

УДК 62-503.57

А.В. Каляшина, Р.Б. Бердичевский

## ПРОГРАММНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕХАТРОННОГО КОМПЛЕКСА ФИРМЫ FESTO

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для имитации производственного процесса в лабораторных условиях фирма Festo предлагает множество станций. Рационально комбинируя отдельные станции, можно создать собственную производственную систему. В ходе работы над проектом был разработан лабораторный комплекс, состоящий из трех работ. В этом комплексе использованы две станции Festo – сортировки и распределения. Подробно описана работа станций, а также приведены результаты проведенной оптимизации. Рабочий цикл был сокращен до 54 с (начальный цикл 1 мин 22 с). Оптимизация проводилась двумя способами: механически, с использованием пульта и программно – за счет редактирования функциональных блоков станций. Содержатся рекомендации по расширению функционала мехатронного комплекса.

*Ключевые слова:* мехатронный модуль, язык программирования Step 7, программная оптимизация, сенсоры, интеллектуальные системы

Производственная линия на промышленном предприятии, как правило, состоит из отдельных гибких производственных модулей. Каждый модуль выполняет определённую функцию в общем процессе (распределение, проверка, обработка, перемещение материалов, сборка, складирование). Для имитации производственного процесса в лабораторных условиях фирма Festo предлагает множество станций. Рационально комбинируя отдельные станции, можно создать собственную производственную систему.

Двух станций достаточно для реализации простого, приближенного к производству процесса для изучения основ техники автоматизации: распределения (рис. 1) и сортировки (рис. 2). Эта простейшая из всех комбинаций выполняет много основных функций автоматизированного производства: разделение, подача, распознавание, сортировка.

Каждая дополнительная станция позволяет добавлять новые учебные темы. Но все станции преследуют единую цель: максимально близкая реализация современных процессов автоматизированного производства в рамках подготовки магистров и бакалавров. В ходе работы над проектом был разработан лабораторный комплекс, состоящий из трех работ. В данной статье описаны результаты работы и содержатся рекомендации по расширению функционала мехатронного комплекса.

Станция распределения (рис. 1) обеспечивает сепарацию заготовок.



### Рис. 1. Станция распределения

До восьми заготовок находятся в вертикальном накопителе магазинного модуля. Цилиндр двустороннего действия по отдельности выталкивает заготовки. Модуль перекладки захватывает отделённую заготовку вакуумной присоской. Модуль переноса перекладчика, приводимый в действие поворотным приводом, подаёт заготовку в место приёма на последующую станцию.

В качестве исполнительных устройств используются промышленные компоненты. Для поворотного привода модуля переноса можно настроить различный угол поворота в пределах  $90 - 270^\circ$ . Конечные положения определяются микропереключателями. Заготовки из магазинного модуля выталкивает линейный цилиндр двустороннего действия. Его конечные положения определяются бесконтактными датчиками.

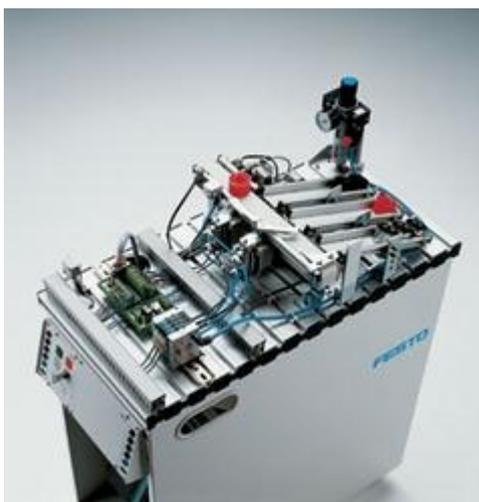


Рис. 2. Станция сортировки

Станция сортировки направляет заготовки по трём скатам. Поступающие заготовки обнаруживаются диффузионным оптическим датчиком в начале ленточного транспортёра. Датчики перед барьером распознают свойства заготовок (чёрный или нечёрный цвет, металл – неметалл). Оптический датчик с отражателем контролирует уровень заполнения скатов.

Предлагается расширить функциональные возможности станции за счет использования дополнительных сенсоров. Например, можно распознавать не два цвета, а, например, четыре. Для этого необходимо расширить программный код.

Станция сортировки очень хорошо подходит для проектных работ благодаря своей модульной конструкции.

В процессе исследования работы комплекса возникла необходимость провести оптимизацию рабочего цикла. Так как в действующем цикле есть операции простоя механизмов и холостые ходы. Была проведена временная оптимизация.

С этой целью было измерено время работы всех механизмов и построена циклограмма работы. В ходе отслеживания неэффективных режимов работы удалось снизить время цикла на 54 с, оптимизированная циклограмма (рис. 3). Оптимизация была проведена с помощью пульта SimuBox.

