

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ЛОГИКО-ПРОГРАММНОГО
УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ОБЪЕКТАМИ НА БАЗЕ ПЛК**

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»
для студентов очной и заочной форм обучения направлений 220301.65
«Автоматизация технологических процессов и производств
(в машиностроении)», 220400.62 «Управление в технических системах»,
220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Курган 2014

Кафедра автоматизации производственных процессов

Дисциплина: «Автоматизация технологических процессов и производств»

Составил: канд. техн. наук, доцент Н.Б.Сбродов

Утверждены на заседании кафедры «14» ноября 2013 г.

Рекомендованы методическим советом университета «26» декабря 2013 г.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение средств автоматизации производственных процессов, напрямую влияющее на сокращение издержек и повышение качества продукции, становится главным фактором развития российского промышленного производства. Повышение технико-экономических показателей автоматизированных систем управления технологическими процессами, таких, как функциональные возможности, надежность, безопасность эксплуатации и ремонтпригодность, снижение затрат на проектирование, монтаж и пуско-наладку, улучшение условий работы оператора, существенно зависит от используемых технических и программных средств.

Для комплексного решения задач автоматизации технологических процессов необходимы высококвалифицированные специалисты, владеющие знаниями и умениями в сфере современного технического и программного обеспечения автоматизированных систем.

Целью настоящих методических указаний является изложение общей методики проектирования систем логико-программного управления дискретными технологическими процессами на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК), приобретение студентами практических навыков по схемотехнике и выбору технических и программных средств данных систем, разработке элементов прикладного программного обеспечения.

1 ОБЩАЯ МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЛОГИКО-ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

1.1 Основные этапы проектирования системы логико-программного управления дискретным технологическим процессом

В общем случае при проектировании необходимо выполнить следующие этапы (задачи) [1, 2]:

1 Выполнить технико-экономическое обоснование автоматизации заданного технологического объекта (процесса).

2 Разработать техническое задание на проектирование системы управления технологическим объектом.

3 Обосновать выбор управляемых и контролируемых параметров, степень и формы автоматизации.

4 Разработать общую структуру системы управления.

5 Обосновать выбор технических средств автоматизации: устройства управления, обеспечивающего логико-программное управление дискретным процессом, информационных и исполнительных устройств, блоков питания, устройств защиты, средств операторского интерфейса и др.

6 Проанализировать заданный алгоритм управления или по описанию автоматизируемого технологического процесса его разработать.

7 На основе алгоритма управления разработать соответствующую программу управления.

1.2 Разработка структуры системы управления

Приступая к разработке системы управления объектом, необходимо вначале представить систему управления в целом, определить её взаимодействие с объектом и его составными частями. Под структурой системы управления понимается совокупность частей системы, на которые она может быть разделена по определённому признаку, а также пути передачи воздействий между ними. Графическое изображение структуры системы управления называется структурной схемой.

На структурной схеме системы управления показывают функциональные устройства и элементы системы и взаимосвязи между ними. На данной схеме в виде прямоугольников должны быть изображены устройство управления, информационные и исполнительные устройства. Информационные устройства (датчики) и исполнительные устройства размещаются на автоматизируемом технологическом оборудовании. Для повышения наглядности структурной схемы желательно изобразить условно отдельные агрегаты, машины, установки объекта (например, пресс, станок, промышленный робот, электрическую печь и т.п.). Внутри прямоугольников, обозначающих технологическое оборудование, схематично показываются приводы разнообразных механизмов и агрегатов, элементами которых являются изображаемые датчики и исполнительные устройства. Аналогично на структурной схеме условно изображают пульт управления, гидростанцию с устройствами гидроавтоматики, электрошкаф с размещенной в нем силовой коммутационной аппаратурой и другие устройства. Разработанная в таком виде структурная схема не только показывает устройства системы и их взаимосвязи, но и дает общее представление о размещении средств автоматизации на технологическом оборудовании.

Требования к выполнению структурных электрических схем систем управления устанавливает ГОСТ 2.701-2008.

1.3 Выбор технической реализации элементов системы

Полный цикл дискретного технологического процесса представляет собой совокупность отдельных технологических операций, сменяющих друг друга в определённой последовательности. Для управления технологическим циклом необходимо формировать дискретную последовательность команд исполнительным устройствам технологического объекта управления. Формирование команд осуществляется управляющим устройством - дискретным автоматом на основе логического анализа команд с пульта оператора и сигналов от различных дискретных датчиков о завершении или качестве протекания технологической операции.

Важным этапом проектирования программно-логической системы управления дискретным технологическим процессом является выбор серийных информационных и исполнительных устройств, а также - управляющего устройства.

Основой проектируемой системы управления должен быть программируемый логический контроллер (ПЛК). Могут быть использованы ПЛК производства российских и зарубежных фирм, например, Овен [7], Siemens [8, 9], Omron [10, 11], Festo [12] и др. В зависимости от сложности решаемой задачи, количества требуемых входов и выходов, электрических характеристик сигналов датчиков и исполнительных устройств, условий эксплуатации, стоимости и других параметров осуществляется выбор модели ПЛК, состава и количества модулей ввода – вывода дискретных сигналов.

Для выполнения задач позиционирования подвижных элементов технологических установок выбираются информационные устройства, из которых основными являются дискретные датчики положения. К ним относятся контактные и бесконтактные путевые выключатели. В процессе курсового проектирования также необходимо выбрать блоки питания, силовые коммутационные устройства (контакторы и магнитные пускатели), гидро- или пневмораспределители с электромагнитным управлением и устройства ввода управляющей информации (кнопки управления, переключатели и т.п.) для пульта управления.

В процессе проектирования анализируют технические характеристики двух – трех альтернативных вариантов выбираемых элементов системы управления со ссылкой на список используемых источников. По результатам анализа характеристик и параметров средств автоматизации обосновывают выбор конкретных моделей и типоразмеров элементов системы.

На базе выбранных средств автоматизации разрабатывают электрическую схему соединений. На данной схеме показываются электрические соединения составных частей системы и определяются провода, кабели, жгуты, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений (разъемы, контакты, клеммники и т.п.). При этом важно учитывать требования фирм – разработчиков ПЛК в части подключения входов и выходов контроллера, а также цепей электропитания. Т.е. в ходе проектирования необходимо изобразить электрическую схему соединений не абстрактного ПЛК, а выбранного ПЛК конкретной модели и модификации (типоразмера) и выбранных элементов системы. Электрическую схему соединений разрабатывают в соответствии с ГОСТ 2.702-2011.

1.4 Разработка и анализ алгоритма управления

Типовая последовательность разработки алгоритма управления содержит следующие этапы:

1 Анализ циклограммы работы объекта управления или блок-схемы. Если циклограмма работы или блок-схема отсутствуют, то, используя словесное описание алгоритма, необходимо их разработать.

На циклограмме показывают схему согласованности во времени работы исполнительных устройств технологического объекта, функционирующего по заданному циклу. Цикл разбивается на отдельные такты. В рамках одного такта технологический объект функционирует с неизменной комбинацией состояний («включено – выключено») дискретных исполнительных устройств и датчиков.

2 Составление таблиц входных и выходных сигналов программируемого контроллера. Таблицы должны содержать наименование и условное обозначение сигналов, их источник или приёмник, адресацию сигналов и их привязку к контактам разъёмов контроллера.

