

УДК 681.515
DOI 10.22213/2410-9304-2018-4-103-108

АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПЛК И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ

Е. К. Карпов, кандидат технических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган, Россия
Е. М. Кузнецова, Курганский государственный университет, Курган, Россия
Н. Б. Сбродов, кандидат технических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган, Россия

Целью данной работы является разработка программного обеспечения преобразователя управляющих воздействий. В статье приведено краткое описание алгоритма практической реализации преобразователя управляющих воздействий. Обоснована актуальность исполнения такого преобразователя на различных аппаратных платформах. В качестве аппаратной части управляющего устройства применяются программируемый логический контроллер и микроконтроллер. Анализ научной литературы и современных публикаций подтвердил актуальность задачи разработки принципиального алгоритма регулятора и определения особенностей и ограничений прикладной программы, реализующей алгоритм на ПЛК и микроконтроллере. В основной части статьи приводится разработанный алгоритм преобразователя для микроконтроллера, указаны ограничения данного алгоритма и способы повышения точности его работы. В программном коде учитывается влияние времени задержки не только самого преобразователя, но и времени выполнения команд микроконтроллером. Разработанная в универсальной среде программирования CoDeSys v2.3 программа, реализующая целевой алгоритм, с помощью target-файлов может быть адаптирована практически к любому типу промышленных контроллеров. Выполнена оценка характеристики разработанного варианта программы, реализующей преобразователь на ПЛК. Для отладки разработанной программной реализации преобразователя проводились исследования точности выполнения алгоритма при различных входных параметрах системы. Дальнейшее развитие предлагаемого авторами варианта регулятора заключается в написании программного кода для контроллера Simatic S7-313-2DP и проведении экспериментальной части исследования преобразователя управляющих воздействий с использованием аппаратных средств промышленного контроллера.

Ключевые слова: преобразователь управляющих воздействий, микроконтроллер, программируемый логический контроллер.

Введение

Преобразователи управляющих воздействий представляют собой информационный подход автоматического регулирования, основанный на перераспределении во времени задающих сигналов системы таким образом, что это приводит к минимизации перерегулирования при переходных процессах и сокращению их времени.

Сфера применения подобных преобразователей входных сигналов достаточно широка и охватывает различные технические области. Нестандартный подход их использования для максимизации колебаний шар-бабы (шарового рыхлителя) на кране экскаватора-драглайна приводится в статье [1]. В системах с числовым программным управлением и высокоскоростных координатно-измерительных машинах формирователи нашли применение при решении задачи минимизации ошибок контура [2]. Также получены решения для их эффективного применения в адаптивных фильтрах формирования временного запаздывания для гибкого управления манипуляторами [3]. Новая технология фильтрации сигналов на основе модели для динамического измерения массы через тензодатчики [4] позволяет компенсировать их

низкое время отклика. Применительно к сервоприводам получено решение [5], позволяющее подавлять вибрацию системы с помощью интеграции технологии формирования входа с интерполяцией.

Цели и задачи исследования

Цель работы заключается в разработке алгоритма реализации преобразователя управляющих воздействий на программируемом логическом контроллере (ПЛК) и микроконтроллере. Основными задачами, которые необходимо решить для достижения поставленной цели, являются:

- разработка принципиального алгоритма звена чистого запаздывания и собственно регулятора;

- определение особенностей и ограничений при написании программы, реализующей алгоритм на ПЛК и микроконтроллере.

Алгоритм работы преобразователя, разработанный для микроконтроллера

Разработка алгоритма, реализующего работу преобразователя управляющих воздействий на микроконтроллере, включает в себя решение нескольких задач. Первой из них является организация чтения задающих воздействий с аналогового порта с их последующим умножением на

коэффициенты регулятора и вывод полученного произведения на аналоговый выход. Второй задачей является организация хранения считанных аналоговых сигналов в оперативной памяти контроллера для их использования через заданный временной интервал, то есть реализация звена чистого запаздывания.

Практическая реализация процесса хранения значений управляющего воздействия, поступающего на микроконтроллер в течение некото-

рого заданного времени чистого запаздывания возможна только при ограничении количества этих записей. Звено чистого запаздывания не просто прерывает передачу входного сигнала на выход контроллера, а сохраняет его значения в оперативной памяти с некоторой задаваемой частотой дискретизации.

Алгоритм описанного процесса представлен на рис. 1, причем перезапись вектора входных сигналов осуществляется циклически.