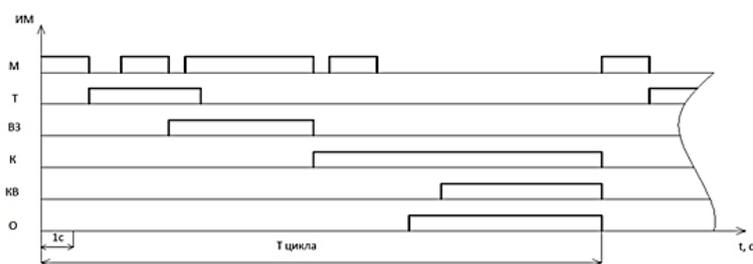
В ходе оптимизации были выполнены следующие действия:

1. Исключен холостой ход манипулятора.
2. Совмещены движения приводов.

Кроме механической оптимизации комплекса, существует возможность проводить программную оптимизацию с помощью SimaticManagerStep 7. Кроме того, при внесении некоторых изменений можно запрограммировать оптимальные законы движения отдельных механизмов.

Для программирования контроллера SIMATIC S7 300/400 используется язык STEP 7.

Память S7- CPU контроллера можно разделить на три области: загрузочная память, рабочая память и системная память.



М – манипулятор  
Т – толкатель  
ВЗ – вакуумный захват  
К – конвейер  
КВ – контактный выключатель  
О – отсекатель

**Рис. 3. Циклограмма работы мехатронного комплекса**

Загрузочная память предназначена для загрузки программы пользователя. Если она интегрирована в CPU (RAM), то может быть расширена за счет использования внешних модулей памяти (RAM, EPROM). В компактной серии CPU 31×C (и других CPU из серии S7-300) в качестве загрузочной памяти используются микрокарты памяти (MMC). В этом случае работа CPU без установки MMC невозможна.

Рабочая память (всегда RAM) встроена в CPU (RAM), но она может быть расширена. Она служит для размещения используемого кода программы и данных. В CPU S7-400 рабочая память имеет две части: одна для размещения программы, другая – только для блоков данных (операции с данными быстрее). Доступ к рабочей памяти имеет только операционная система CPU.

Для оптимизации режимов работы был использован язык релейной логики LadderDiagram (LAD).

Пример логического выражения на LAD представлен на рис. 4.

LAD предназначен для программирования промышленных контроллеров (ПЛК). Синтаксис языка удобен для замены логических схем, выполненных на релейной технике. Ориентирован на инженеров по автоматизации, работающих на промышленных предприятиях. Обеспечивает наглядный интерфейс логики работы контроллера, облегчающий не только задачи собственно программирования и ввода в эксплуатацию, но и быстрый поиск неполадок в подключаемом к контроллеру оборудовании.

Программа на языке релейной логики имеет наглядный и интуитивно понятный инженерам-электрикам графический интерфейс, представляющий логические операции как электрическую цепь с замкнутыми и разомкнутыми контактами. Протекание или отсутствие тока в этой цепи соответствует результату логической операции (истина – если ток течет; ложь – если ток не течет).

Основными элементами языка являются контакты, которые можно образно уподобить паре контактов реле или кнопки. Пара контактов отождествляется с логической переменной, а состояние этой пары – со значением переменной.

Конкретные версии языка реализуются обычно в рамках программных продуктов, для работы с определенными типами ПЛК. Часто такие реализации содержат команды, расширяющие множество стандартных команд языка, что вызвано желанием производителя полнее учесть желания заказчика, но в итоге приводят к несовместимости программ, созданных для контроллеров различных типов.