3 В некоторых случаях является полезным описать алгоритм (циклограмму) уравнениями алгебры логики.

По результатам выполнения перечисленных этапов подготавливается информация для разработки программы управления программируемого контроллера.

1.5 Разработка программы управления ПЛК

Завершающим этапом проектирования программно-логической подсистемы управления дискретным процессом является написание программы управления для программируемого контроллера [3 - 6].

Накопленный многими фирмами опыт программирования программируемых контроллеров обобщен в виде стандарта IEC61131, где определены пять языков программирования контроллеров: SFC – язык последовательных функциональных схем, LD – язык релейных диаграмм, FBD – язык функциональных блок-диаграмм, ST – язык структурированного текста, IL – язык инструкций.

Программу управления для ПЛК можно разрабатывать на любом стандартном языке программирования (стандарт IEC61131) [5]. Предпочтительный вариант – язык лестничных диаграмм (LD) [6]. Разработку программы управления желательно выполнять на основе одного из специализированных программных комплексов (пакета прикладных программ). Примерами таких комплексов программирования являются: CoDeSys фирмы 3S Smart Software Solutions [13], Step 7 и LOGO!Soft Comfort фирмы Siemens, Multiprog wt фирмы Klopper und Wiege Software GmbH, Zen Software и CX-Programmer фирмы Omron, а также - UltraLogik и ISaGRAF и др.

2 ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ЛОГИКО-ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

2.1 Характеристика объекта управления

Объект управления представляет собой роботизированный технологический комплекс (РТК).

В состав РТК входят (рисунок 1): промышленный робот (ПР), конвейер подающий (конвейер 1), конвейер отводящий (конвейер 2), конвейер отводящий (конвейер 3).

Задача ПР состоит в поочередном перемещении деталей, подаваемых конвейером 1, на конвейеры 2 и 3.

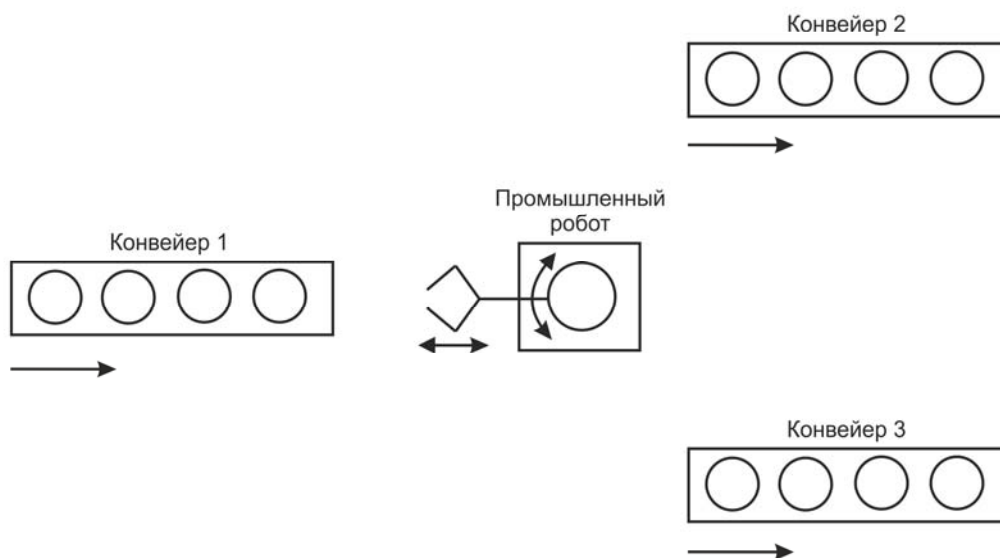


Рисунок 1 – Планировка РТК

Перечень отдельных элементов технологического цикла работы РТК приведен в таблице 1.

Указанные в таблице 1 элементы образуют технологический цикл работы РТК. Последовательность тактов цикла приведена в таблице 2. Один полный цикл работы РТК состоит из 16 тактов. В каждом такте выполняются отдельные элементы цикла.

ПР выполняет (такт 1) поворот к конвейеру 1 за первой деталью (элемент цикла 1). Одновременно в этом такте подающий конвейер 1 выполняет подачу детали в зону загрузки (элемент цикла 8). Далее происходит (такт 2) выдвижение руки ПР (элемент цикла 4). В такте 3 выполняется зажим схвата руки ПР (элемент цикла 6), в результате чего захватывается деталь, находящаяся на конвейере 1. Далее осуществляется задвижение руки ПР (такт 4). ПР поворачивается к конвейеру 2 (такт 5). В результате выдвижения руки ПР и разжима схвата деталь помещается на конвейер 2 (такты 6 и 7). После задвижения руки ПР (такт 8) выполняется поворот ПР к конвейеру 1 и указанный конвейер подает в зону загрузки следующую деталь (такт 9). Вновь происходит (такт 10) выдвижение руки ПР. В такте 11 выполняется зажим схвата и задвижение руки ПР (такт 12). ПР поворачивается к конвейеру 3 (такт 13). В результате выдвижения руки ПР и разжима схвата деталь помещается на конвейер 3 (такты 14 и 15). После задвижения руки (такт 16) цикл работы РТК повторяется.

Дополнительным условием в постановке задачи разработки системы управления заданным РТК является способ контроля выполнения разжима схвата ПР. В отличие от всех остальных элементов технологического цикла, предусматривающих наличие датчиков, контролирующих выполнение каждого действия, при выполнении разжима детали техническим заданием не

предусмотрено наличие соответствующего контроля. Техническое задание определяет, что система управления должна программно обеспечить выдержку времени, равную 1с, в течении которой выполняется разжим схвата ПР. Далее выполняется следующий такт работы РТК.

Конвейеры 2 и 3 постоянно находятся во включенном состоянии и не являются автоматизируемым оборудованием РТК.

Таблица 1 – Элементы технологического цикла работы РТК

№ элемента технологического цикла	Наименование
1	Поворот ПР к конвейеру 1
2	Поворот ПР к конвейеру 2
3	Поворот ПР к конвейеру 3
4	Выдвижение руки ПР
5	Задвижение руки ПР
6	Зажим схвата руки ПР
7	Разжим схвата руки ПР
8	Подача конвейером 1 очередной детали в зону загрузки (перемещение на 1 шаг)

Таблица 2 – Последовательность тактов в полном цикле работы РТК

№№ тактов															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Элементы цикла работы РТК (таблица 1)															
1	4	6	5	2	4	7	5	1	4	6	5	3	4	7	5
8								8							

2.2 Анализ алгоритма управления

На основе заданного описания технологического цикла работы РТК разработаем циклограмму алгоритма управления (рисунок 2).

2.3 Определение состава входных и выходных дискретных сигналов

Составляем таблицы входных сигналов (таблица 3) и выходных сигналов (таблица 4) программируемого логического контроллера, необходимых для реализации алгоритма управления РТК в виде программы управления.

