводами, преобразователями частоты и другими устройствами, в отличие от:

– микроконтроллера (однокристального компьютера), микросхемы, предназначеннной для управления электронными устройствами, областью применения ПЛК обычно являются автоматизированные процессы промышленного производства;

– компьютеров, ПЛК ориентированы на работу с машинами и имеют развитый «машинный» ввод-вывод сигналов датчиков и исполнительных механизмов в противовес возможностям компьютера, ориентированного на человека (клавиатура, мышь и т. п.);

– встраиваемых систем — ПЛК изготавливается как самостоятельное изделие отдельно от управляемого при его помощи оборудования.

Рынок средств и систем автоматизации насыщен промышленными контроллерами самых разных производителей, среди которых такие известные фирмы, как ABB, Allen Bradley, Honeywell, Omron, Moore Products, PEP Modular Computers и многих других.

Классификация ПЛК. Согласно классификации, приведенной в [1], ПЛК можно разделить на следующие группы:

1. Основные ПЛК (Siemens – SIMATIC S5 и S7; Segnetics – Pixel 2511 и SMH 2Gi; Omron; Mitsubishi – серия Melsec (FX, Q); Schneider Electric – Modicon серий Twido, M340, TSX Premium, TSX Quantum; Beckhoff; Allen-Bradley: ControlLogix).

2. Программируемое (интеллектуальные) реле (Siemens LOGO!, Mitsubishi – серия Alpha XL, Schneider Electric – Zelio Logic, Omron – ZEN, Moeller – EASY, MFD-Titan, Comat BoxX).

3. Программные логические контроллеры на базе IBM PC-совместимых компьютеров (англ. SoftPLC) (MicroPC, WinCon, WinAC, CoDeSys SP/SP RTE).

4. Программные логические контроллеры на базе простейших микропроцессоров (i8088/8086/80186 и т. п.) (ICP DAS, Advantech).

Рассмотрим ПЛК, отнесенные ко второй группе приведенной классификации. Заметим, что ПЛК этой группы – программируемые (интеллектуальные) реле – являются наиболее простыми. Будучи сравнительно несложными техническими устройствами и требующими чаще всего очень простого программного обеспечения, они позволяют с их помощью решать довольно сложные задачи автоматизации технологических процессов.

Сфери применения программируемых (интеллектуальных) реле:

- автоматизация небольших агрегатов для производства, сборки, отделки и упаковки;
- автоматизация сельскохозяйственных сфер (системы ирригации, теплицы);
- автоматизация шлагбаумов, откатных ворот, систем контроля доступа;
- автоматизация компрессоров и систем кондиционирования воздуха;
- управление освещением в соответствии с различными заданными алгоритмами;
- регулирование температуры и вентиляции в жилых помещениях и на предприятиях;
- управление водоснабжением дома, фонтанами, аквариумами, насосными станциями;
- управление транспортерами и смесителями;
- управление аппаратурой на подвижной технике, станками, производственными линиями;
- обеспечение сигнализации и оповещения.

Программное обеспечение ПЛК. Программное обеспечение ПЛК [3] разрабатывается в соответствии со стандартом на языковые конструкции (языки программирования ПЛК), определенные в части 3 стандарта МЭК 61131. Стандартом МЭК 61131 (или IEC 61131) предложены следующие пять языков программирования контроллеров:

- 1) язык релейных диаграмм LD;
- 2) язык функциональных блоков FBD;
- 3) язык последовательных функциональных схем SFC;
- 4) язык структурированного текста ST;
- 5) языки инструкций IL.

По разным оценкам до 80 % рынка ПЛК обслуживается программными продуктами, которые реализуют в той или иной степени этот стандарт.

Опыт показывает [3], что выбор языков, которые используются, зачастую определяется личными предпочтениями пользователей и мало связан с технологическим процессом, который автоматизируется. Действительно, представленные в стандарте языки в большинстве случаев взаимозаменяемы. Это означает, что при разном уровне подготовленности в области чистого программирования пользователи могут создавать программы равной функциональности.

Обзор наиболее популярных программируемых (интеллектуальных) реле.

