

Разработка программы управления моделью конвейера для сортировки заготовок по линейному размеру

И.М. Бучинский, В.Г. Шахтинейдер, О.П. Русаков, Г.В. Саблина
ФБГОУ ВО НГТУ, Новосибирск, Россия

Аннотация: В данной статье обсуждаются вопросы разработки алгоритма и программы управления моделью конвейера для сортировки заготовок по линейному размеру, который реализован на стенде *Modicon ET708* производства фирмы *Schneider Electric*. Приводится описание основных функциональных элементов и возможностей стенда, разрабатывается алгоритм и управляющая программа на языке *Function Block Diagram (FBD)* системы программирования *Unity Pro XL*.

Ключевые слова: алгоритм управления, сортировка заготовок, контроллер, система программирования

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одна из главных функций в задачах управления различными технологическими процессами отведена программируемым логическим контроллерам (ПЛК). Идея создания ПЛК родилась практически сразу с появлением микропроцессора. На его основе был создан ПЛК – устройство, которое автоматизируют работу отдельных аппаратов, например, станков с программным управлением. Изначально ПЛК предназначались для управления последовательными логическими процессами, а сейчас, помимо простых логических операций, ПЛК могут выполнять цифровую обработку сигналов, управлять приводами, осуществлять регулирование, функции операторского управления и т.д. Заметим, что первые ПЛК были применены для автоматизации конвейера сборочного производства автомобильной промышленности в 1969 году небольшой на тот момент немецкой фирмой *Modicon*.

В данной статье описывается разработка программы управления сортировкой заготовок по линейному размеру для учебного стенда *Modicon ET708*. Для этих целей используется ПЛК *Modicon M340* фирмы *Schneider Electric* в совокупности с дискретными модулями входа/выхода. Стенд *ET708* можно использовать для обучения студентов и специалистов, повышающих свою

квалификацию, программированию ПЛК на языках, соответствующих стандарту МЭК 61131-3.

1. ОПИСАНИЕ СТЕНДА MODICON ET708

Стенд *ET708* имитирует один из видов сортировочных конвейеров, на каком-либо предприятии. Он включает в себя два конвейера, датчики для определения линейного размера, датчики для определения положения деталей на конвейере, отсеки для сортировки деталей, манипуляторы, а также кнопки и тумблер. Конвейер способен работать в трёх различных режимах: автоматический, полуавтоматический и ручной.

Фронтальная панель стенда *Modicon ET708* с основными функциональными элементами представлена на *Рис. 1*.

1.1 Принцип работы стенда

В ходе прохождения деталей по первому конвейеру определяется их размер. Он может быть короткий, средний, длинный. Датчики В1, В2 и В3 позволяют определить размер деталей, которые расположены в самом начале ленты. После определения длины, детали идут по конвейеру до переключателей допустимого размера В7 и В8. В зависимости от выбранного режима (по кнопкам S1 и S2 или без участия этих кнопок) детали сортируются по линейному размеру: короткие поступают в накопитель номер 1, средние в накопитель номер 2. Для длинных деталей накопителя нет, они идут дальше по конвейеру, проходят через датчик В6, который уведомляет о прохождении изделия по первому конвейеру, затем попадают на второй конвейер для дальнейшей обработки.

Сортировать по накопителям помогают два манипулятора. Датчики В4 и В5 уведомляют о попадании средней или короткой детали в накопитель. Изделия разрешено запускать на конвейер по одному, только после сортировки предыдущего изделия, то есть, когда один из датчиков В4, В5 или В6 принял сигнал о прохождении изделия через него.

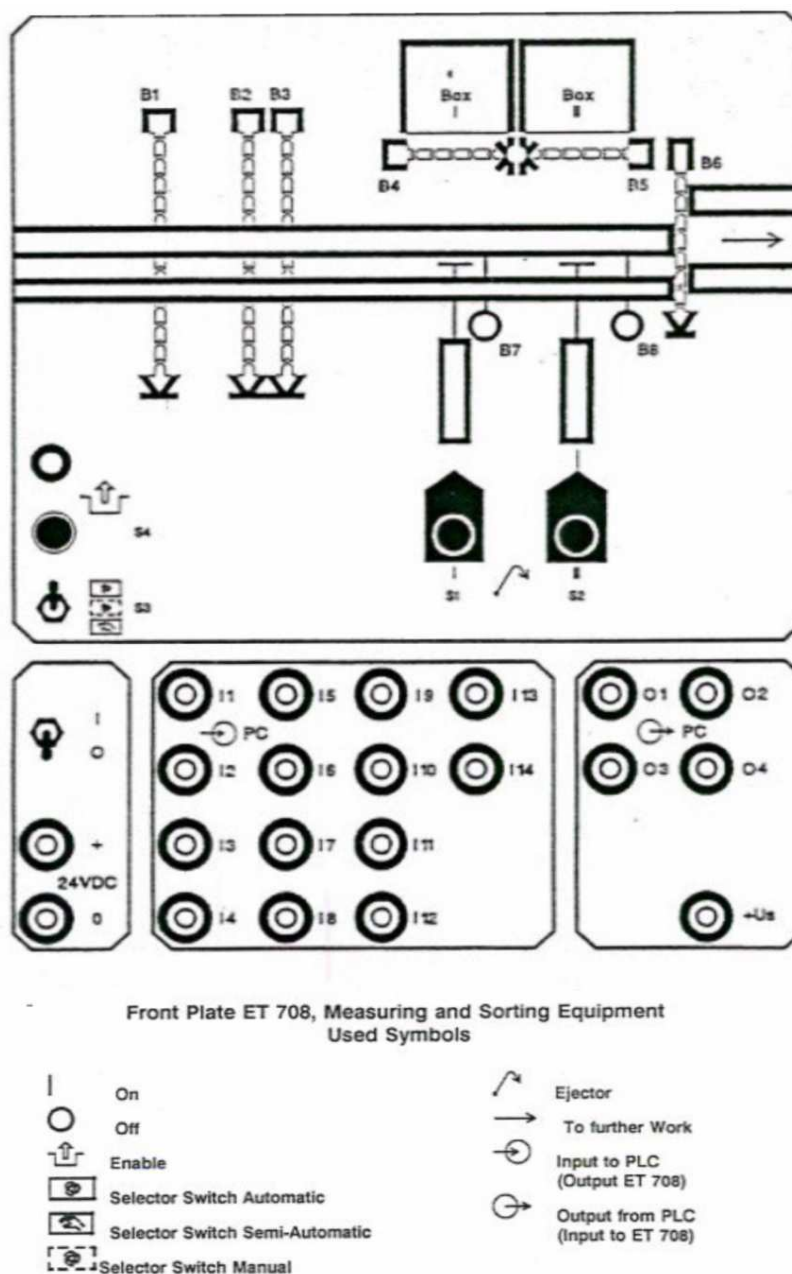


Рис. 1. Фронтальная панель станда Modicon ET708

1.2 Индикация панели и элементы управления

Зелёная светодиодная бегающая полоса сигнализирует о том, что станд находится во включённом состоянии. Конвейер имеет 34 шага.