Наименование элементов цикла	№№ тактов															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Поворот ПР к конвейеру 1	■							■								
Подача конвейером 1 детали	■							■								
Выдвижение руки ПР		■				■				■				■		
Забвжение руки ПР				■				■			■					■
Зажим схвата			■							■						
Разжим схвата							■								■	
Поворот ПР к конвейеру 2					■											
Поворот ПР к конвейеру 3													■			

■ - данное действие (элемент цикла) выполняется в текущем такте

□ - данное действие (элемент цикла) не выполняется в текущем такте

Рисунок 2 – Циклограмма работы РТК

Таблица 3 – Таблица входных дискретных сигналов

Наименование входного сигнала	Условное обозначение		Источник входного сигнала	Обозначение переменной
	русск.	англ.		
Наличие детали	Кнд	Knd	BQ1	I0
ПР у конвейера 1	Кконв1	Kkonv1	BQ2	I1
ПР у конвейера 2	Кконв2	Kkonv2	BQ3	I2
ПР у конвейера 3	Кконв3	Kkonv3	BQ4	I3
Рука ПР выдвинута	Квдв	Kvdv	BQ5	I4
Рука ПР задвинута	Кздв	Kzdv	BQ6	I5
Схват зажат	Кзж	Kzazh	SP1	I6
Пуск цикла	Пуск	Pusk	SB1	I7
Разрешение цикла	РЦ	RC	система безопасности	X0
Стоп цикла	Стоп	Stop	SB2	X1

Таблица 4 – Таблица выходных дискретных сигналов

Наименование выходного сигнала	Условное обозначение		Приемник выходного сигнала	Обозначение переменной
	русск.	англ.		
Поворот руки ПР влево	Плев	Plev	КМ1	Q0
Поворот руки ПР вправо	Пправ	Pprav	КМ2	Q1
Руку ПР выдвинуть	Вдв	Vdv	YA1	Q2
Руку ПР задвинуть	Здв	Zdv	YA2	Q3
Схват руки зажать	Заж	Zazh	YA3	Y0
Схват руки разжать	¬Заж	¬Zazh		
Привод конвейера 1	Конв1	Konv1	КМ3	Y1

Основными источниками входных сигналов в ПЛК являются бесконтактные путевые выключатели BQ2–BQ6, контролирующие перемещение рабочих органов ПР, и кнопки управления SB1 и SB2, расположенные на пульте оператора. Наличие детали на конвейере 1 в зоне её захвата ПР контролирует бесконтактный датчик BQ1. Контроль зажима детали в схвате обеспечивает реле давления. После окончания зажима детали возрастает давление в гидравлическом приводе зажима, в результате чего электроконтактный датчик SP1 встроенный в реле давления формирует входной дискретный сигнал в ПЛК об окончании данного элемента цикла.

Одним из условий начала работы РТК по программе является наличие входного сигнала РЦ («Разрешение цикла»), который формируется отдельной подсистемой – системой обеспечения безопасности в РТК. Данная система контролирует отсутствие человека в зоне работы механизмов РТК, состояние защитных и ограждающих устройств, прочие условия обеспечения безопасной работы персонала.

Приемниками выходных сигналов ПЛК являются: обмотки магнитных пускателей КМ1 и КМ2, управляющих реверсивным электрическим приводом поворота ПР; обмотка магнитного пускателя КМ3, управляющего электрическим приводом конвейера 1; обмотки электромагнитов YA1 - YA3, управляющих гидрораспределителями гидравлических приводов выдвижения-задвижения руки ПР и зажима-разжима схвата руки. Причем выходной сигнал «Разжим схвата», являются инверсным (с отрицанием) сигналом по отношению к сигналу «Зажим схвата», т.е. при включении электромагнита YA3 выполняется зажим, а при выключении электромагнита YA3 гидрораспределитель возвратной пружиной переключается в противоположное состояние и выполняется разжим схвата.

В таблицах 3 и 4 приведены буквенные обозначения источников входных сигналов и приемников выходных сигналов, которые используются в электрической схеме соединений.

Обозначение переменных в таблицах 3 и 4 соответствуют применению в качестве ПЛК в проектируемой системе управления контроллера модели ZEN компании Omron с модулем расширения ZEN-8E** (4 дискретных входа и 4 дискретных выхода).

2.4 Разработка структуры системы управления

Структурная схема системы управления представлена на рисунке 3.

На данной схеме в виде прямоугольников изображены ПЛК, информационные и исполнительные устройства. Информационные устройства (датчики) и исполнительные устройства размещаются на автоматизируемом технологическом оборудовании. Для повышения наглядности структурной схемы условно изображены ПР и подающий конвейер 1. Внутри прямоугольников, обозначающих технологическое оборудование, схематично показаны электрические и гидравлические приводы, элементами которых являются датчики и исполнительные двигатели. ПЛК и блок магнитных пускателей размещаются в электрошкафу. Также на структурной схеме условно изображены пульт оператора и гидростанция с устройствами гидроавтоматики.

2.5 Разработка электрической схемы соединений

Электрическая схема соединений проектируемой системы управления приведена на рисунке 4.