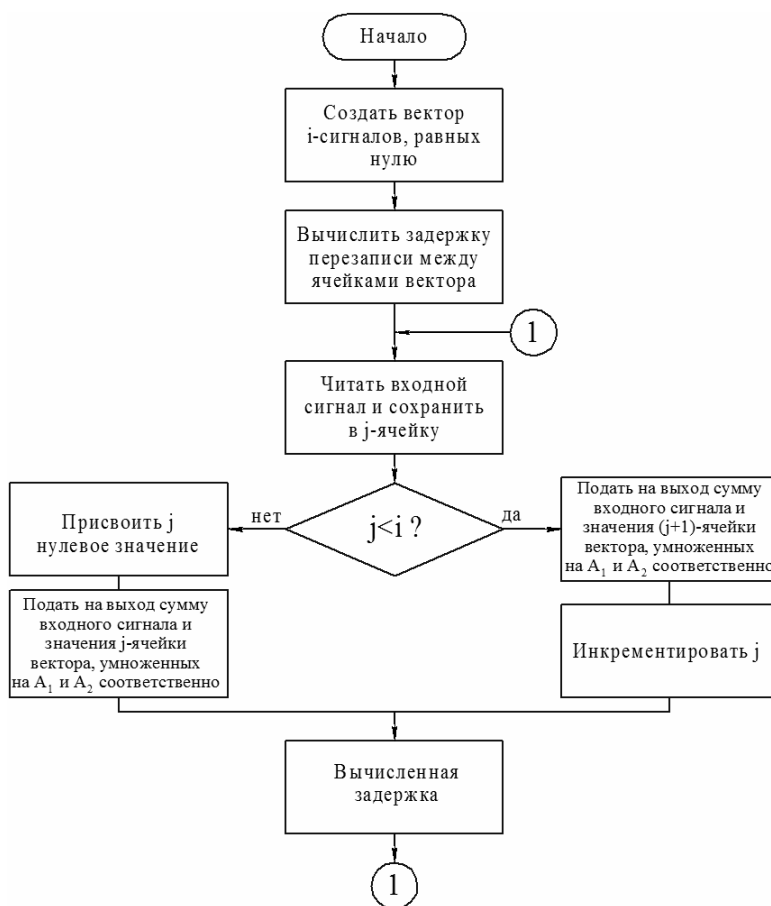


Рис. 1. Алгоритм реализации ПУВ на микроконтроллере

Отличие алгоритма преобразователя управляющих воздействий заключается в том, что на выход микроконтроллера подается не сохраненное входное значение, а вычисляемая сумма входного сигнала и сигнала – из вектора, умноженных на соответствующие для регулятора коэффициенты A_1 и A_2 .

В ходе выполнения экспериментов с полученным регулятором были определены особенности его работы и ограничения по применению. Так как в аналого-цифровом преобразователе использованного микроконтроллера Atmega328P десять разрядов, а в цифроаналоговом преобразователе – восемь, то при считывании входного сигнала микроконтроллером не-

обходимо производить его масштабирование. Объем оперативной памяти для хранения вектора данных ограничен и составляет 1515 хранимых значений длиной в один байт. Поскольку коэффициенты реализованного регулятора являются числами с плавающей точкой, а входные и выходные сигналы контроллера – целочисленными значениями, то при приведении типов в программе алгоритма необходимо производить проверку во избежание появления статической ошибки.

Время звена чистого запаздывания в представленном алгоритме складывается не только из вычисленных задержек, но и из времени выполнения команд самой программы – это время

составляет 2 % от всего времени чистого запаздывания.

Особенности реализации алгоритма на программируемом логическом контроллере

Одним из эффективных вариантов аппаратной реализации разработанного алгоритма преобразователя управляющих воздействий является использование промышленного программируемого контроллера. Это объясняется целым рядом преимуществ программируемых контроллеров по сравнению с другими микропроцессорными устройствами управления:

- малое время рабочего цикла в диапазоне 0,1–1 мкс, нелимитирующее, как правило, время реакции системы автоматического регулирования на внешнее событие;

- большая номенклатура модулей ввода-вывода и наличие развитых входов и выходов, обеспечивающее прямое подключение к контроллеру промышленных датчиков и исполнительных устройств объекта управления;

- возможность эксплуатации в неблагоприятных внешних условиях (широкий диапазон температур окружающей среды, вибрации, ударные нагрузки, запыленность и пр.);

- наличие специализированных объектно-ориентированных языков программирования.