Когда изделие попадает на конвейер, оно может быть коротким, средним и длинным. Изделие обозначается жёлтыми светодиодами.

а) Короткое изделие имеет 3 шага на конвейерной ленте.

б) Среднее изделие имеет 5 шагов на конвейерной ленте.

в) Длинное изделие имеет 7 шагов на конвейерной ленте.

При попадании длинного изделия на второй конвейер, конвейер загорается жёлтым цветом.

При попадании среднего или короткого

изделия в первый или второй накопитель (Box1 или Box2), накопители загораются жёлтым цветом.

Датчики B1-B8 горят красным цветом, сигнализируя о прохождении изделия через них, после прохождения изделия они гаснут.

Сигналом о начале работы манипуляторов S1 и S2 являются зелёные полосы.

Кроме того на панели находятся два переключателя (вкл/выкл), отвечающие за выбор режима управления (автоматический, полуавтоматический, ручной).

Также имеются три кнопки (подача заготовок, манипулятор номер № 1, манипулятор № 2).

1.3 Назначение разъёмов станда

Левая нижняя секция станда Modicon ET708

В левой нижней секции станда Modicon

находится один тумблер и два четырёхмиллиметровых разъёма, отвечающие за питание стенда.

Тумблер «I/O» предназначен для переключения питания «ВКЛ/ВЫКЛ».

Разъем «0VDC» – земля.

Разъем «24VDC» – +24 вольта.

Правая нижняя секция стенда Modicon ET708

Правая нижняя секция стенда *Modicon ET708* является секцией выходных дискретных сигналов с программируемого логического контроллера (входные дискретные сигналы в *ET708*). Описание сигналов приведено в *Таблице 1*.

Таблица 1

Разъем	Устройство	Обозначение	Переменная	Сигнал
O1	Манипулятор1	S1	Сброс изделия с конвейера	Дискретный
O2	Манипулятор2	S2	Сброс изделия с конвейера	Дискретный
O3	Конвейер	S4	Посылка изделия на конвейер	Дискретный
O4	Сигнальный диод	Диод	Нажатая кнопка S4	Дискретный

Разъем «+US» - опорный потенциал для «O1» - «O4» +12В.

Средняя нижняя секция стенда Modicon ET708

Средняя нижняя секция стенда *Modicon ET708* является секцией входных дискретных сигналов в программируемый логический контроллер (выходные дискретные сигналы с *ET708*). Описание сигналов приведено в *Таблице 2*

Таблица 2

Разъем	Устройство	Обозначение	Переменная	Сигнал
I1	Тумблер	S3	Режим работы «Автомат»	Дискретный
I2	Тумблер	S3	Режим работы «Полуавтомат»	Дискретный
I3	Тумблер	S3	Режим работы «Ручной»	Дискретный
I4	Датчик	B7	Положение изделия	Дискретный
I5	Датчик	B8	Положение изделия	Дискретный
I6	Кнопка	S1	Манипулятор 1	Дискретный
I7	Кнопка	S2	Манипулятор 2	Дискретный
I8	Датчик	B1	Положение изделия	Дискретный
I9	Датчик	B2	Положение изделия	Дискретный
I10	Датчик	B3	Положение изделия	Дискретный

I11	Датчик	B4	Положение изделия	Дискретный
I12	Датчик	B5	Положение изделия	Дискретный
I13	Датчик	B6	Положение изделия	Дискретный
I14	Кнопка	S4	Отправка изделия на конвейер	Дискретный

2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОРТИРОВОЧНЫМ КОНВЕЙЕРОМ, АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Общие положения

В качестве устройства управления стендом *Modicon ET708* используется ПЛК *Modicon M340* фирмы *Schneider Electric*. Это компактный, надёжный и мощный логический контроллер. Данный контроллер широко используется для управления процессами в таких отраслях, как обработка материалов, печать, упаковочное производство, текстиль и пищевая промышленность, деревообработка и т. д.

2.2 Монтажное шасси

Механическая основа представляет собой монтажное шасси. На него устанавливается процессорный модуль, блок питания и все необходимые модули входов/выходов. В данном контроллере используется монтажное шасси *BMX XBP 0600* на 4 слота для установки модулей. На каждом шасси имеется один дополнительный слот для установки модуля питания [1, 2].

Внешний вид монтажного шасси показан на *Рис. 2*.

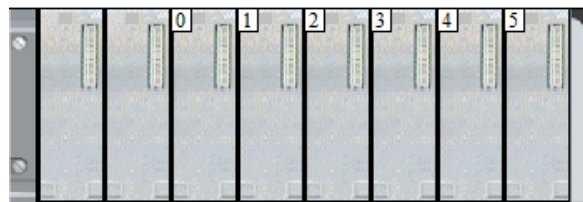


Рис. 2. Внешний вид монтажного шасси *BMX MBP 0600*

2.3 Процессорный модуль

Процессорный модуль *BMX P34 2020* использует встроенный интерфейс *Ethernet TCP/IP*. Имеется *Flash*-карта для резервного копирования, разъем *RJ45* для подключения кабеля *Ethernet TCP/IP 10BASE-T/100BASE-TX*, а также *USB mini-B* для подключения программного терминала. Производительность *BMX P34 2020*–8100 булевых инструкций за миллисекунду [1, 2]. Внешний вид процессорного модуля показан на *Рис.3*.



Рис. 3. Внешний вид процессорного модуля *BMX P34 2020*

2.4 Индикация процессорного модуля

На процессорном модуле расположены светодиодные индикаторы, по которым можно определить состояние ПЛК (см. Табл. 3).

2.5 Модуль питания

Модуль питания *BMX CPS 2000* питает монтажное шасси *BMX XBP 0600* и все установленные на нем модули. Имеется кнопка *RESET*, 2-контактный разъем для подключения реле сигнала, 5 – контактный разъем для подключения кабеля питания, кабель выделенного питания 24 В защитного заземления. Работает в диапазоне 100–240 В переменного тока при максимальной мощности 20 Вт.

Таблица 3

Наименование	Цвет	Состояние	Описание
RUN	Зелёный	Горит	ПЛК работает нормально (производится сканирование программы)
		Мигает	ПЛК в режиме STOP или возникла программная ошибка
		Не горит	ПЛК не сконфигурирован
ERR	Красный	Горит	Неисправность процессорного модуля или системы
		Мигает	ПЛК не сконфигурирован, ПЛК заблокирован в связи с программной ошибкой
		Не горит	Нормальное состояние
I/O	Красный	Горит	Неисправность модулей ввода/вывода, ошибка конфигурации
		Не горит	Нормальное состояние
SER COM	Желтый	Мигает	Идут обмены по последовательному каналу связи
		Выключен	Нет обмена по последовательному каналу связи

CARD ERR	Красный	Горит	Карта памяти отсутствует или не исправна
		Не горит	Карта памяти опознана
ETH ACT	Зеленый	Горит	Есть связь по сети Ethernet, но обмена данными нет
		Мигает	Есть связь по сети Ethernet и дет обмен данными
		Не горит	Нет связи по сети Ethernet
ETH STS	Зеленый	Горит	Коммуникации в норме
		Мигает	Неполадки с коммуникацией
ETH 100	Красный	Горит	Скорость обмена 100 Мбит/с по сети Ethernet
		Не горит	Скорость обмена 10 Мбит/с по сети Ethernet или связи нет

На Рис. 4 показан внешний вид модуля питания.