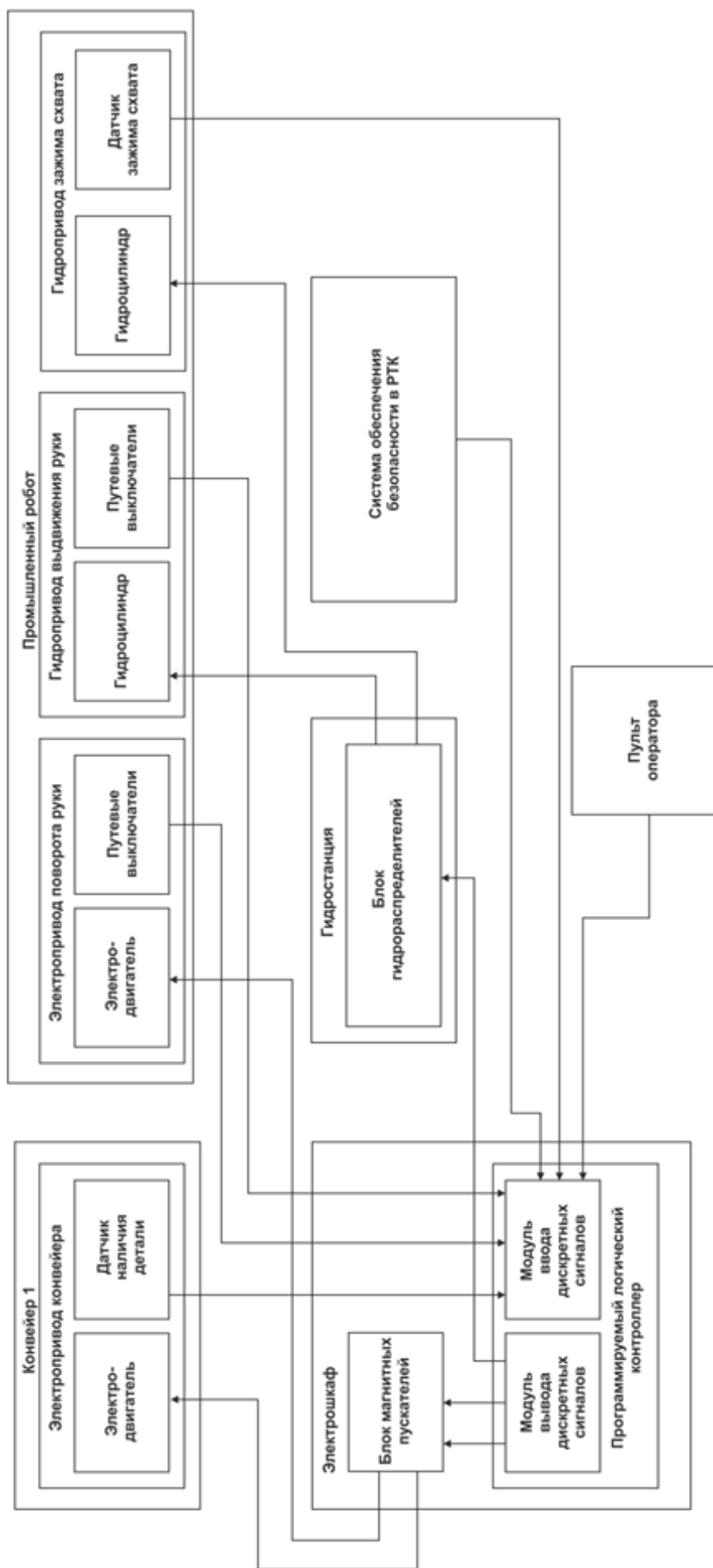


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления

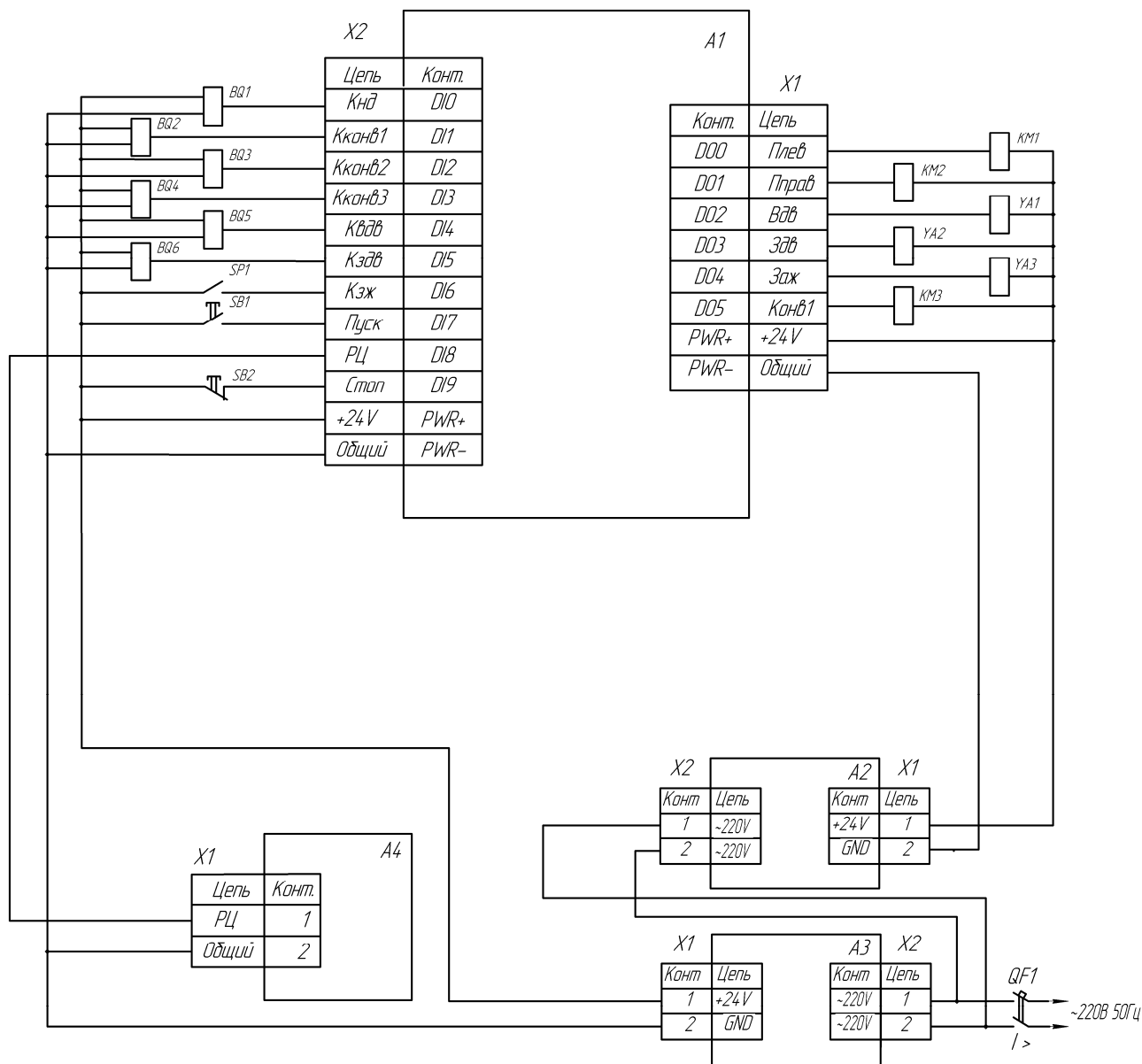


Рисунок 4 – Электрическая схема соединений

Основным элементом данной схемы является ПЛК, обозначенный А1. К ПЛК подключены источники входных сигналов (бесконтактные путевые выключатели ВQ1 – ВQ6, кнопки управления SB1, SB2, замыкающий контакт реле давления SP1, подсистема обеспечения безопасности А4) и приемники выходных сигналов (обмотки магнитных пускателей КМ1 – КМ3, обмотки электромагнитов гидрораспределителей YA1 – YA3). Для питания ПЛК, а также входных и выходных цепей, в схеме использованы два блока питания А2 и А3.

2.6 Разработка программы управления

2.6.1 Программа управления (вариант 1)

На рисунке 5 показан фрагмент программы управления, описывающий первые 5 тактов циклограммы работы РТК. Данный фрагмент реализован на языке LD в программной среде ZEN SUPPORT SOFTWARE для контроллера модели ZEN компании OMRON [4].