Разработка прикладного программного обеспечения для контроллеров предполагает использование соответствующих инструментальных средств – систем программирования. Это могут быть как специализированные системы про-

граммирования, например программный пакет Simatic Step7 компании Siemens AG, программный комплекс CX-Programmer компании Omron, так и универсальные системы программирования, например среда программирования CoDeSys компании 3S Smart Software Solutions.

В данной работе используется среда программирования CoDeSys v2.3. Разработанная на ее основе программа, реализующая целевой алгоритм, изначально не привязывается к аппаратным ресурсам какой-то конкретной модели контроллера. С использованием так называемых target-файлов выполняется адаптация созданной прикладной программы к системным ресурсам выбранной модели контроллера. А поскольку библиотеки target-файлов среды программирования CoDeSys учитывают фирменные особенности контроллеров более 150 различных производителей, обеспечивается возможность максимально широкого выбора целевой платформы.

Разработка программы для контроллера выполнялась на стандартных языках программирования, определенных стандартом IEC 61131. Основным алгоритм реализован на языке функциональных блоков FBD (Functional Block Diagrams), а алгоритм звена чистого запаздывания – на языке структурированного текста ST (Structured Text).

Звено чистого запаздывания реализовано в виде пользовательского функционального блока DELAY (рис. 2). Блок-схема функционального блока «Запаздывание» приведена на рис. 3.

```

DELAY (FB-ST)
0001 FUNCTION_BLOCK DELAY (*Функциональный блок "Запаздывание")
0002 VAR_INPUT
0003   delayINPUT : INT;      (*Входная переменная функционального блока "Запаздывание")
0004   delayStart : BOOL;    (*Старт функционального блока "Запаздывание")
0005   delayTIME : TIME;    (*Время чистого запаздывания*)
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008   delayOUTPUT : INT;    (*Выходная переменная функционального блока "Запаздывание")
0009   delayQ : BOOL;      (*Дискретный выход функционального блока "Запаздывание")
0010 END_VAR
0011 VAR
0012   Tim:TP;              (*Стандартный функциональный блок TP "Таймер одиночного импульса")
0013   Q: BOOL;             (*Дискретный выход функционального блока TP*)
0014   T:TIME;             (*Значение времени функционального блока TP*)
0015 END_VAR
0001 TIM(IN := delayStart, PT:= delayTIME); (*Вызов функционального блока TP*)
0002 delayQ := TIM.Q;
0003 IF delayQ = 1
0004 THEN
0005 delayOUTPUT := 0;
0006 ELSIF delayQ = 0 AND delayStart = 1
0007 THEN
0008 delayOUTPUT := delayINPUT;
0009 delayStart := 0;
0010 END_IF
0011

```

Рис. 2. Реализация пользовательского функционального блока «Запаздывание»

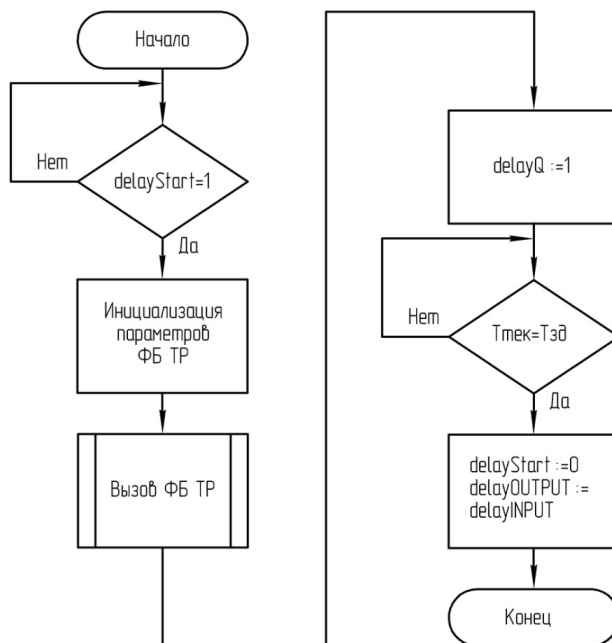


Рис. 3. Блок-схема функционального блока «Запаздывание»

Его основой является стандартный функциональный блок (ФБ) ТР – таймер одиночного импульса, входящий в состав библиотеки Standard.lib программного пакета CoDeSys. Тип входной $delayINPUT$ и выходной $delayOUTPUT$ переменных – Integer. Время чистого запаздывания задается переменной T в миллисекундах.