Рис. 4. Внешний вид модуля питания *BMX CPS 2000*

2.6 Индикация модуля питания

На модуле питания имеется светодиодная индикация, которая выводит информацию о напряжении монтажного шасси и датчика. Индикация модуля питания представлена в Таблице 4.

Таблица 4

Наименование	Цвет	Состояние	Значение
OK	Зелёный	Горит	Наличие требуемого напряжения на монтажном шасси
24 В	Зелёный	Горит	Наличие напряжения датчика

2.7 Модуль ввода

Модуль дискретных входов *BMX DDI 1602* является модулем, который занимает один слот на шасси и имеет разъёмы под винтовую двадцати контактную съёмную клеммную колодку. *BMX DDI 1602* - это модуль дискретных входов с питанием 24 В постоянного тока. Модуль имеет позитивную логику. 16 выходных каналов

принимают ток от датчиков. Принимая сигналы от датчиков, входы дополнительно выполняют следующие функции: защита от помех, гальваническая развязка, фильтрация, адаптация, сбор данных. Имеется плавкий предохранитель на 0,5 А [3]. Внешний вид модуля дискретных входов показан на *Рис. 5*



Рис. 5. Внешний вид модуля дискретных входов *BMX DDI 1602*

2.8 Модуль вывода

Модуль *BMX DRA 0805* является стандартным модулем, который занимает один слот на шасси и оснащён разъёмом под винтовую двадцати контактную съёмную клеммную колодку. Модуль *BMX DRA 0805* – модуль дискретных релейных выходов 24-240 В переменного тока или 24 В постоянного тока. Восемь релейных выходов способны работать на переменном или постоянном токе. Выходы *BMX DRA 0805* хранят команды, которые выдаёт процессорный модуль для управления исполнительным механизмом. Имеется один плавкий предохранитель на 3 А на каждом реле [3]. На *Рис. 6* представлен внешний вид модуля релейных выходов.



Рис. 6. Внешний вид модуля релейных выходов *BMX DRA 0805*

2.9. Индикация дискретных модулей ввода/вывода

На модулях ввода/вывода имеется светодиодная индикация, которая выводит всю информацию необходимую для контроля, обслуживания и диагностики модуля [3]. Индикация модулей ввода/вывода приведена в *Таблице 5*.

2.10. Прочие модули

На шасси имеются два аналоговых модуля входа/выхода *BMX AMI 0410* и *BMX AMO 0201*. Каждый занимает по одному слоту в монтажном шасси *BMX XBP 0600*. Они подключены и

находятся в рабочем состоянии, но в управлении данным стендом не используются.

Таблица 5

Наименование	Цвет	Состояние	Описание
16 светодиодных индикаторов (каждому соответствует один канал)	Зеленый	Горит	Состояние канала1 (подключен)
		Мигает	Неисправность (перегрузка, К.З.)
		Не горит	Состояние канала0 (не подключен)
RUN	Зеленый	Горит	Нормальная работа
ERR	Красный	Горит	Внутренняя неисправность модуля
		Мигает	Ошибка связи между модулем и процессорным модулем
I/O	Красный	Горит	Внешняя неисправность модуля
		Мигает	Неисправность клеммной колодки

3. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОРТИРОВОЧНЫМ КОНВЕЙЕРОМ, ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Среда программирования

Unity Pro - это программная среда конфигурирования, программирования, отладки и диагностики исполнительной системы промышленных контроллеров *Modicon* от *Schneider Electric*. Исполнительная система *Unity* – это программное обеспечение, которое выполняется в контроллере. Она базируется на операционной системе *Unity*, которая уже «вшита» в загрузчике ПЛК, и принимает участие во всех операциях контроллера. В случае, когда ПЛК не запрограммирован или находится в режиме *STOP*, *Unity* все равно функционирует. *Unity* обеспечивает постоянную диагностику и диалог посредством коммуникационных портов ввода/вывода. В режиме *RUN* исполнительная система также выполняет программу пользователя, которая является частью исполнительного проекта, созданного в среде *Unity Pro*. Задача *Unity Pro* – разработка исполнительного проекта, который выполняется в контроллере.

Unity Pro не принимает участие в управлении, по этой причине подключение к системе происходит только при необходимости использования одной из её функций:

1. Конфигурирование аппаратной части исполнительного проекта ПЛК;
2. Конфигурирование аппаратной части

распределённой периферии, являющейся функциональной частью ПЛК (не для всех устройств);

3. Создание исполнительных программ пользователя;

4. Загрузка/выгрузка проекта данных;

5. Управление операционным режимом ПЛК: старт, стоп, инициализация;

6. Отладка программы в ПЛК: просмотр и изменение переменных, изменение части программы в режиме *on-line*;

7. Диагностика работы ПЛК;

8. Имитация работы ПЛК для возможности отладки исполнительного проекта без имеющегося аппаратного обеспечения.

Для разработки программы имеется набор языков программирования: *IL*, *LD*, *ST*, *FBD*, *SFC*. Все языки соответствуют стандарту МЭК 61131-3. Из этого списка для программирования в среде

Unity был выбран *Functional Block Diagram (FBD)*. Это графический язык программирования, в котором диаграммы *FBD* напоминают принципиальную схему электронного устройства на микросхемах. Выходы блоков могут быть соединены с входами других блоков либо непосредственно с выходами ПЛК.

Схемы *FBD* отражают взаимосвязь входов и выходов диаграммы. Если алгоритм хорошо описан с позиции сигналов, то его *FBD* – представление всегда получается наглядней, чем в текстовых языках программирования, например, чем в *Structural Text (ST)*. Именно за эти достоинства был выбран данный язык программирования [4, 5].

3.2 Разработка блок – схемы программы управления

Блок схема программы управления стендом представлена на *Рис. 7*.