1. Логические модули SIEMENS LOGO! фирмы SIEMENS (Германия) [7] являются компактными функционально законченными универсальными изделиями, предназначеными для построения простейших устройств автоматики с логической обработкой информации. Алгоритм функционирования модулей задается программой, составленной из набора встроенных функций. Программирование модулей LOGO!Basic может производиться

как со встроенной клавиатуры, так и с помощью программного обеспечения. Стоимостные показатели модулей настолько низки, что их применение может оказаться экономически целесообразным даже в случае замены схем, включающих в свой состав 2 многофункциональных реле времени или 2 таймера и 3–4 промежуточных реле. Программирование таких модулей производится либо с компьютера, оснащенного программным обеспечением LOGO!Soft Comfort, либо установкой заранее запрограммированного модуля памяти. Цена составляет 1000 – 2000 грн.

2. Фирма Mitsubishi Electric (Япония) [8] предлагает большой выбор промышленных программируемых логических контроллеров, от недорогих программируемых контроллеров серии ALPHA способных управлять несложными комплексами (автоматическими линиями разлива, фасовочными и упаковочными автоматами, управление насосами, управление дверьми и воротами, системы обогрева и вентиляции, системы безопасности и сигнализации), до самых мощных современных промышленных контроллеров MELSEC System Q с большим набором различных дополнительных блоков. Контроллер ALPHA имеет встроенный дисплей и клавиатуру, дискретные и аналоговые входы и выходы. Контроллер поддерживает работу с GSM-модемами, способен осуществлять SMS-рассылки на телефоны стандарта GSM. Отличительные особенности ПЛК серии MELSEC FX: совместимость со всем семейством ПЛК MELSEC, встроенный последовательный порт программирования RS-422; специальные прикладные команды для быстрого программирования сложных процессов; встроенные часы реального времени; встроенный ПИД-регулятор с автонастройкой, 6 встроенных высокоскоростных счетчиков импульсов с частотой до 60 кГц. Аналоговые и дискретные модули расширения; возможность подключения к сетям Profibus/DP, CC-Link, DeviceNet, CANopen, AS-Interface. Программное обеспечение соответствует стандарту IEC 61131.3. Небольшой размер, коммуникационные возможности и высокопроизводительная мультипроцессорная обработка являются тремя важнейшими характеристиками серии MELSEC System Q. Цена – 1000 грн.

3. Программные логические контроллеры фирмы Овен (Россия), Овен ПР110-30 представляют собой небольшой программируемый контроллер, снабженный дополнительным функционалом, установленным в компактный DIN-реечный корпус. Модификации отличаются одна от другой лишь количеством и типом цифровых входов-выходов (24 В или 110/220 В, 8 или 12 входов/выходов), напряжением питания самого реле (24 В или 110/220 В) и количеством выходных реле (4 или 8), дополнительной функцией – наличием часов реального времени. ПР110-30 имеет довольно широкое применение, ограничение накладывается лишь фантазией и количеством входов-выходов. Принцип программирования довольно прост. Не нужно долго обучаться, чтобы сделать простую программу. Программирование осуществляется в программном обеспечении OWEN Logic. Все происходит в виде функциональных блоков, которые соединяются между собой. Цена составляет 3 500 грн.

4. Контроллер CPM1A фирмы Omron-ZEN (Япония) [6] является простым, многофункциональным, экономичным средством построения автоматических систем. Вмешая в своем компактном корпусе все основные функции, CPM1A устанавливает новый стандарт в области конструирования микро-ПЛК. В состав линейки входят четыре модели CPU, отличающиеся размерами и предлагаемые в различных исполнениях – с напряжением питания постоянного или переменного тока, с релейными или транзисторными выходами, на 10–40 точек ввода-вывода, с положительной и отрицательной логикой. Возможен подбор модуля, устраивающего одновременно по типу напряжения питания, по типу выходов и по количеству входов-выходов. Имеет встроенные импульсные входы и выходы, простое подключение терминалов человеко-машинного интерфейса, модули расширения для дискретного, аналогового и удаленного ввода/вывода. Цена составляет 2000 грн.

