

## ЦИФРОВОЙ АДАПТИВНЫЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЛЕРА С МНОГОЗАДАЧНОЙ POSIX-СОВМЕСТИМОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

Б.А. СТАРОВЕРОВ, д-р техн. наук, В.В. ОЛОНICHEV, канд. техн. наук, М.А. СМIRHOV, асп.

Рассматривается программная цифровая самонастраивающаяся система автоматического управления печами средней мощности на базе программируемого логического контроллера с Linux. Описан подход, позволяющий значительно сократить затраты на управление и повысить эффективность технологических установок. Представлена система, отличающаяся гибкостью и универсальностью.

*Ключевые слова:* рекуррентный метод наименьших квадратов, цифровое управление, реализация на языке Си, программируемый логический контроллер, идентификатор, электрическая печь, мультипроцессный комплекс.

### DIGITAL ADAPTIVE REGULATOR FOR INDUSTRIAL CONTROLLER WITH MULTITASK POSIX PLATFORM OPERATION SYSTEM

A.A. STAROVEROV, Doctor of Engineering, V.V. OLONICHEV, Candidate of Engineering, M.A. SMIRNOV, Post Graduate Student

The article is devoted to the program digital self-adjusting system of average capacity furnaces automatic control on the basis of the programmed logic controller with Linux. The described approach allows us to considerably reduce expenses for control process and raise efficiency of technological installations. The presented system is notable for its flexibility and universality.

*Keywords:* recursion least-squares method, digital control, realization in C programming language, the programmable logic controller, identifier, electric furnace, multiprocessing complex.

Современные средства автоматизации благодаря микроконтроллерному исполнению позволяют решать сложные производственные задачи, реализовывать ресурсоемкие и трудоемкие алгоритмы работы, помогать отслеживать и контролировать множество технологических параметров. Одним из главных свидетельств «интеллектуализации» промышленных приборов является поддержка многозадачной операционной системы (ОС) Linux. Такой возможностью обладают программируемые контроллеры многих зарубежных и некоторых отечественных фирм [1, 2], причем цена таких устройств является сравнительно низкой. Основными определяющими факторами являются количество сетевых и коммуникационных интерфейсов, наличие аналоговых и дискретных вводов-выводов, беспроводных каналов данных.

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) с ОС перестают быть такими по своей сути: они занимают более высокую ступень в иерархии средств АСУ ТП, заменяя собой почти во всех отношениях промышленные компьютеры. Такие ПЛК могут исполнять роль вычислительных и информационных центров, куда стекаются данные с модулей ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов, с контроллеров и приборов более низкого уровня.

POSIX-совместимая ОС Linux благодаря использованию средств межпроцессного взаимодействия позволяет организовать сложную многоуровневую систему управления. При этом от разработчика требуется знание языка Си и промышленных интерфейсов. Исполняемые файлы после проверки и тестирования на компьютере могут быть загружены в контроллер с

поддержкой Linux по протоколу ssh или ftp. В процессе работы данные в реальном времени поступают на подключенный к ПЛК дисплей или на АСУ ТП верхнего уровня.

Разработчики ПЛК с ОС Linux предусмотрели в рассматриваемом классе устройств и традиционные средства проектирования: CodeSys, IsaGraph и др. В этом случае доступны такие языки программирования, как язык релейной контактной логики (LD), язык функциональных блочных диаграмм (FBD), язык структурированного текста (ST), язык последовательных функциональных схем (SFC), язык списка инструкций (IL). Основными недостатками указанных средств разработки являются: отсутствие указателей и динамических массивов, процедурность и громоздкость кода, сложность масштабирования. Тем не менее для решения простых типовых задач (при грамотной и квалифицированной технической поддержке, наличии стандартных библиотек регулирования и математических операций) хватает описанных языков программирования.

При современных требованиях к качеству технологических процессов в условиях непостоянства параметров объекта и действия возмущений применение традиционных ПИД-регуляторов с реализацией на ПЛК становится недостаточным. В этом случае наиболее эффективным решением будет использование цифровой самонастраивающейся системы управления. Такой подход избавляет от необходимости ручной подстройки коэффициентов регулятора, позволяет сохранить работоспособность и в «малом», и в «большом» [3].

Реализовать самонастраивающуюся систему управления штатными средствами программирования ПЛК затруднительно по указанным выше причинам. Поэтому для решения задач адаптации к изменяющимся параметрам объекта целесообразно использовать Linux-контроллеры. Такой подход был использован при разработке «Мультипроцессного комплекса цифрового управления технологическими установками» [4].

Данный комплекс реализован на языке Си с помощью GNU Scientific Library (GSL) v1.3 – библиотеки вычислительных операций для научных расчетов. Разработанное программное обеспечение представляет собой набор узкоспециализированных и взаимодействующих между собой программ. Набор может расширяться, часть программ являются взаимозаменяемыми. В качестве средств межпроцессного взаимодействия используется разделяемая память и семафоры System V.