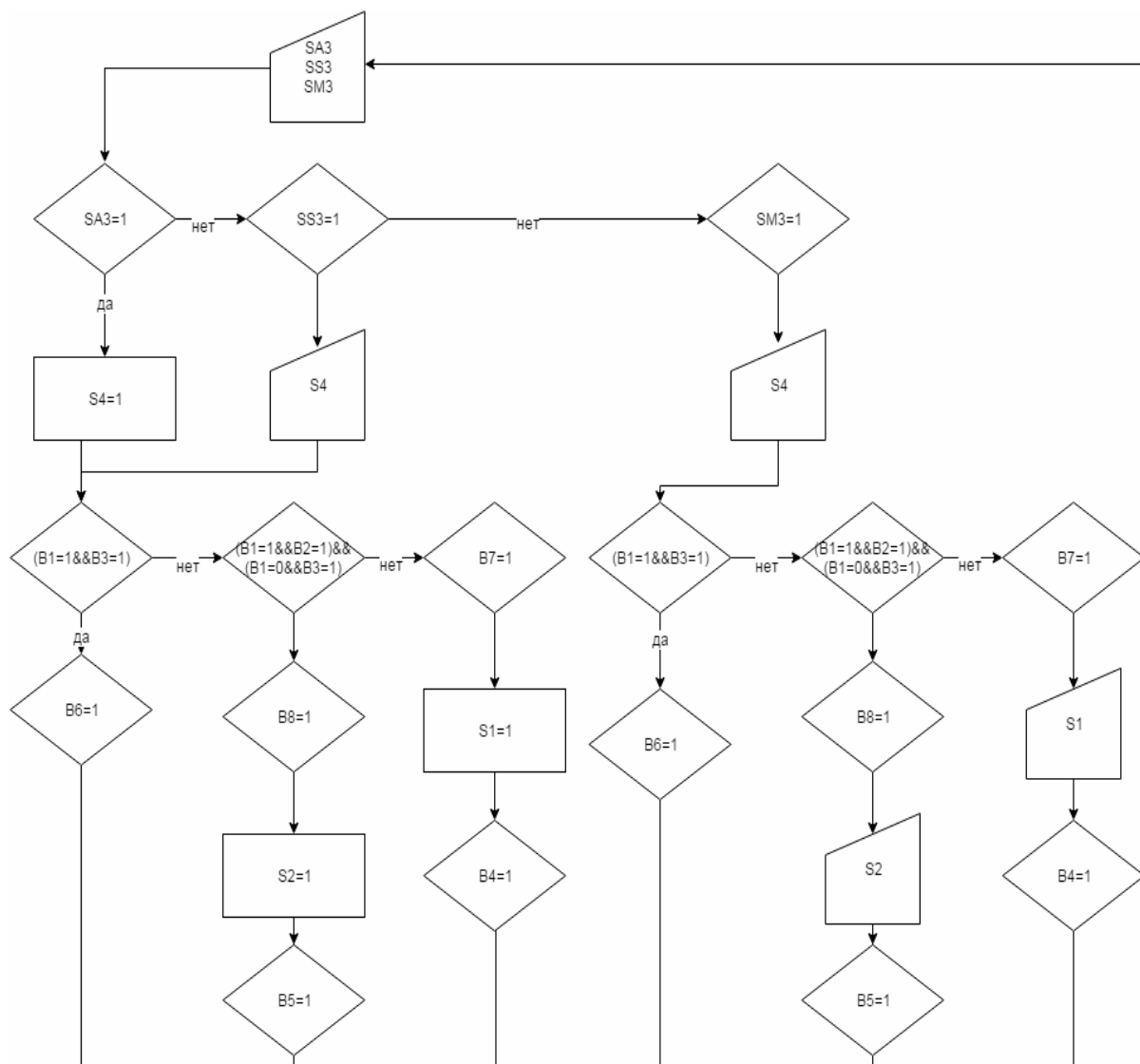


Рис. 7. Блок схема программы управления стендом *Modicon ET708*

Обозначения, используемые в блок – схеме:
 SA3 – тумблер S3 в автоматическом режиме;

SS3 – тумблер S3 в полуавтоматическом режиме;
 SM3 – тумблер S3 в ручном режиме; S4 – кнопка

подачи изделия на конвейер; *B1* – датчик, определяющий линейный размер изделия; *B2* – датчик, определяющий линейный размер изделия; *B3* – датчик, определяющий линейный размер изделия; *B4* – датчик, сигнализирующий о попадании изделия в накопитель 1; *B5* – датчик, сигнализирующий о попадании изделия в накопитель 2; *B6* – датчик сигнализирующий о попадании изделия на второй конвейер для дальнейшей обработки; *B7* – датчик положения изделия на конвейере; *B8* – датчик положения изделия на конвейере; *S1* – кнопка манипулятора 1; *S2* – кнопка манипулятора 2.

Систему управления станда можно разделить на три части:

1. Выбор режима работы станда:

- Автоматический режим;
- Полуавтоматический режим;
- Ручной режим.

2. Определение линейного размера деталей:

- Короткая деталь (датчик *B1* в состоянии «0» в момент достижения изделия датчика *B2*, при достижении детали датчика *B3*, *B1* все также в состоянии «0»);

- Средняя деталь (датчик *B1* в состоянии «1» в момент достижения изделия датчика *B2*, но при достижении детали датчика *B3*, *B1* в состоянии «0»);

- Длинная деталь (датчик *B1* в состоянии «1» в момент достижения изделия датчика *B2*, а так же и в момент достижения детали датчика *B3*).

3. Сортировка по линейному размеру деталей:

- Накопитель 1 (короткое изделие);
- Накопитель 2 (среднее изделие);
- Конвейер для дополнительной обработки (длинное изделие).

3.3 Адресация переменных

В Таблице 6 представлены данные о переменных, используемых в программе. Каждой переменной соответствует сигнал со станда *ET708*. Это может быть входной дискретный сигнал в *ET708* или выходной дискретный сигнал из *ET708*. Также имеются программные переменные, значения которых пользователь сам задаёт в программе. Все переменные кроме программных являются локализованными. Чтобы переменная была локализована, необходимо привязать её к конкретной ячейке памяти.

Каждая ячейка памяти имеет свой адрес. Адреса имеют вид %XY.Z.A, где %X-область памяти, которая связана с:

- дискретными (%I) входами, которые хранят значения в ячейках памяти, обновляются автоматически в зависимости от состояния входных каналов ПЛК, доступны только для чтения;
- дискретными (%Q) выходами, которые передаются выходным каналам ПЛК.

При этом используются обозначения:

- Y - номер шасси;
- Z - позиция модуля на шасси;
- A - номер канала модуля ввода/вывода.

Таблица 6

Устройство	Переменная в FBD	Обозначение на конвейере	Типа данных	Адрес
Датчик	B1	B1	EBOOL	%I0.1.7
Датчик	B2	B2	EBOOL	%I0.1.8
Датчик	B3	B3	EBOOL	%I0.1.9
Датчик	B4	B4	EBOOL	%I0.1.10
Датчик	B5	B5	EBOOL	%I0.1.11
Датчик	B6	B6	EBOOL	%I0.1.12
Датчик	B7	B7	EBOOL	%I0.1.3
Датчик	B8	B8	EBOOL	%I0.1.4
Манипулятор1	O1	S1	EBOOL	%Q0.2.0
Манипулятор2	O2	S2	EBOOL	%Q0.2.1
Конвейер	O3	S4	EBOOL	%Q0.2.2
Сигнальный диод	O4	Диод	EBOOL	%Q0.2.3
Манипулятор1	S1	S1	EBOOL	%I0.1.5
Манипулятор2	S2	S2	EBOOL	%I0.1.6
Кнопка	S4	S4	EBOOL	%I0.1.13
Тумблер (положение вверх)	SA3	S3	EBOOL	%I0.1.0
Тумблер (положение вниз)	SM3	S3	EBOOL	%I0.1.2
Тумблер (нейтральное положение)	SS3	S3	EBOOL	%I0.1.1
Программные переменные	C,X	-	BOOL	-

3.4 Выбор режима работы станда

Программа, отвечающая за выбор режима, представлена на Рис. 8. Оператор на станде тумблером выбирает один из режимов работы станда: *SA3*, *SM3* или *SS3*. Если оператор включает автоматический режим, то переменная *SA3* становится единицей и через *RS* триггер устанавливает в единицу переменную *O3*, которая отвечает за подачу деталей на конвейер. Логический элемент *OR(17)* запускает *RS* триггер. В случае выбора оператором полуавтоматического режима, переменная *SS3* устанавливается в единицу, но для того, чтобы в полуавтоматическом режиме запустить деталь на конвейер, оператору необходимо нажать кнопку *S4*, при этом переменная *S4* устанавливается в единицу.