5. Фирма Moeller (Германия) [5] выпускает программируемые реле различных серий под общим названием EASY и MFD-Titan. Этот компактный прибор снабжен процессором, встроенной системой программирования, энергонезависимой памятью, миниатюрной жидкокристаллической панелью и несколькими кнопками для ввода программы и некоторых параметров в процессе работы. Устройство имеет дискретные и аналоговые входы и выходы, и различные функциональные программные блоки, такие как таймеры, счётчики, компараторы, часы реального времени и многие другие. Цена составляет 1400 грн.

6. Интеллектуальные реле Zelio Logic фирмы Schneider Electric (Франция) [4] отвечают всем необходимым требованиям применения в простых системах автоматизации. Серия этих ПЛК охватывает широкий спектр характеристик и особенностей, а именно: компактность, экономичность, возможность модульного расширения, 12 или 20 входов-выходов, питание 12, 24, 100–240 В. Программирование осуществляется на базе универсальных языков программирования, что значительно упрощает работу с реле, и производится:

- автономно при помощи клавиш интеллектуального реле Zelio Logic (язык лестничных диаграмм LADDER);

- на компьютере при помощи инstrumentальной системы программирования Zelio Soft 2.

Программирование с компьютера можно осуществлять как на языке лестничных диаграмм LADDER, так и на языке функциональных блок-схем FBD. Цена составляет 1000 грн. При необходимости большей эксплуатационной гибкости или изменения рабочих характеристик модульные интеллектуальные реле Zelio Logic (рис. 1) можно оснащать коммуникационными модулями и модулями расширения входов/выходов. Максимальное количество входов/выходов при этом может достигать 40:

- коммуникационные модули Modbus или Ethernet, питание от 24 В от интеллектуального реле Zelio Logic аналогичного напряжения;

- аналоговые модули расширения с 4 входами/выходами, питание от 24 В;

- дискретные модули расширения с 6, 10 или 14 входами/выходами.



Рис. 1. Миниатюрный ПЛК – интеллектуальное реле фирмы Schneider Electric, Франция

Пример построения системы автоматического управления на основе интеллектуального реле Zelio Logic [4]. Цель задания – расширить и централизовать систему управления подземной автостоянкой офисного здания. Система управления должна иметь следующие характеристики:

- ворота, вход и выход автостоянки должны управляться типичным автоматическим барьером, который обрабатывает стандартные функции открытия и закрытия с задержками по времени для проезда транспортных средств, обрабатывает билеты оплаты, имеет встроенную систему для переговоров охраны, внешнюю блокировку барьера в закрытом положении;

– подсчет количества транспортных средств, припаркованных на автостоянке, и управление дисплеем, информирующим пользователей, что все места на стоянке заняты, параллельно блокируя барьер в закрытой позиции; должна быть предусмотрена принудительная отмена этой функции, когда необходимо предоставить доступ службам спасения;

– предусматривается запрещение работы автостоянки вне рабочих часов, но персоналу позволяет отменять эту функцию для исключительных событий;

– нормальные рабочие часы: с понедельника по пятницу с 08:30 до 17:30, суббота с 09:30 до 12:00 и в воскресенье стоянка весь день закрыта;

– руководствуясь соображениями безопасности, необходимо уменьшить выброс ядовитых веществ типа диоксида углерода, используя вентилятор, когда измеренные уровни концентрации превышают допустимые (используется определенный датчик, который обеспечивает значение выхода между 0 и 10 В);

– автоматическое включение освещения, вызванное прибытием транспортного средства, а также с помощью кнопок, размещенных около всех точек доступа для пешеходов. Для экономии электроэнергии освещение должно быть выключено после завершения 10 мин – отрезка времени, обычно достаточного для пользователя, чтобы припарковать машину, выйти из нее и сесть в лифт или вернуться в машину и покинуть автостоянку;

– для дополнения системы должно быть предусмотрено ручное изменение количества транспортных средств на автостоянке, увеличение или уменьшение количества транспортных средств, как это определено интеллектуальным реле.

Для реализации описанной системы управления необходимо интеллектуальное реле с аналоговыми входами, функциональными блоками часов и с 4 дискретными входами и выходами. Компоненты требуемого интеллектуального реле приведены в табл. 1.