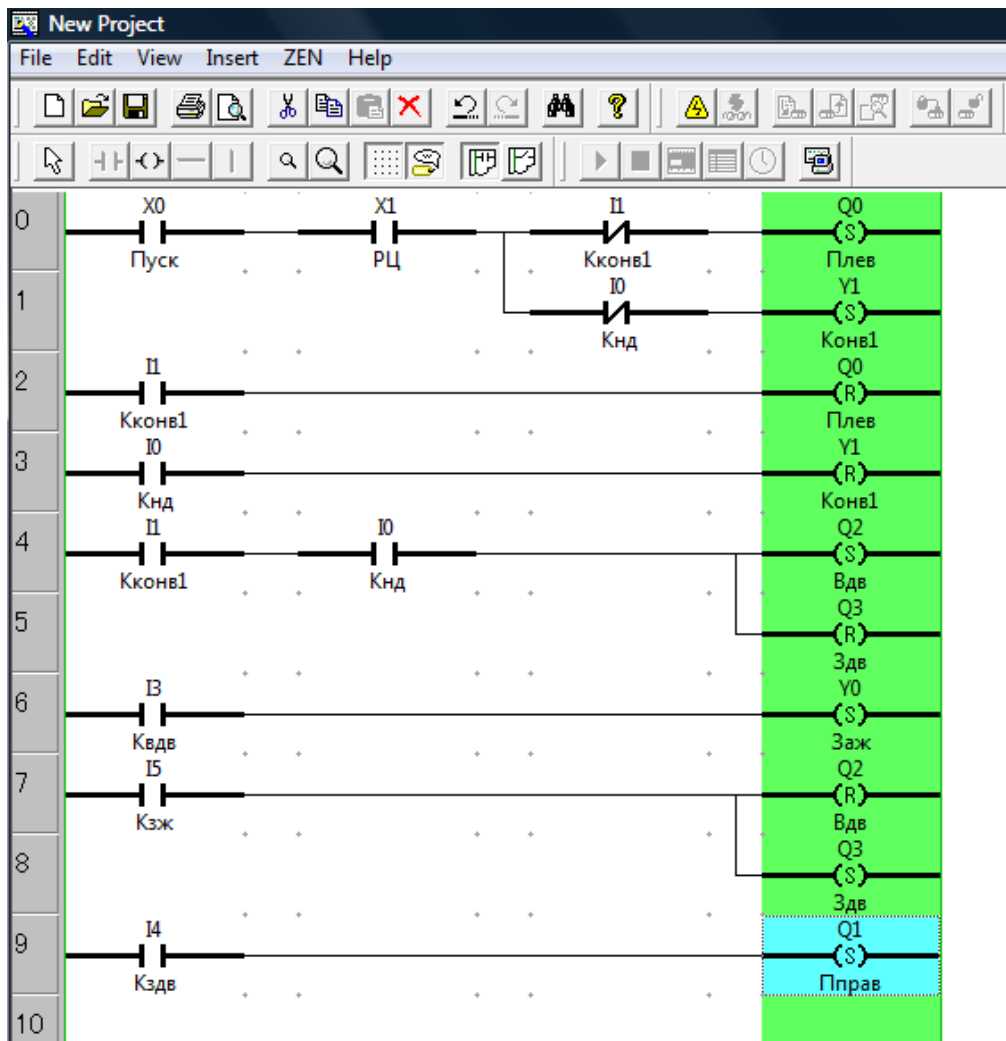


Рисунок 5 – Фрагмент программы управления (вариант 1)

Такт 1

Цепь 0. При наличии входного сигнала Пуск и РЦ ($X0=1$; $X1=1$) и отсутствии сигнала Кконв1 о положении руки ПР у конвейера 1 ($I1=0$) включается с фиксацией привод поворота руки ПР влево ($Q0=1$).

Цепь 1. При наличии входного сигнала Пуск и РЦ ($X0=1$; $X1=1$) отсутствии сигнала Кнд о наличии детали на конвейере 1 в зоне загрузки ($I0=0$) включается с фиксацией привод конвейера 1 ($Y1=1$).

Цепь 2. После поворота ПР к конвейеру 1 и поступлении входного сигнала с датчика Кконв1 о положении руки ПР у конвейера 1 ($I1=1$) выключается привод поворота руки ПР ($Q0=0$).

Цепь 3. После подачи конвейером 1 детали в зону загрузки и поступлении входного сигнала с датчика наличия детали Кнд ($I0=1$) выключается привод конвейера 1 ($Y1=0$).

Такт 2

Цепь 4. После поступлении входного сигнала с датчика Кконв1 о положении руки ПР у конвейера 1 ($I1=1$) и поступлении входного сигнала с датчика наличия детали Кнд ($I0=1$) включается с фиксацией привод выдвигания руки ПР ($Q2=1$).

Цепь 5. Одновременно выключается привод задвижения руки ПР ($Q3=0$).

Такт 3.

Цепь 6. При поступлении входного сигнала с датчика о выдвинутом положении руки ПР ($I3=1$) включается с фиксацией привод зажима схвата ($Y0=1$). Привод выдвижения руки продолжает быть включенным, т.е. гидроцилиндр привода выдвижения создает необходимое усилие, фиксируя руку ПР в выдвинутом состоянии.

Такт 4.

Цепь 7. При поступлении входного сигнала с датчика зажима детали ($I5=1$) выключается привод выдвижения руки ПР ($Q2=0$).

Цепь 8. Одновременно включается привод задвижения руки ПР ($Q3=1$). Привод зажима схвата продолжает быть включенным, т.е. гидроцилиндр данного привода создает необходимое усилие, обеспечивающее фиксацию детали в схвате.

Такт 5.

Цепь 9. При поступлении входного сигнала с датчика о задвинутом положении руки ПР ($I4=1$) включается с фиксацией привод поворота руки ПР вправо ($Q1=1$). Привод задвижения продолжает быть включенным, т.е. гидроцилиндр данного привода создает необходимое усилие, фиксируя руку ПР в задвинутом состоянии.

Для обеспечения выдержки времени, равной 1с, в течение которой выполняется разжим схвата ПР в 7 и 15 тактах, программа управления должна содержать таймеры с задержкой включения (рисунок 6).

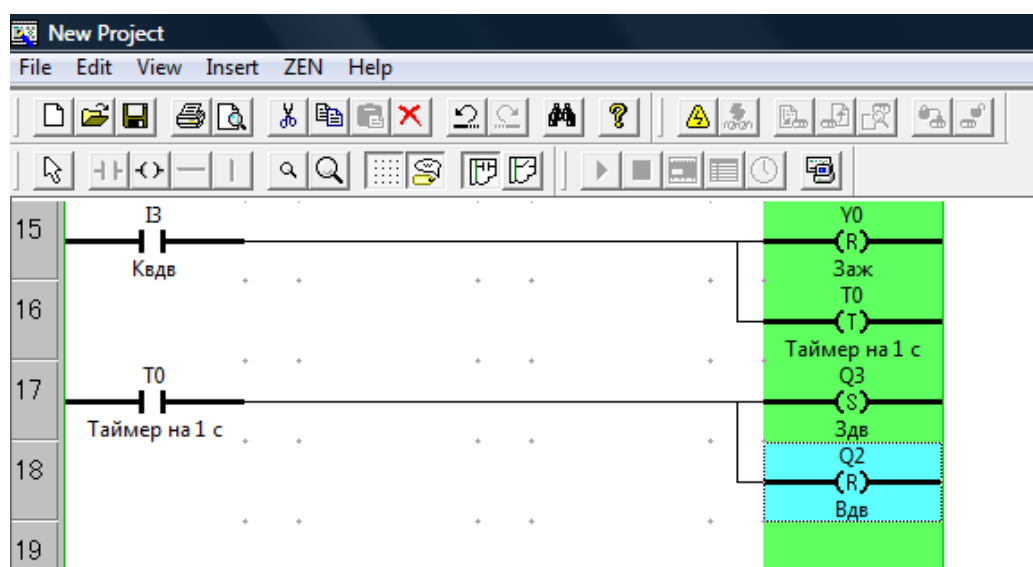


Рисунок 6 – Программная реализация выдержки времени

Цепи 15, 16. Цепь 7. При поступлении входного сигнала с датчика контроля выдвинутого состояния руки ПР ($I3=1$) выполняется выключение привода зажима схвата ($Y0=0$), тем самым инициируя инверсное действие – разжим схвата. Одновременно запускается таймер $T0$ с задержкой включения на время, равное 1с.

Цепи 17, 18. По истечении выдержки времени выходной бит таймера устанавливается в состояние 1, включая тем самым привод задвижения руки ПР (Q3=1) и выключая привод выдвигания (Q2=0).

2.6.2 Программа управления (вариант 2)

Анализ приведенного на рисунке 5 фрагмента LD-программы управления позволяет выявить несколько недостатков.