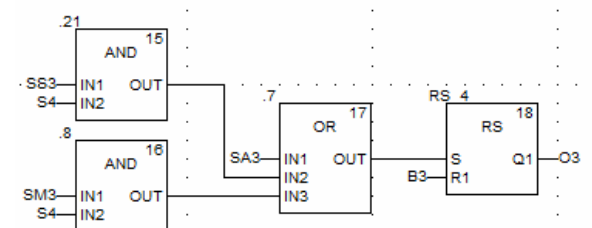


Рис. 8. Программа, отвечающая за выбор режима работы станда

Таким образом, на логическом И (16) на входе

устанавливается единица, сигнал проходит через логическое ИЛИ (17) и включает *RS* триггер (18), на выходе которого находится переменная *О3*.

При выборе оператором ручного режима вход *SM3* устанавливается в единицу. Для того чтобы, отправить деталь на конвейер, оператору необходимо, как и в случае полуавтоматического режима, нажать кнопку *S4*. На конвейере в обработке может находиться только одна деталь. Для всех трёх режимов *RS* триггер сбрасывается по переменной *B3* (третий датчик на конвейерной ленте). Выход *О3* должен быть в единице минимум 3 с, только в этом случае деталь появится на конвейере. Это означает, что кнопку *S3* необходимо держать нажатой не менее 3 с.

Разработана подпрограмма включения диода при нажатии кнопки *S4* (Рис. 9). Диод на стенде загорается в следующих случаях:

- когда выбран полуавтоматический режим и нажата кнопка *S4*;
- когда выбран ручной режим и нажата кнопка *S4*.

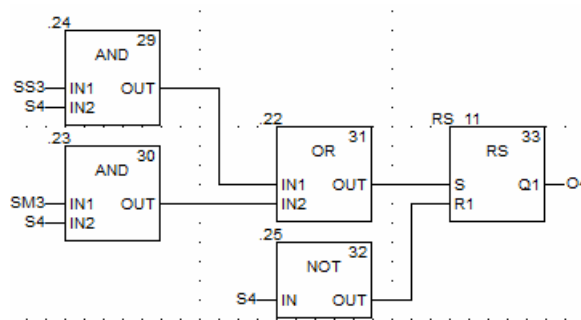


Рис. 9. Программа, отвечающая за включение диода

При выполнении одного из этих условий на выходе одного из логических И появляется единица, которая проходит через логическое ИЛИ и устанавливает *RS* триггер в единицу, что в свою очередь с помощью переменной *О4* включает диод. Сброс триггера происходит по отжатой кнопке *S4*.

Временная диаграмма, на которой показано 8 шагов 3 раза подряд для демонстрации трёх режимов работы конвейера, представлена на Рис. 10.

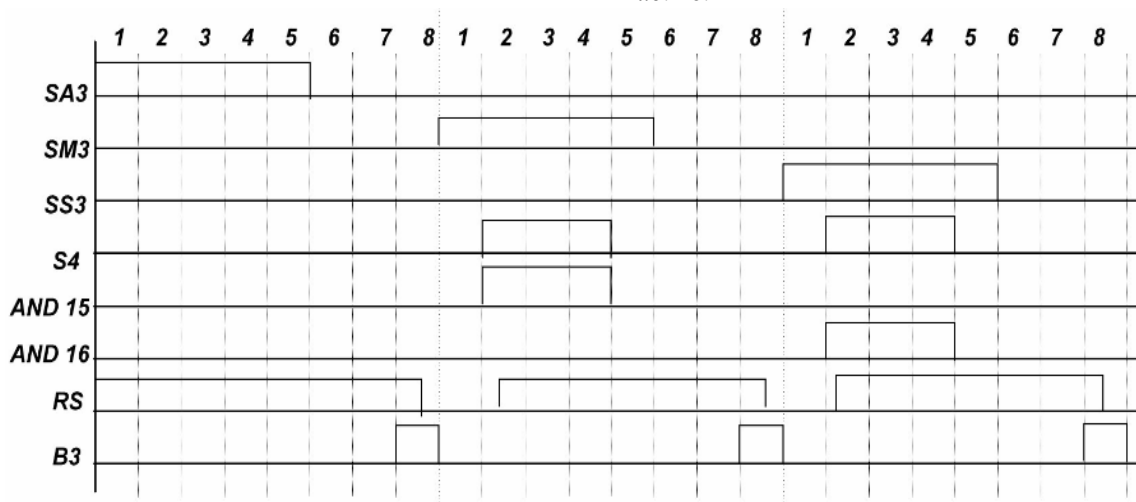


Рис.10. Временная диаграмма режимов работы конвейера

3.5 Определение линейного размера деталей

Часть программы, отвечающая за определение линейного размера детали, представлена на Рис. 11.

Элемент *MOVE* записывает по событию. В момент, когда на входе *EN* появляется единица, блок *MOVE* (1) проверяет, что находится на датчике *B1*, когда изделие дошло до датчика *B2*. Если там находится короткое изделие, то на выходе *MOVE* (1) появится логический ноль, так как длины короткого изделия не хватает, чтобы «перекрыть» сразу 2 датчика.

Если там находится среднее или длинное изделие, то на выходе *MOVE*(1) установится логическая единица. Выход *MOVE* записывается в *RS* триггер (0).

Далее деталь, идя по конвейеру, доходит до датчика *B3*. Теперь уже блок *MOVE*(2), имея на

входе *EN B3*, проверяет вход *IN*, к которому привязан датчик *B1*. Если *MOVE*(2) устанавливает на выходе единицу, значит это длинная деталь, если же ноль, то это может быть короткая или средняя деталь. Выход *MOVE*(2) записывается в *RS* триггер (1).

Соотнеся выходы *MOVE*(1) и *MOVE*(2), можно определить, какая деталь попала на конвейер. Таким образом, если на конвейере короткая деталь, то на выходах *RS*-триггеров под номерами 0 и 1 устанавливаются логические нули. Каждый сигнал проходит через инверторы 9 и 12, затем они объединяются по логическому И (5) и на выходе этого блока устанавливается логическая единица. Одно из условий срабатывания первого манипулятора выполнено.