Таблица 1

Компоненты управляющего интеллектуального реле

Обозначение элемента	Функция
Вход I1	Обнаружение въезда машины
Вход I2	Обнаружение выезда машины
Счетчик C1	Подсчет количества машин на стоянке (максимум 93).
Выход Q1	Индикация заполненности стоянки
Выход Q2	Блокировка барьера (запрещение открытия барьера), когда стоянка заполнена или в нерабочее время
Функциональная клавиша Z4	Ручная разблокировка барьера
Функциональная клавиша Z2	Возобновляет автоматическое управление въездом
Функциональная клавиша Z1	Ручное увеличение количества машин на стоянке
Функциональная клавиша Z3	Ручное уменьшение количества машин на стоянке
Функциональный блок Часы #1	Обрабатывает часы доступа
Входы I3 и I4	Кнопки в точках доступа для пешеходов для включения освещения автостоянки: один для подъемника и один для лестницы (для пешеходов доступа через въезд для машин нет)
Выход Q3	Управление светом
Функциональный блок Таймер 1	Таймер для света (10 мин)
Аналоговый вход IV	Датчик уровня диоксида углерода
Аналоговый блок A1, пороговое значение – 8,5 В	Сравнивает значение, выданное датчиком, со значением установки
Выход Q4	Управляет вентилятором продувки загрязненного воздуха
Функциональный блок Таймер 2	Таймер вентилятора (15 мин)

Принципиальная схема управления, составленная на основе графического языка программирования релейно-контактных схем (лестничных диаграмм), является, по сути, аналогом релейной схемы (приведена на рис. 2). Структура принципиальной схемы управления показана в табл. 2.