При каждом вызове функционального блока DELAY выполняется проверка булевой переменной $delayStart$, которой иницируются параметры стандартного функционального блока ТР. Встроенный оператор выбора IF проверяет состояние выхода $delayQ$ таймера, формирующего одиночный импульс длительностью $T_{зд}$. При равенстве текущего значения времени $T_{тек}$ таймера заданному значению $T_{зд}$ выходной переменной $delayOUTPUT$ присваивается значение, равное значению входной переменной $delayINPUT$.

Основная часть алгоритма реализована в проекте в виде программного компонента PLC_PRG «Преобразователь управляющих воздействий (ПУВ)» на языке функциональных блоков FBD. Блок-схема указанной программы приведена на рис. 4, фрагмент листинга программы – на рис. 5.

Помимо рассмотренного пользовательского функционального блока DELAY разработан функциональный блок ControlActive, который вычисляет значение выходного сигнала в соответствии с рассмотренным выше алгоритмом. В программе создается массив значений аналогового входного сигнала $analogIN$ и организует-

ся циклическая процедура вычисления значения и вывода аналогового выходного сигнала $analogOUT$ с частотой, задаваемой функциональным блоком DELAY.

Заключение

Эффективность предложенного решения заключается в получении простой реализации нового информационного подхода – преобразователей управляющих воздействий (Shaping-алгоритмов) на базе микроконтроллера.

Были исследованы величины отклонений значений фактического времени чистого запаздывания регулятора от значений, задаваемых в программе. Объем оперативной памяти микроконтроллера ограничен, а фактическая задержка между формированиями выходного сигнала состоит не только из времени, определенного в функции $delay()$, но и из времени, затрачиваемого на выполнение операций функции $loop()$. Следовательно, необходимо определить эти значения и оценить их влияние на качество работы алгоритма.

С использованием встроенного в систему CoDeSys эмулятора была выполнена отладка разработанного программного обеспечения, исследована его работа при различных значениях входных параметров.

Дальнейшим развитием данного решения будет экспорт созданного проекта в исполняемый код для контроллера Simatic S7-313-2DP и проведение экспериментальной части исследования ПУВ с использованием аппаратных средств промышленного контроллера.

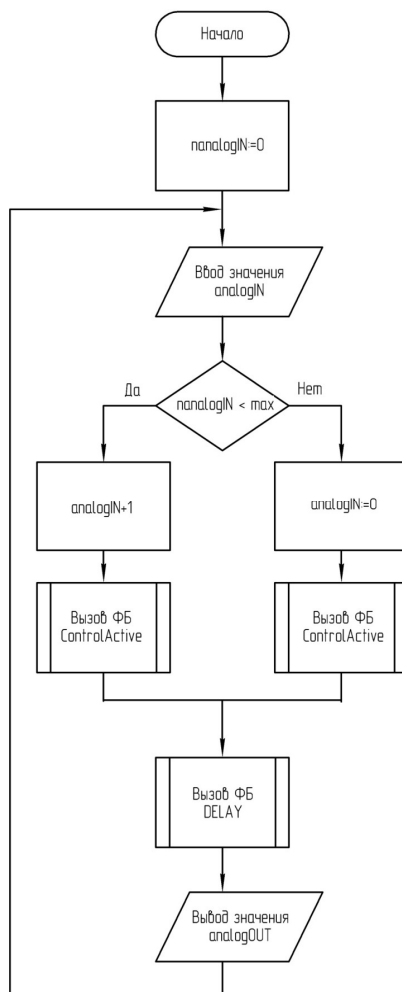


Рис. 4. Блок-схема программы «Преобразователь управляющих воздействий»