Во-первых, в цепи 1 отсутствует проверка состояния входного сигнала «Стоп», останавливающего выполнение технологического цикла. Это связано с тем, что в программной среде ZEN SUPPORT SOFTWARE действует ограничение - каждая цепь может содержать не более трех входов (контактов).

Данный недостаток весьма просто может быть устранен.

В LD-программе задается отдельная цепь (рисунок 7). При поступлении в контроллер входного сигнала с кнопки управления «Стоп» (размыкании контакта кнопки SB2) выключаются все приводы РТК.

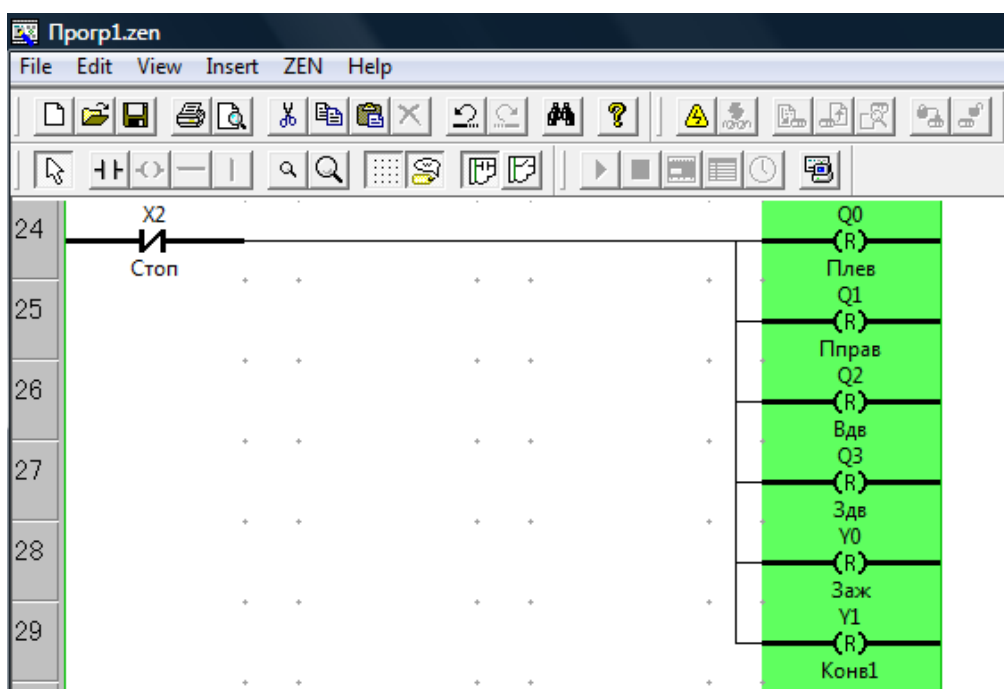


Рисунок 7 – Цепь останова технологического цикла в LD-программе

Во-вторых (и это главный недостаток варианта 1 программы управления), в программе реализована лишь проверка логических условий начала выполнения каждого такта. Однако автоматизированный технологический процесс является последовательным процессом, т.е. представляет собой совокупность отдельных тактов, выполняемых в строго заданной последовательности. **Выполнение каждого такта технологического цикла должно начинаться только по окончании выполнения предыдущего такта. Один и тот же входной сигнал, но в разных тактах, может быть условием для выполнения совершенно разных действий.**

Например, признаком окончания второго и шестого тактов (см. рисунок

2), в которых выполняется выдвижение руки ПР, является поступление входного сигнала $K_{вдв}$ с датчика о выдвинутом положении руки ПР. Однако в третьем такте этот сигнал инициирует зажим схвата, а седьмом такте – разжим схвата.

Задача программируемого контроллера обеспечить не только логику управления, но и заданную последовательность выполнения тактов.

Фундаментальный принцип работы ПЛК – непрерывное выполнение (сканирование) LD-программы с первой цепи до последней. Время выполнения всех команд программы не превышает нескольких миллисекунд. Никаких остановов выполнения программы в ПЛК с целью ожидания входных сигналов от объекта управления, подтверждающих выполнения очередного действия, нет.

Следовательно, LD-программа, реализованная по варианту 1 и не содержащая механизмов обеспечения строгой последовательности выполнения тактов технологического цикла, может привести к ошибочным действиям при ее выполнении ПЛК.

Рассмотрим первый метод устранения указанного недостатка (рисунок 8).

В каждую цепь, программирующую выполнение отдельного такта, вводятся дополнительные внутренние логические переменные. Состояние этих переменных не связано с состоянием входов или выходов контроллера. Данные переменные обозначают признак начала выполнения текущего такта. И каждый последующий такт технологического цикла может начаться только:

1) при выполнении определенных логических условий, связанных с состоянием входных сигналов;

2) при наличии признака активации предыдущего такта.

Внутренние логические переменные являются своего рода «эстафетной палочкой», передаваемой одним тактом другому.

В качестве примера (рисунок 8) показана реализация данного метода для тактов 1 - 3. Внутренние переменные обозначены $M0$ – $M2$.

Такт 1

Цепь 0. При наличии входного сигнала Пуск и РЦ ($X0=1$; $X1=1$) и отсутствии сигнала $K_{конв1}$ о положении руки ПР у конвейера 1 ($I1=0$) включается с фиксацией привод поворота руки ПР влево ($Q0=1$).

Цепь 1. При наличии входного сигнала Пуск и РЦ ($X0=1$; $X1=1$) отсутствии сигнала $K_{нд}$ о наличии детали на конвейере 1 в зоне загрузки ($I0=0$) включается с фиксацией привод конвейера 1 ($Y1=1$).

Цепь 2. При наличии входного сигнала Пуск и РЦ ($X0=1$; $X1=1$) устанавливается в 1 переменная $M0$ ($M0=1$), которая далее будет являться признаком того, что началось выполнение такта 1.