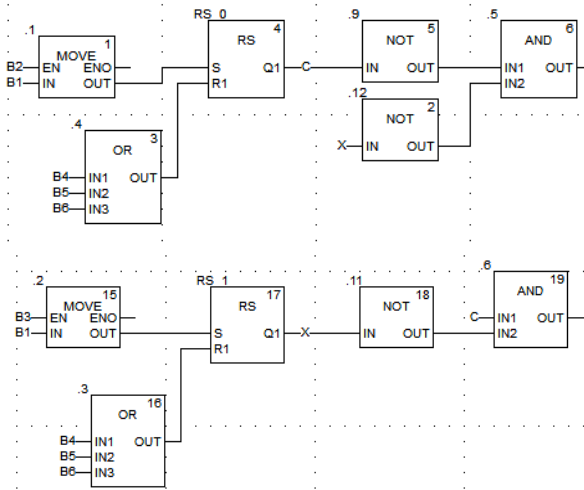


Рис. 11. Программа, отвечающая за определение линейного размера

В случае, когда на выходе *RS*-триггера под номером 0 устанавливается единица, сигнал поступает на логическое И (6). На второй вход данного блока придет единица только в случае, когда на выходе *RS*-триггера под номером 1 установлен логический ноль. Ноль проходит через инвертор (11) и на второй вход логического И (6) приходит единица. Поскольку выход данного блока находится в единице, значит, на конвейер попала деталь среднего размера. Одно из условий срабатывания второго манипулятора выполнено. Сброс всей системы это сброс двух триггеров. Система сбрасывается, когда деталь проходит через датчики B4, B5 и B6. Переменные этих датчиков объединяются по логическому ИЛИ и

выходной сигнал поступает на входы *R* *RS*-триггеров 0 и 1. Срабатывание этих датчиков говорит о том, что детали больше нет на конвейере.

3.6 Сортировка деталей по линейному размеру

Программа управления сортировкой деталей по линейному размеру представлена на Рис. 12.

Длинная деталь

Сортировка в данном случае сводится к тому, что необходимо знать следующие параметры: какого размера деталь, каков режим работы конвейера и в какой момент необходимо включить манипулятор. Для сортировки в программе используются четыре блока логического «И»: 13 и 14 для автоматического и полуавтоматического режима работы конвейера, 17 и 19 для ручного режима работы конвейера.

В случае, когда на конвейер попала длинная деталь, *RS*-триггер под номером 1 установится в единицу. Сигнал попадет на блоки 5 и 6 логического «И», предварительно инвертировавшись на входах этих блоков. Таким образом блоки логического И никогда не установятся в единицу, то есть никаких дальнейших действий не последует. Длинное изделие пройдет дальше по конвейеру и попадет на конвейер № 2 для дальнейшей обработки.

Временная диаграмма, поясняющая работу блоков с длинным изделием на конвейере в полуавтоматическом режиме, представлена на Рис. 13.

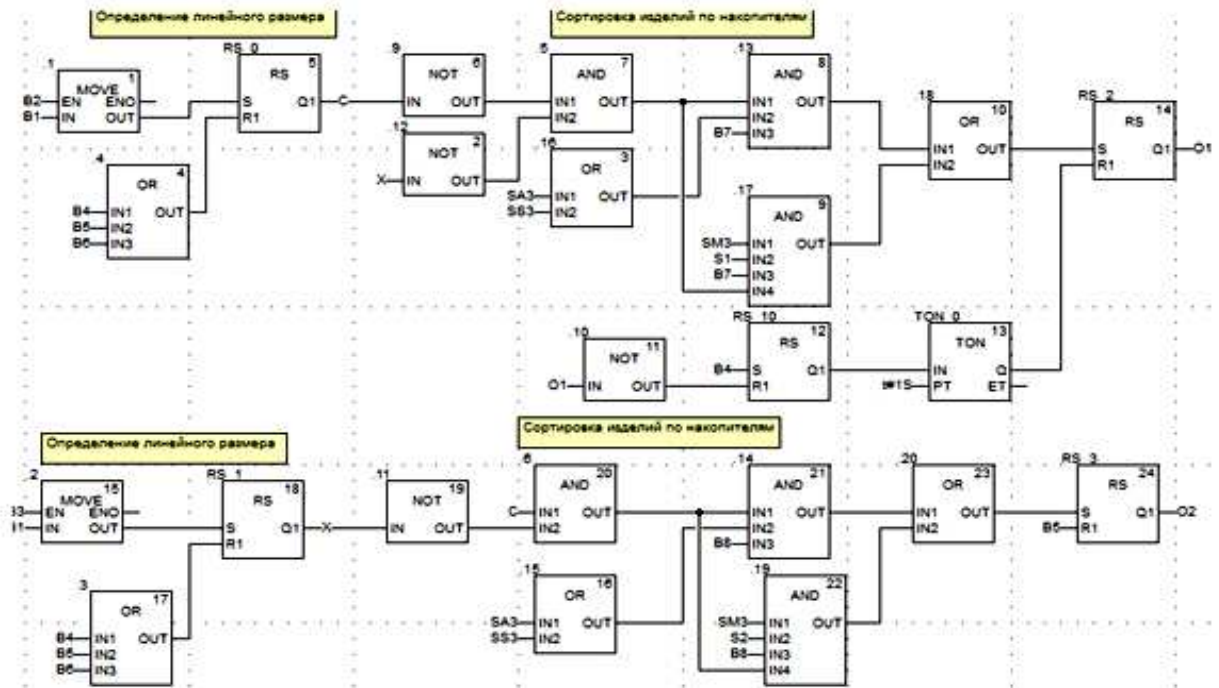


Рис. 12. Листинг программы сортировки деталей по линейному размеру

Средняя деталь

Рассмотрим вариант, когда конвейер работает в автоматическом или полу-автоматическом режиме и по нему идёт деталь среднего размера. Если ко конвейеру идёт средняя деталь, на вход IN1 элемента И(14) поступает единица с блока И(6). На вход IN2 поступает сигнал с блока логического ИЛИ (16), на входах которого в свою очередь находятся переменные тумблера SA3 и SS3. Деталь, дойдя до манипулятора 2, задевает датчик

положения B8 (вход IN3 блока 14) и на выходе И(25) образуется положительный сигнал. Пройдя через ИЛИ(20) данный сигнал устанавливает в единицу RS триггер(28), что означает, что переменная O2 также устанавливается в единицу, активизируя в свою очередь манипулятор 2. Манипулятор сбрасывает изделия с конвейера в накопитель 2. Перед накопителем расположен датчик B5, переменная которого сбрасывает RS-триггер(3). Манипулятор устанавливается в исходное состояние.