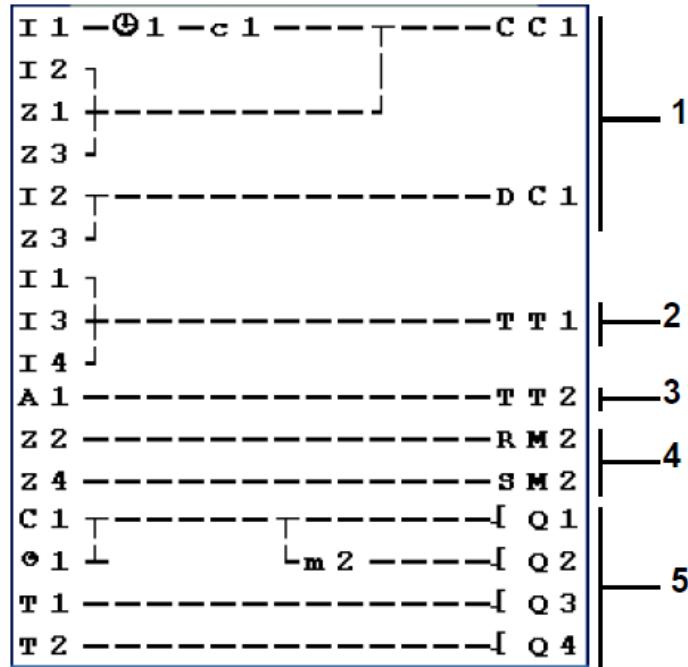


Рис. 2. Принципиальная схема управления

Таблица 2

Структура принципиальной схемы управления

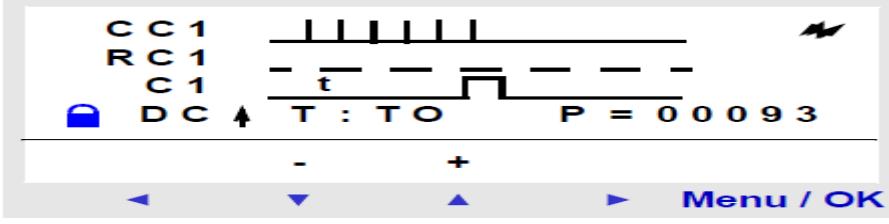
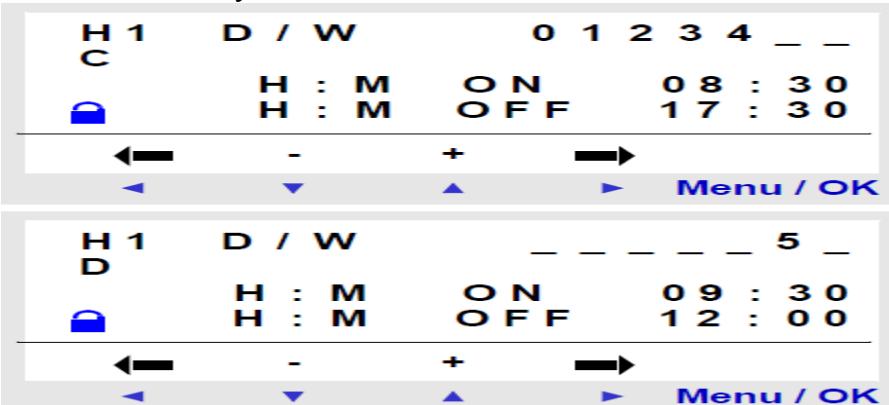
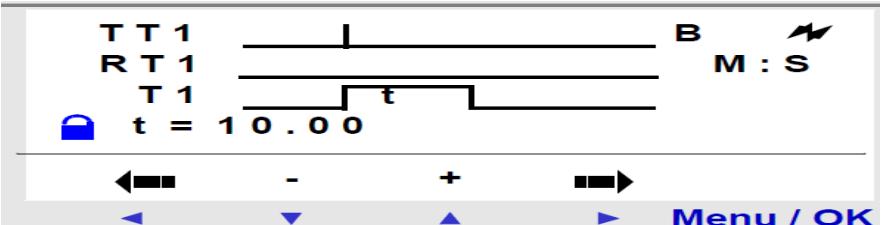
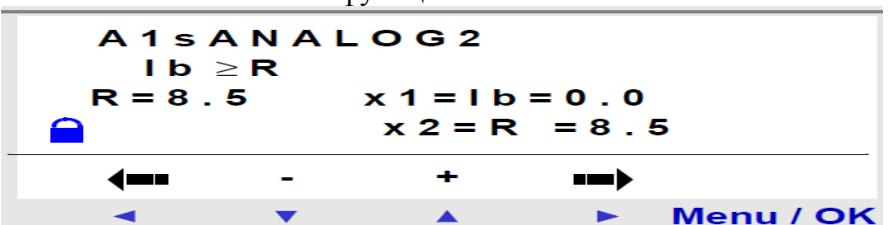
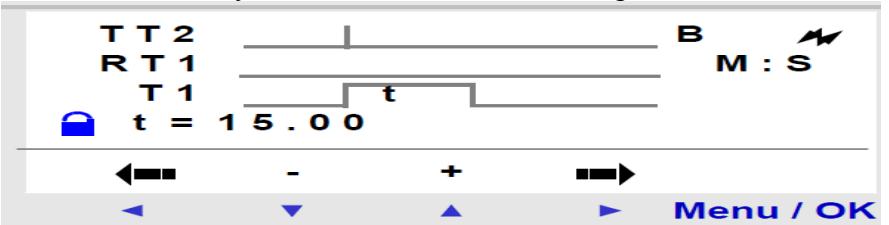
Номер блока	Описание
1	Подсчет транспортных средств и ручное изменение количества транспортных средств, фактически находящихся на автостоянке
2	Старт таймера освещения
3	Старт таймера вентилятора
4	Обработка функции ручного выпуска
5	Управление выходами: индикатор заполненности автостоянки, блокировка въезда, освещение автостоянки и включение вентилятора

При счете вверх и вниз счетчик запирается, когда автостоянка заполняется (ни обнаружение, ни подсчет не выполняются, если транспортным средствам позволяют въезжать в ручном режиме). Для данного счетчика катушки CC1 и DC1 должны появляться только однажды в лестничной диаграмме. Кроме того, вывод Q2 активируется, когда въезд на стоянку запрещен. Это ведет к использованию вспомогательного реле для ручной блокировки/разблокировки ворот клавишами курсора.