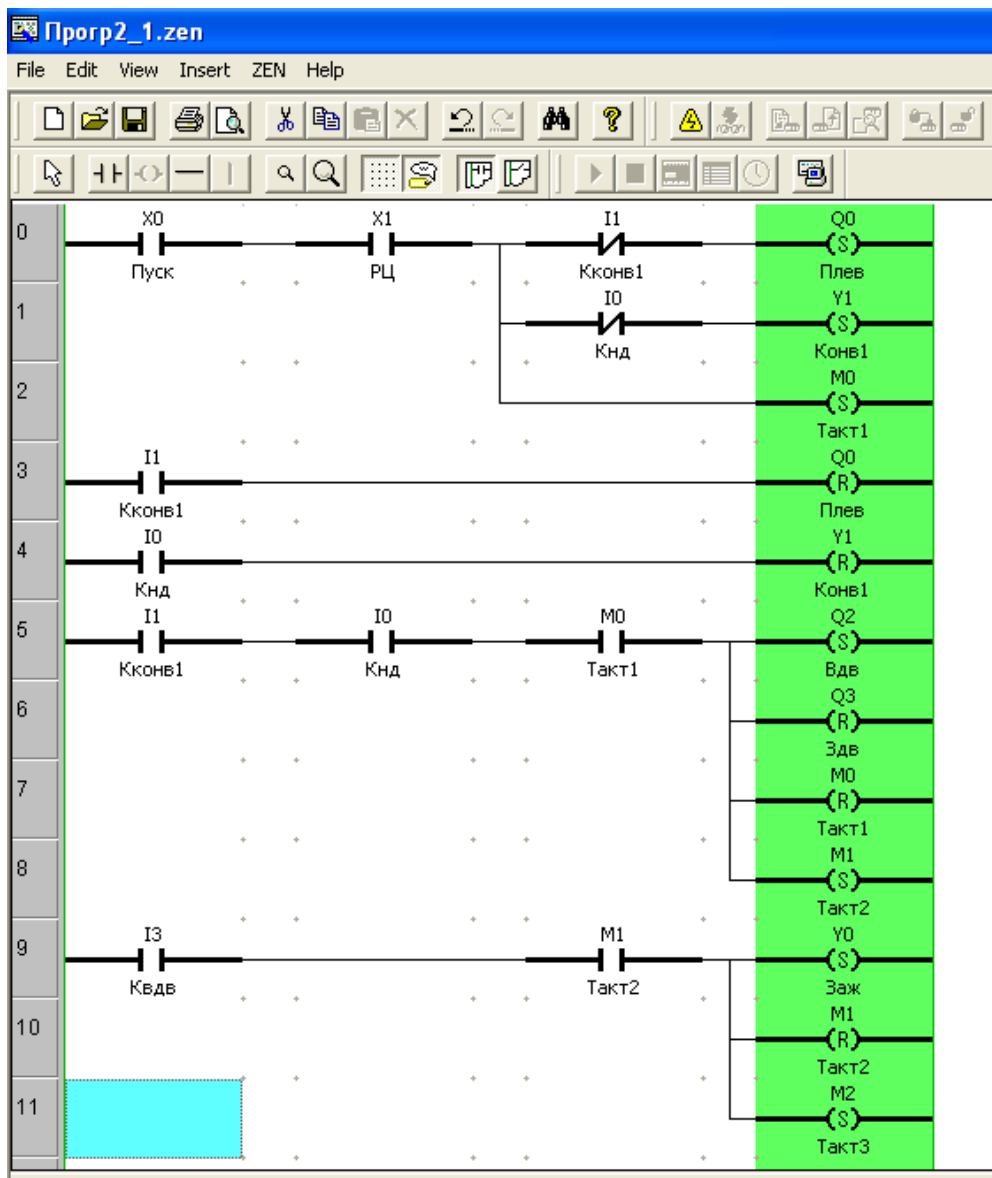


Рисунок 8 – Добавление в LD-программу дополнительных внутренних переменных

Цепь 3. После поворота ПР к конвейеру 1 и поступлении входного сигнала с датчика $K_{конв1}$ о положении руки ПР у конвейера 1 ($I1=1$) выключается привод поворота руки ПР ($Q0=0$).

Цепь 4. После подачи конвейером 1 детали в зону загрузки и поступлении входного сигнала с датчика наличия детали $K_{нд}$ ($I0=1$) выключается привод конвейера 1 ($Y1=0$).

Такт 2

Цепь 5. Для начала выполнения выдвигания руки ПР необходимо не только наличие логической 1 с датчиков $K_{конв1}$ ($I1=1$) и $K_{нд}$ ($I0=1$), подтверждающих положение руки ПР у конвейера 1 и наличие детали, но и признак того ($M0=1$), что это произошло именно после выполнения такта 1. При выполнении данных условий включается с фиксацией привод выдвигания руки ПР ($Q2=1$).

Цепь 6. Одновременно выключается привод задвигания руки ПР ($Q3=0$).

Цепь 7. При выполнении условий, указанных для цепей 5 и 6 сбрасывается переменная M0 ($M0=0$).

Цепь 8. Одновременно устанавливается в 1 переменная M1 ($M1=1$), которая далее будет являться признаком того, что началось выполнение такта 2.

Такт 3.

Цепь 9 - 11. Для начала выполнения зажима детали необходимо не только наличие логической 1 с датчика $K_{вдв}$ ($I3=1$), подтверждающей, что выдвигание руки (действие предыдущего такта) выполнено, но и наличие признака активации такта 2 ($M1=1$). Только при выполнении указанных двух условий включается с фиксацией привод зажима схвата ($Y0=1$), переменная M1 обнуляется, а переменной M2 – признаку начала выполнения такта 3, присваивается значение равное логической 1.

2.6.3 Организация переходов в программе управления

При разработке прикладной программы для ПЛК применительно к решению задач управления последовательными технологическими процессами может быть весьма полезным применение в LD-программе аппарата меток и переходов [5].

Метку можно ставить только в начале цепи. Имена меток подчинены правилам наименования переменных. Для наглядности имя метку можно закончить двоеточием, например M1:.

Цепь может иметь только одну метку и один переход. Переход равнозначен дискретному выходу и выполняется в том случае, если логическое условие выполнено и выходная переменная имеет значение ИСТИНА (логическая 1). Используя переход, можно пропустить выполнение части программы. Пропущенные цепи не сбрасываются, а именно не выполняются - остаются в том положении, в котором были ранее.

Допускается выполнять переходы вверх по программе, что позволяет создавать циклы. Естественно, проверка условий окончания цикла лежит на совести программиста. Программа управления не должна содержать бесконечных циклов, т.е. циклов, время выполнения которых превышает время рабочего цикла ПЛК. В противном случае управление не будет передано системе исполнения, и нормальное функционирование контроллера нарушится.

Необходимо иметь в виду, что не все системы программирования поддерживают применение меток и переходов в LD-программах

На рисунке 9 показан пример организации переходов в LD-программе в случае использования программного комплекса CoDeSys (Controllers Development System) фирмы 3S (Smart Software Solutions) [3, 6, 7].

Цепь 0001. При наличии входного сигнала Pusk включается с фиксацией дискретный выход Dvigatel.