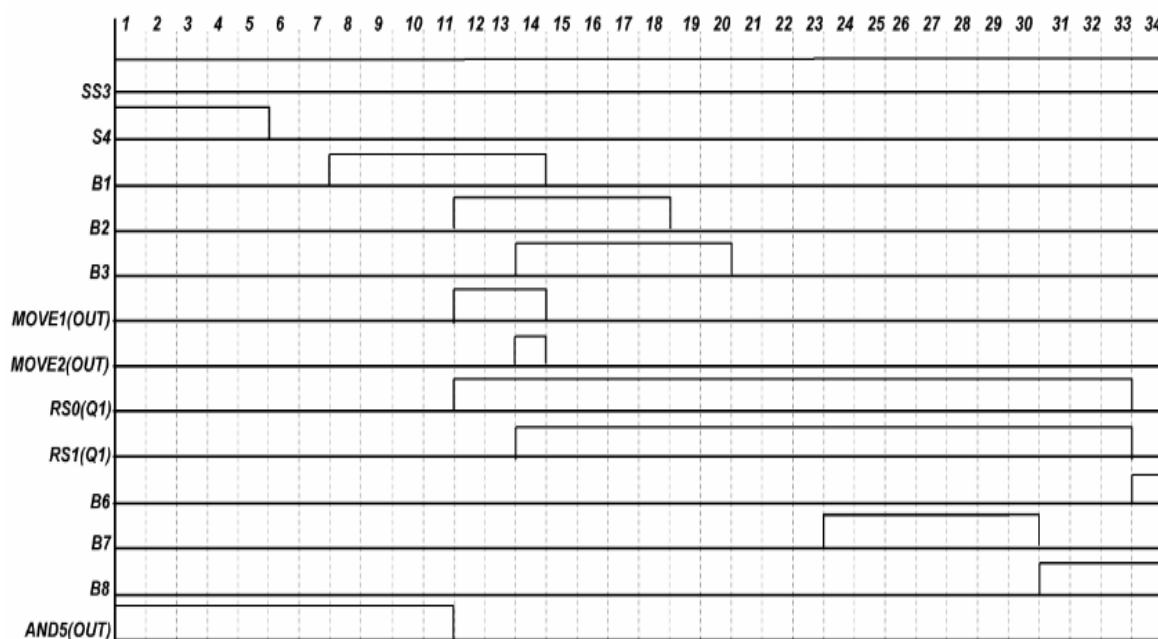


Рис. 13. Временная диаграмма работы с длинным изделием в полуавтоматическом режиме

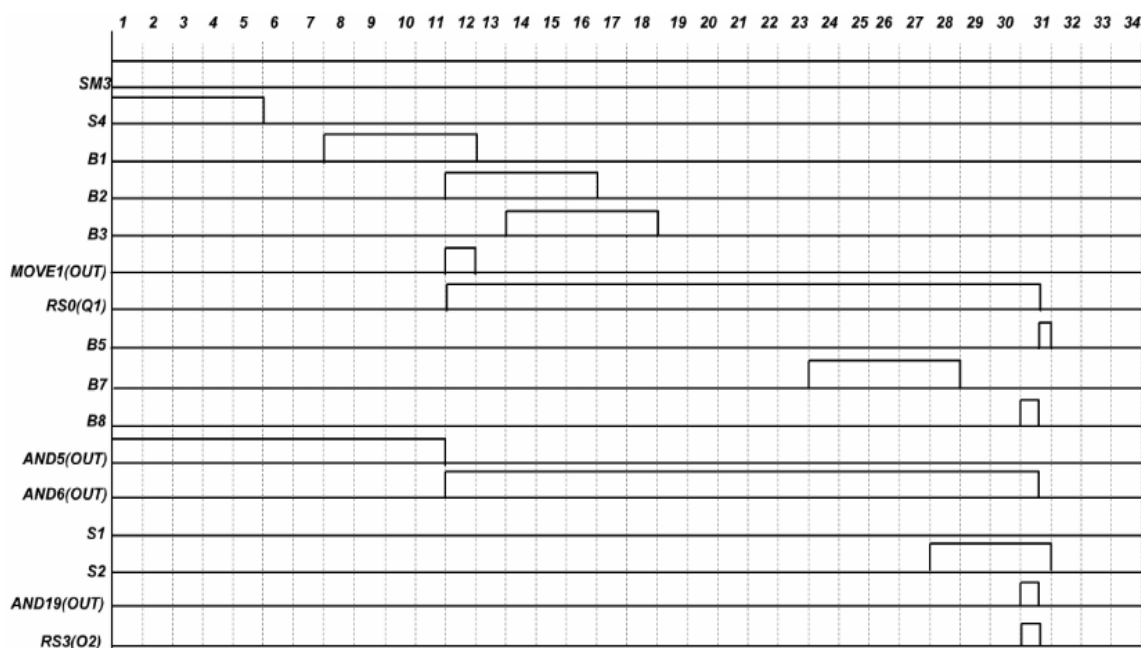


Рис. 14. Временная диаграмма конвейера с изделием среднего размера в ручном режиме работы

Сигнал с И(6) также идёт и на вход *IN4* блока И(19). Для того, что бы на выходе этого блока появилась единица, необходимо выполнение условий, описанных ниже. Конвейер функционирует в ручном режиме. Вход *IN1* логического И(19) установлен в единицу. Оператором зажата кнопка *S2*, на входе *IN2* появляется единица. Когда деталь поравняется с накопителем 2 и с манипулятором 2, сработает датчик положения *B8*. На входе *IN3* появится последняя необходимая единица, для того чтобы сигнал с И(26) прошёл через ИЛИ(20) и установил *RS*-триггер(3) в единицу. Дальше все происходит по аналогии с автоматическим и полуавтоматическим режимами.

Временная диаграмма, поясняющая работу работы блоков с изделием среднего размера на конвейере в ручном режиме, представлена на *Рис. 14*.

Короткая деталь

Рассмотрим вариант, когда конвейер работает в автоматическом или полуавтоматическом режиме и по нему идет короткая деталь. В таком случае на входе *IN1* логического И(8) присутствует единица, которая приходит с И(5). На вход *IN2* единица приходит с блока ИЛИ(16), на входе которого в свою очередь находятся переменные тумблеров *SA3* и *SS3*. Остается дождаться, когда короткая

деталь пройдет свой путь по конвейеру и поравняется с датчиком положения *B7*, расположенным около первого манипулятора. В этот момент на входе *IN3* блока логического И(13) появится единица. Это событие сделает выход И(13) положительным, сигнал пройдет через ИЛИ(18) и включит *RS* триггер (2), к выходу которого в свою очередь привязана переменная *O1* манипулятора 1. Манипулятор активизируется и сбросит в накопитель 1 короткую деталь. Сброс триггера происходит по-другому, чем в случае с манипулятором 2. Выяснилось, что при сбросе *RS*-триггера с помощью датчика *B4*, манипулятор 2 выталкивает деталь и выходит их строя предположительно из-за того, что сигналы *B7* и *B4* накладываются друг на друга, что в данном варианте программы не допустимо. Поэтому сброс происходит с помощью датчика *B4*, но с задержкой на 1 секунду. Как только *B4* установит *RS*-триггер(10) в единицу, сигнал поступит в таймер *TON*. Таймер начнёт отсчитывать одну секунду (время устанавливается на вход *PT*). Как только таймер достигнет значения *PT*, на его выходе появится единица, которая сбрасывает *RS*-триггер(2). После того как *RS*-триггер(2) установиться в логический ноль, переменная *O1* пройдёт через инвертор, поступит на вход *R* *RS* триггера(10) и сбросит его.