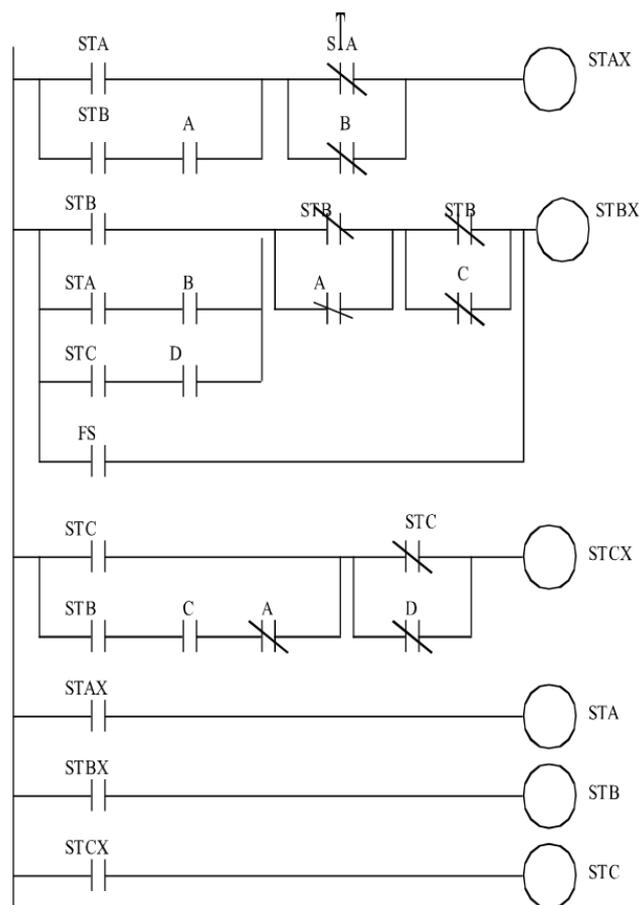


Рис. 4. Пример логического выражения на LAD

Также в процессе оптимизации был использован язык FBD (FunctionBlockDiagram) – графический язык программирования стандарта МЭК 61131-3. Предназначен для программирования программируемых логических контроллеров. Программа образуется из списка цепей, выполняемых последовательно сверху вниз. Цепи могут иметь метки. Инструкция перехода на метку позволяет изменять последовательность выполнения цепей для программирования условий и циклов.

Каждый блок программы можно редактировать, изменять входные значения либо же удалять полностью. Можно добавлять новые блоки. Работая в блоке FB70, необходимо убрать неэффективные режимы работы станции распределения путем удаления соответствующих элементов из текста программы.

Для загрузки оптимизированной программы в память ПЛК необходимо выделить редактируемый блок FB70 и из верхнего меню на панели управления выбрать пункт PLC-Download.

Затем необходимо проверить работоспособность мехатронного модуля. Если в программном коде не содержится ошибок, то световая индикация на панели ПЛК будет мигать зеленым цветом и можно запустить в тестовом режиме станцию, но уже с оптимизированной программой.

Для работы со станцией сортировки необходимо переключить USB-адаптер из контроллера станции распределения в контроллер станции сортировки. Затем загрузить программу в компьютер.

Для сокращения времени задержки работы программы необходимо в программе редактировать блок FB10. В программе выбираем элемент S11 (тестирование наклонного лотка на переполнение деталями). В исходной программе время задержки равно 3 с, необходимо изменить это значение на 500 миллисекунд. Вторая задержка в исходной программе нахо-

дится в элементе S12 (идентификация заготовки) и равна двум секундам. Ее значение нужно уменьшить до 200 миллисекунд. После изменения времени задержек необходимо загрузить отредактированную программу обратно в память ПЛК (загрузка осуществляется аналогично, как и для станции распределения).

После редактирования обеих станций и загрузки оптимизированного программного кода можно запустить мехатронный комплекс и наблюдать его работу в оптимизированном режиме. Для этого нужно последовательно нажать Reset и Start на обеих станциях. Мехатронный модуль начнет работу по оптимизированным программам. Можно наглядно увидеть насколько сократился цикл работы мехатронного модуля.

Для дальнейшего расширения функционала мехатронного комплекса предлагаются следующие возможности:

- добавление к комплексу новых станций;
- установка дополнительных датчиков для распознавания нескольких цветов заготовок;
- разработка голосового управления запуском комплекса;
- программирование элементарных движений механизмов комплекса.

#### Библиографический список

1. Пупков, К.А. Седьмой форум по мехатронике // Мехатроника. 2001. №3. С.46-47.
2. Подураев, Ю.В. Принципы построения и современные тенденции развития мехатронных систем / Ю.В. Подураев, В.С. Кулешов // Мехатроника. 2000. №1. С. 5–10.
3. Шалобаев, Е.В. Микросистемная техника и мехатроника: особенности соотношения микро- и макроуровней // Микросистемная техника. 2000. №4. С. 5–9.
4. Алейников, А. Ф. Датчики (перспективные направления развития): учеб. пособие / А.Ф. Алейников, В. А. Гридчин, М. П. Цапенко; под ред. М. П. Цапенко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. – 176 с.
5. Лысов, Н.Ю. Разработка и исследование быстродействующих интеллектуальных приводов мехатронных систем // Мехатроника. 2001. №2. С. 35–43.
6. Официальный сайт фирмы Festo [www.festo.com](http://www.festo.com)
7. Официальный сайт журнала мехатроника. - Режим доступа: [www.mechatronica-journal.ru](http://www.mechatronica-journal.ru)

*Дата поступления  
в редакцию 11.12.2014*

**A.V. Kalyashina, R.B. Berdichevskiy**

#### **PROGRAMMED OPTIMIZATION OF WORKING OPERATIONS EXEMPLIFIED BY MECHATRONIC COMPLEX BY “FESTO”**

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alexeev

“Festo” company offers a variety of stations to imitate a working process in laboratory conditions. Own in-house production system can be set up by a reasonable combination of separate stations.

A laboratory complex was set up in the course of the work on the project, consisting of three works. Two Festo stations are used in this complex – sorting and distributing ones.

This article deals in detail with work of the stations as well as with the results of the optimization introduced. The working cycle is reduced to 54 seconds (initial cycle of 1 minute 22 seconds). The optimization was effected in two ways: mechanically, using a benchboard, and programmatically by means of functional station blocks correction.

This article contains recommendations as of expanding of mechatronic complex functional.

*Key words:* mechatronic unit, Step 7 programming language, program optimization, sensors, intelligent systems.