К настоящему моменту реализованы и апробированы следующие программы:

- диспетчер;
- цифровой астатический регулятор состояния;
- цифровой наблюдатель полного порядка;
- идентификатор;
- программа задания режима управления;
- цифровая модель объекта управления;
- программа связи с объектом.

В зависимости от требований технологического процесса, идентификатор реализован в трех вариантах: «пассивный идентификатор»; «идентификатор однократного действия»; «динамический идентификатор».

В том случае, когда параметры объекта известны, применяется «пассивный идентификатор». Данный процесс выполняет только расчет коэффициентов регулятора и наблюдателя, а также инициализацию указанных параметров в разделяемой памяти.

«Идентификатор однократного действия» осуществляет идентификацию объекта управления с использованием рекуррентного метода наименьших квадратов (РМНК) один раз в процессе пуска, коэффициенты регулятора и наблюдателя рассчитываются непосредственно перед работой замкнутой системы. В качестве параметра данный процесс получает время идентификации.

«Динамический идентификатор» работает в темпе с процессом. Идентификация в замкнутом контуре реализуется с помощью «скользящего окна» по РМНК. При изменении параметров объекта коэффициенты регулятора и наблюдателя автоматически пересчитываются и переопределяются в разделяемой памяти.

Описанный мультипроцессный комплекс предназначен для управления технологическими процессами, отличающимися многорежимностью работы и нестационарностью парамет-

ров. В частности, к таким объектам относятся печи средней мощности, применяемые при производстве сварочных электродов. Необходимость применения адаптивных законов управления связана с тем, что в условиях разной загруженности печи и различных диаграмм термообработки, зависящих от обрабатываемого материала, его начальной влажности, геометрических размеров и т.п., типовые ПИД-регуляторы требуют постоянной перенастройки.

Система автоматического управления (САУ), структурная схема которой представлена на рис.1, включает в себя персональный компьютер (ПК), сетевой концентратор, ПЛК308 фирмы «Овен», модуль аналогового ввода МВА8 фирмы «Овен», модуль дискретного ввода-вывода МДВВ фирмы «Овен», твердотельное реле фирмы Fotek, электрическую печь (объект управления) и датчик температуры.

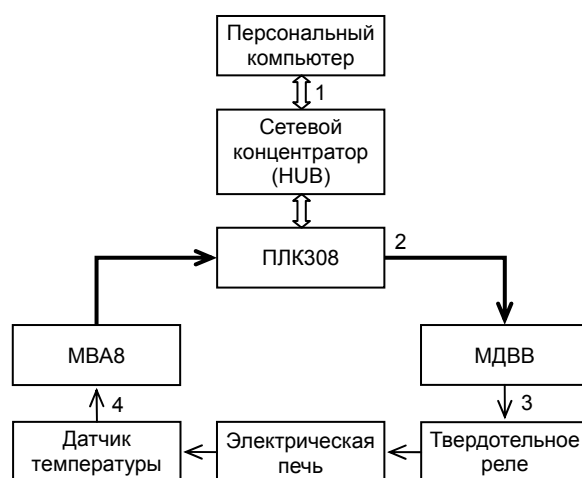


Рис. 1. Структурная схема САУ: 1 – линия Ethernet; 2 – линия RS-485; 3 – широтно-импульсный сигнал (ШИМ); 4 – сигнал обратной связи

Исполняемые файлы мультипроцессного комплекса записываются в память ПЛК с любого компьютера в сети. При запуске контроллер считывает по RS-485 с МВА8 сигнал с датчика температуры и выдает в соответствии с заложенным алгоритмом управляющее воздействие в виде процентного изменения мощности на модуль МДВВ, тот в свою очередь формирует на выходе ШИМ сигнал, а твердотельное реле коммутирует нагрузку (электрический нагреватель). Таким образом реализуется двухуровневая система управления. Контролируемые параметры могут быть переданы на панель оператора или на ПК.

Преимущество представленного комплекса заключается в значительном сокращении затрат на оборудование и управление (к МВА8 и МДВВ может быть подключено до восьми технологических объектов, но при необходимости за счет модулей расширения их количество может быть увеличено, а возможности ПЛК ограничены только числом интерфейсов RS-232/485), гибкости, простоте обслуживания и

универсальности. Благодаря принципу декомпозиции в ПЛК может быть записан сложный алгоритм работы. При этом нет необходимости переписывать весь код, достаточно заменить или добавить процесс с требуемой функциональностью.

Результаты работы системы с идентификаторами разных типов показаны на рис. 2, 3, 4.