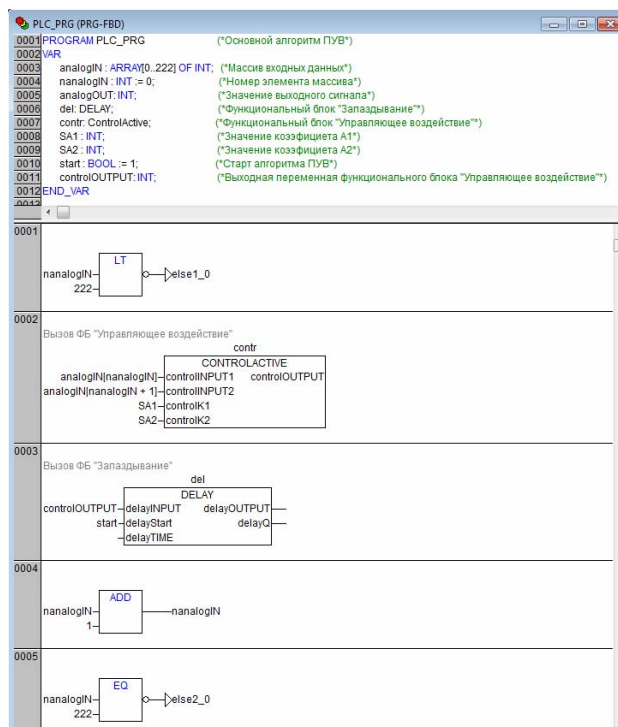


Рис. 5. Реализация основной части программы «Преобразователь управляющих воздействий»

Библиографические ссылки

1. Maleki E., Singhose W., Gurleyuk S.S. Increasing Crane Payload Swing by Shaping Human Operator Commands // Ieee Transactions on Human-Machine Systems. 2014. Vol. 44. No. 1. Pp. 106-114.
2. Pelaez G., Perez J.M., Vizan A., Bautista E. Input shaping reference commands for trajectory following Cartesian machines // Control Engineering Practice. 2005. Vol. 13. No. 8. Pp. 941-958.
3. Rhim S., Book W.J. Adaptive time-delay command shaping filter for flexible manipulator control // Ieee-Asme Transactions on Mechatronics. 2004. Vol. 9. No. 4. Pp. 619-626.
4. Richiedei D., Trevisani A. Shaper-Based Filters for the compensation of the load cell response in dynamic mass measurement // Mechanical Systems and Signal Processing. 2018. Vol. 98. Pp. 281-291.
5. Tsai M.S., Huang Y.C., Lin M.T., Wu S.K. Integration of input shaping technique with interpolation for vibration suppression of servo-feed drive system // Journal of the Chinese Institute of Engineers. 2017. Vol. 40. No. 4. Pp. 284-295.

References

1. Maleki E., Singhose W., Gurleyuk S.S. (2014) Increasing Crane Payload Swing by Shaping Human Operator Commands. In 2014 Ieee Transactions on Human-Machine Systems. (pp. 106-114).
2. Pelaez G., Perez J.M., Vizan A., Bautista E. (2005) Input shaping reference commands for trajectory following Cartesian machines. In 2005 Control Engineering Practice. (pp. 941-958).
3. Rhim S., Book W.J. (2004) Adaptive time-delay command shaping filter for flexible manipulator control. In 2004 Ieee-Asme Transactions on Mechatronics. (pp. 619-626).
4. Richiedei D., Trevisani A. (2018) Shaper-Based Filters for the compensation of the load cell response in dynamic mass measurement. In 2018 Mechanical Systems and Signal Processing. (pp. 281-291).
5. Tsai M.S., Huang Y.C., Lin M.T., Wu S.K. (2017) Integration of input shaping technique with interpolation for vibration suppression of servo-feed drive system. In 2017 Journal of the Chinese Institute of Engineers (pp. 284-295).

Algorithm of the Converter of Control Actions Implementation on the PLC and Microcontroller

E. K. Karpov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan, Russia
 E. M. Kuznetsova, Kurgan State University, Kurgan, Russia
 N. B. Sbrodov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan, Russia

The purpose of this work is to develop the software for the converter of control actions. The paper provides a brief description of the algorithm of practical implementation of the control actions converter. The relevance of the execution of such a converter on various hardware platforms is substantiated. A programmable logic controller and a microcontroller are used as the control device hardware. Analysis of the scientific literature and modern publications confirmed the relevance of the developing a fundamental controller algorithm task and determining the features and application program limitations implementing the algorithm on a PLC and a microcontroller. The main part of the paper presents the developed converter algorithm for the microcontroller, the algorithm limitations and ways to improve the accuracy of its operation. The program code takes into account the time delay influence not only of the converter, but also the microcontroller command execution time. Developed in the universal programming environment CoDeSys v2.3 the program implementing the target algorithm can be adapted to almost any type of industrial controllers using target files. The evaluation of the characteristics of the developed program version that the converter implements on the PLC is performed. To debug the developed converter software implementation, the algorithm accuracy was studied for various system input parameters. The further development of the proposed regulator version by the authors consists in writing the program code for the Simatic S7-313-2DP controller and conducting the experimental part of the converter of control actions study using the industrial controller hardware.

Keywords: converter of control actions, microcontroller, programmable logic controller.

Получено: 20.11.18