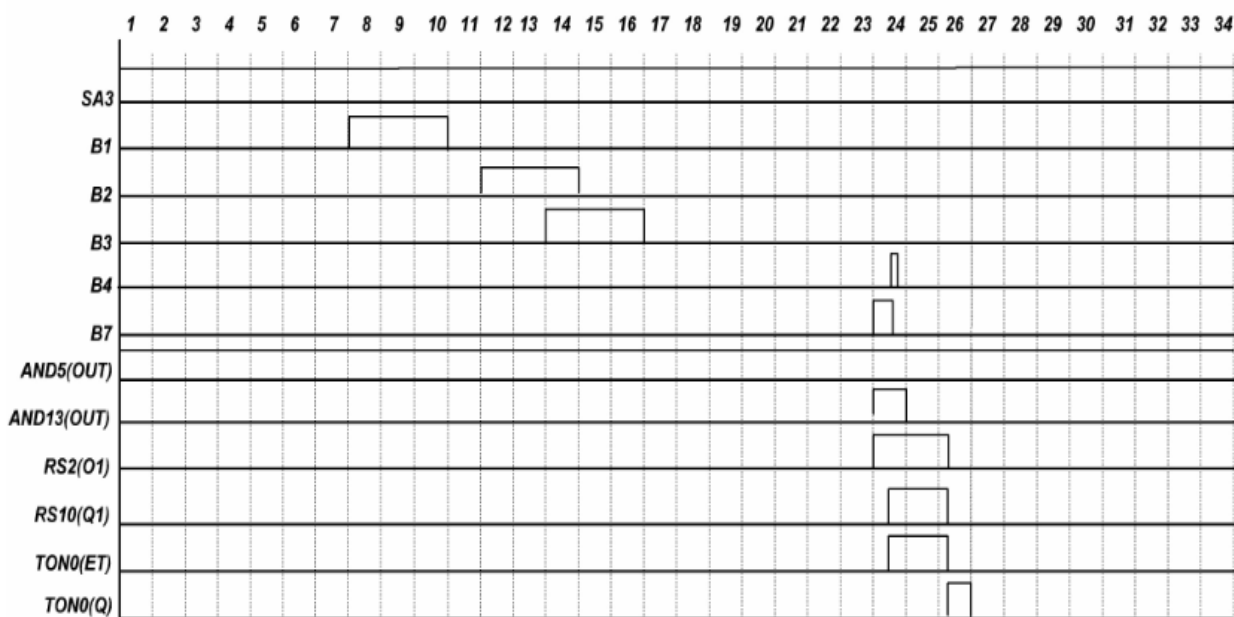


Рис. 15. Временная диаграмма конвейера с коротким изделием в автоматическом режиме

Сигнал с И(5) проходит на блок И(17) (вход *IN4*). Чтобы на выходе этого блока появилась единица, необходимо выполнение следующих условий: когда конвейер работает в ручном режиме, на входе *IN1* логического элемента И(17) появится единица. В случае, если оператором зажата кнопка *S2*, вход *IN2* также установится в единицу. Когда деталь поравняется с накопителем 1 и с манипулятором 1 и сработает датчик положения *B7*, на входе *IN3* появится последняя

единица, необходимая для того чтобы сигнал с И(17) прошёл через ИЛИ(18) и установил *RS*-триггер(3) в единицу. Дальше все происходит по аналогии с автоматическим и полуавтоматическим режимом. Временная диаграмма, поясняющая работу блоков с длинным изделием на конвейере в автоматическом режиме, представлена на *Рис. 15*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье представлены результаты разработки алгоритма и программы управления учебным стендом ET708 фирмы Modicon, на котором реализована модель конвейера для сортировки заготовок по линейному размеру.

Рассмотрены три режима работы конвейера: ручной, полуавтоматический и автоматический, представлены описания и временные диаграммы работы системы в каждом из трёх указанных режимов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Schneider Electric. ПЛК Modicon M340 программируемые с помощью ПО Unity Pro, процессорные модули, корзины и модули питания: Руководство пользователя. 2007 г.
- [2] Schneider Electric. Платформа автоматизации Modicon M340. Каталог продукции 2010 г.
- [3] Schneider Electric. ПЛК Modicon M340 программируемые с помощью ПО Unity Pro, модули дискретных входов/выходов: Руководство пользователя 2007 г.
- [4] А.В. Суворов, В.В. Медведков, Г.В. Саблина, В.Г. Шахтшнейдер. Программирование технологических контроллеров в среде Unity: учеб. Пособие /. – 3-е изд. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2016. – 207 с.
- [5] Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приёмы прикладного проектирования /Под ред. проф. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007 -256с.: ил. – (Серия «Библиотека инженера»).

Development of Control Program by Model of the Conveyor for the Classifying of Billets on Linear Dimension

I.M. BUCHINSKY, V.G. SHAHTSHNEIDER,
O.P. RUSAKOV, G.V. SABLINA

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk,
Russia

Abstract: In the given paper questions of design of algorithm and control program by model of the conveyor for the classifying of billets on linear dimension are discussed. The model of the conveyor is realized on bench Modicon ET708 of Schneider Electric firm. The description of the basic functional elements and bench possibilities is resulted; the algorithm and control program in Function Block Diagram (FBD) language of Unity Pro XL programming systems is developed.

Key words: Algorithm of control, sorting of workpiece billets, controller, programming system

REFERENCES

- [1] Schneider Electric. Processor modules, baskets and feed modules of Modicon M340 PLC which programmed with help of Unity Pro software: User's guide, 2007.
- [2] Schneider Electric. Automation platform of PLC Modicon M340. Products catalogue, 2010.
- [3] Suvorov A.V., Medvedkov V.V., Sablina G.V., Shahtshnejder V.G.. Programmirovanie tehnologicheskikh kontrollero v srede Unity. – 3-e izd. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2016.
- [4] Schneider Electric. Modules of discrete inputs/outputs of Modicon M340 PLC which programmed with help of Unity Pro software: User's guide, 2007.
- [5] Petrov I.V. Programmiruemye kontrollery. Standartnye jazyki i priemy prikladnogo programmirovaniya. – M Solon Press, 2007.



Игорь Бучинский, магистрант
каф. Автоматики НГТУ
email: igoryan989@gmail.com



**Владимир Генрихович
Шахтшнейдер**,
старший преподаватель каф.
Автоматики НГТУ
email: sch@sintez.nstu.ru



Олег Петрович Русаков,
старший преподаватель каф.
Автоматики НГТУ
email: vipor@sintez.nstu.ru



**Галина Владимировна
Саблина**, к.т.н, доцент каф.
Автоматики НГТУ. Автор и
соавтор более 40 научных и
учебно-методических работ.
email: sablina@corp.nstu.ru