Итак, составляющие компоненты автоматической системы определены, также создана лестничная диаграмма, являющаяся поэтапным расписанием действия создаваемой программы. Финальным этапом программирования системы автоматизации автостоянки есть описание дополнительных ресурсов контроллера. Программная реализация функциональных блоков дополнительных ресурсов контроллера приводится в табл. 3.

Таблица 3

Программная реализация функциональных блоков

Функциональный блок	Описание
Функциональный блок счетчика С1	<p>Значение установки – 93 (максимальное количество транспортных средств на автостоянке). Там, где необходимо, это значение может быть изменено в течении работы</p> 
Функциональный блок Часы #1	<p>Часы работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ С понедельника по пятницу с 08:30 до 17:30 ♦ В субботу с 09:30 до 12:00 ♦ Воскресенье закрыто. <p>Используются два интервала</p> 
Функциональный блок Таймер Т1	<p>Таймер освещения: 10 мин</p> 
Аналоговый функциональный блок А1	<p>Сравнивает измеренный уровень диоксида углерода с установкой: 8,5 В</p> 
Функциональный блок Таймер Т2	<p>Продолжительность работы вентилятора при превышении порога по диоксиду углерода: 15 мин</p> 

Выводы. Рассмотрена группа простейших ПЛК – программируемых (интеллектуальных) реле. Будучи сравнительно несложными техническими устройствами и требующими чаще всего очень простого программного обеспечения, они позволяют с их помощью решать довольно сложные задачи автоматизации технологических процессов.

Приведен пример построения системы автоматического управления на основе интеллектуального реле Zelio Logic фирмы Schneider Electric (Франция).

Список литературы

1. *Минаев И. Г. Программируемые логические контроллеры в автоматизированных системах управления / И. Г. Минаев, В. М. Шарапов, В. В. Самойленко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь: АГРУС, 2010. – 128 с.*
2. *Мишел Ж. Программируемые контроллеры: архитектура и применение/ Ж. Мишель, К. Лоржо, Б. Эспьо. – М.: Машиностроение, 1986. – 177 с.*
3. *Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. Петров // под ред. проф. В. П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.*
4. *Telemecanique. ZelioLogic User Guide, 2004. – 150 с.*
5. *Андрюшенко О. А., Водичев В. А. Электронные программируемые реле серии EASY и MFD-Titan [Электронный ресурс]: учеб. пособие для изучения реле и проектирования систем автоматизации на их основе. – Одесса, 2006. – Режим доступа: http://moeller.ru/upload/catalog/easy_simple.pdf.*
6. *Программируемые контроллеры CPM1A: руководство по установке, 1995. – Режим доступа: http://omron.com.ua/assets/files/30/CPM1A_r.pdf.*
7. *Siemens LOGO!: manual, Nuremberg, 2008. – Mode of access to magazine: http://www.electronshik.ru/pdf/SIEMENS/logo_system_manual.pdf.*
8. *Alpha-малые контроллеры: руководство по использованию. – Ретенген, 2006. – Режим доступа: http://files.prom.ua/88412_brochure_alpha_xl.pdf.*

І. Ю. Сергеєв, В. С. Стемківський, М. С. Краснов, І. В. Седень, Н. П. Рибак

Найпростіші програмовані логічні контролери для завдань автоматизації

Розглянуто функціональні характеристики найпростіших програмованих логічних контролерів – програмованих (інтелектуальних) реле, що використовуються для автоматизації технологічних процесів. Виконано огляд найбільш популярних з них. Наведено приклад побудови системи автоматичного керування на основі інтелектуального реле Zelio Logic фірми Schneider Electric (Франція).

I. Yu. Sergeyev, V. S. Stemkivsky, N. S. Krasnov, I. V. Seden, N. P. Rybak

Simplest programmable logic controllers for the tasks of automation

Simplest programmable logic controllers – programmable (intellectual) relays, used for the automation of technical processes, are viewed. An overview of the most popular ones is performed. The example of automatic system's design with usage of intellectual relay Zelio Logic, Schneider Electric (France) is shown.