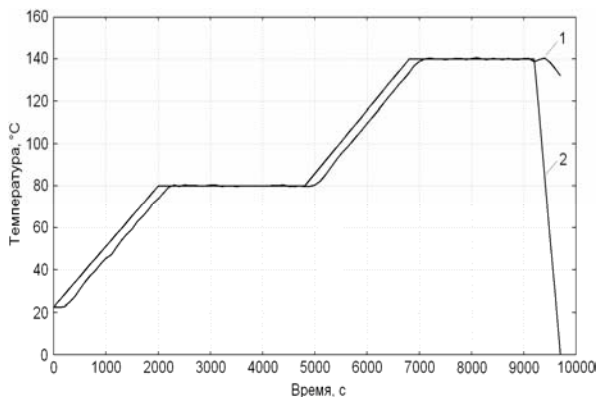


Рис. 2. Графики переходных процессов в реальном объекте с «пассивным идентификатором» (период квантования 100 с): 1 – текущая температура; 2 – заданная температура

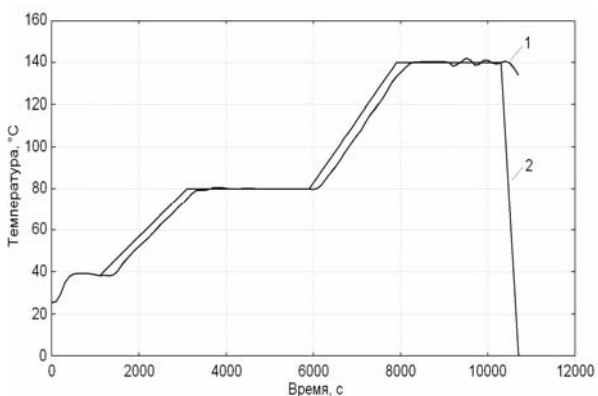


Рис. 3. Графики переходных процессов в реальном объекте с «идентификатором однократного действия» (период квантования 100 с): 1 – текущая температура; 2 – заданная температура

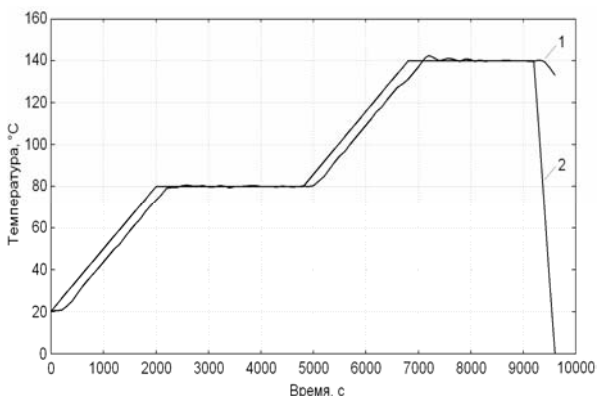


Рис. 4. Графики переходных процессов в реальном объекте с «динамическим идентификатором» (период квантования 100 с): 1 – текущая температура; 2 – заданная температура

Согласно графикам рис. 3, процесс идентификации длится первые 1200 с (постоянная времени объекта 2000 с). Колебания в конце технологического цикла вызваны возмущающим воздействием, связанным с изменением нагрузки.

На рис. 4 в момент времени 6500 с изменились параметры объекта, поэтому при выходе на уставку в 140 °С наблюдаются затухающие колебания – результат работы «динамического идентификатора».

## Заключение

Представленная практическая реализация адаптивного регулятора на базе ПЛК с ОС Linux позволит сократить затраты на управление и оборудование. Разработанный мультипроцессный комплекс предназначен для управления различными технологическими установками, отличающимися многорежимностью работы и нестационарностью параметров. Рассмотрены результаты практического применения адаптивного регулятора в системе управления электрическими печами, применяемыми при производстве сварочных электродов.

## Список литературы

1. Все для автоматизации. Встраиваемые компьютеры, АСУ ТП, коммуникации URL / [http://empc.ru/e-store/compact\\_pc\\_ark/](http://empc.ru/e-store/compact_pc_ark/)
2. Общая информация о программируемых логических контроллерах ОВЕН: URL / <http://www.owen.ru/ru/about/13568456>
3. Изерман Р. Цифровые системы управления: пер. с англ. – М.: Мир, 1984.
4. Олоничев В.В., Смирнов М.А., Староверов Б.А. Мультипроцессный комплекс цифрового управления технологическими установками. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011611749. – М.: РОСПАТЕНТ, 2011.

Староверов Борис Александрович,  
Костромской государственный технологический университет,  
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой автоматике и микропроцессорной техники,  
телефон 8-910-957-53-04,  
e-mail: sba44@mail.ru

Олоничев Василий Вадимович,  
Костромской государственный технологический университет,  
кандидат технических наук, доцент кафедры автоматике и микропроцессорной техники,  
телефон (4942) 31-75-60,  
e-mail: amt@kstu.edu.ru

Смирнов Максим Александрович,  
Костромской государственный технологический университет,  
аспирант,  
телефон (4942) 31-75-60,  
e-mail: maksmi@pochta.ru