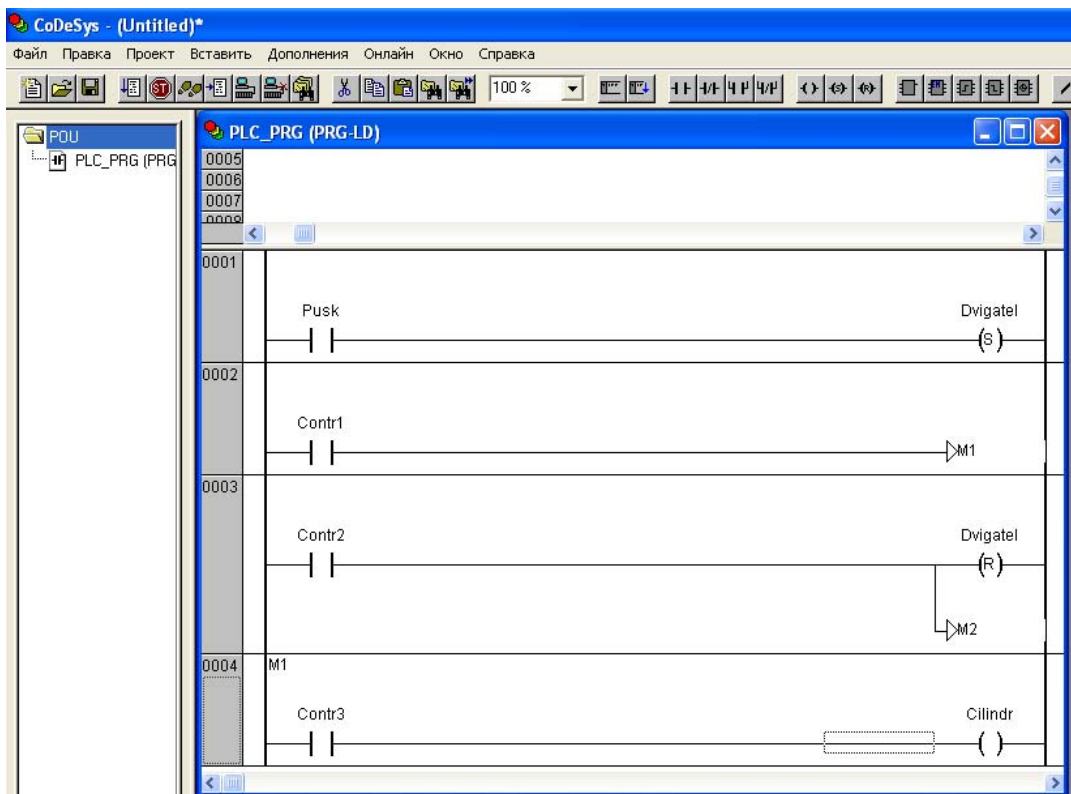


Рисунок 9 – Переходы в программе управления

Цепь 0002. При поступлении входного сигнала $Contr1 = 1$, выполняется переход к метке M1 и цепь 0003 пропускается. Если сигнал $Contr1 = 0$, перехода к метке M1 не будет, выполняются действия следующей цепи 0003.

Цепь 0003. При наличии входного сигнала $Contr2 = 1$ выключается выход Dvigatel ($Dvigatel = 0$) и осуществляется переход к метке M2 (на рисунке не показано).

Цепь 0004. Данная цепь выполняется в случае перехода к метке M1 из цепи 0002 или в случае равенства логическому 0 дискретного входа Contr2 в цепи 0003. Если $Contr3 = 1$, включается дискретный выход Cilindr.

2.6.4 Программа управления (вариант 3)

Значительно совершеннее программная реализация управления последовательными дискретными технологическими процессами может быть выполнена на базе другого стандартного языка программирования ПЛК – языка SFC (языка последовательных функциональных схем) [5].

В качестве среды программирования будем использовать программный комплекс CoDeSys [3, 6, 7].

Любая SFC-программа состоит из элементов, называемых шагами и условиями перехода (рисунок 10). Шаги изображаются прямоугольниками. Реальная работа шага (действия) описываются в отдельном окне системы программирования и не отражаются на самой SFC-программе. Для программирования действий отдельных шагов может быть использован любой язык программирования из стандарта МЭК61131.

Отдельные шаги связываются соединительными линиями. На

соединительной линии ставится горизонтальная черта, обозначающая переход.

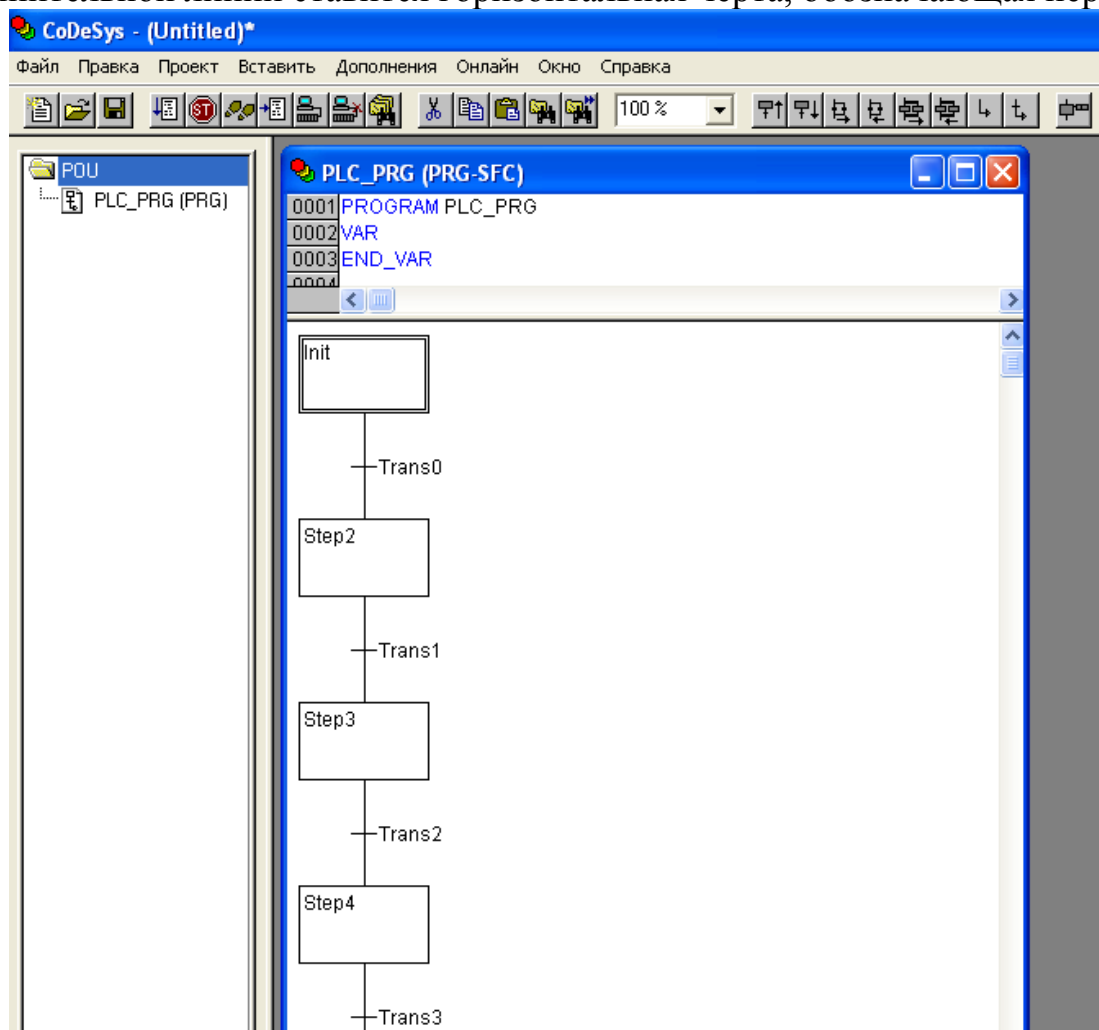


Рисунок 10 – Фрагмент SFC-программа

Условием перехода может служить логическая переменная, логическое выражение, константа.

Переход от одного шага программы к другому может быть выполнен при соблюдении двух условий:

- 1) переход разрешен (предшествующий ему шаг активен);
- 2) условие перехода имеет значение «Истина» (логическая 1).

Переходы SFC-программы также могут быть запрограммированы на любом языке программирования ПЛК.

Таким образом, язык SFC «идеологически» ориентирован на решение задач управления последовательными дискретными технологическими процессами.

В рассматриваемой задаче каждому такту удобно поставить в соответствие один шаг SFC-программы. Фрагмент SFC-программы, представленный на рисунке 10, охватывает первые 4 такта технологического цикла работы РТК.

На рисунке 11 показана программа, написанная на языке LD, описывающая действия начального шага, обозначенного Init в SFC-программе.

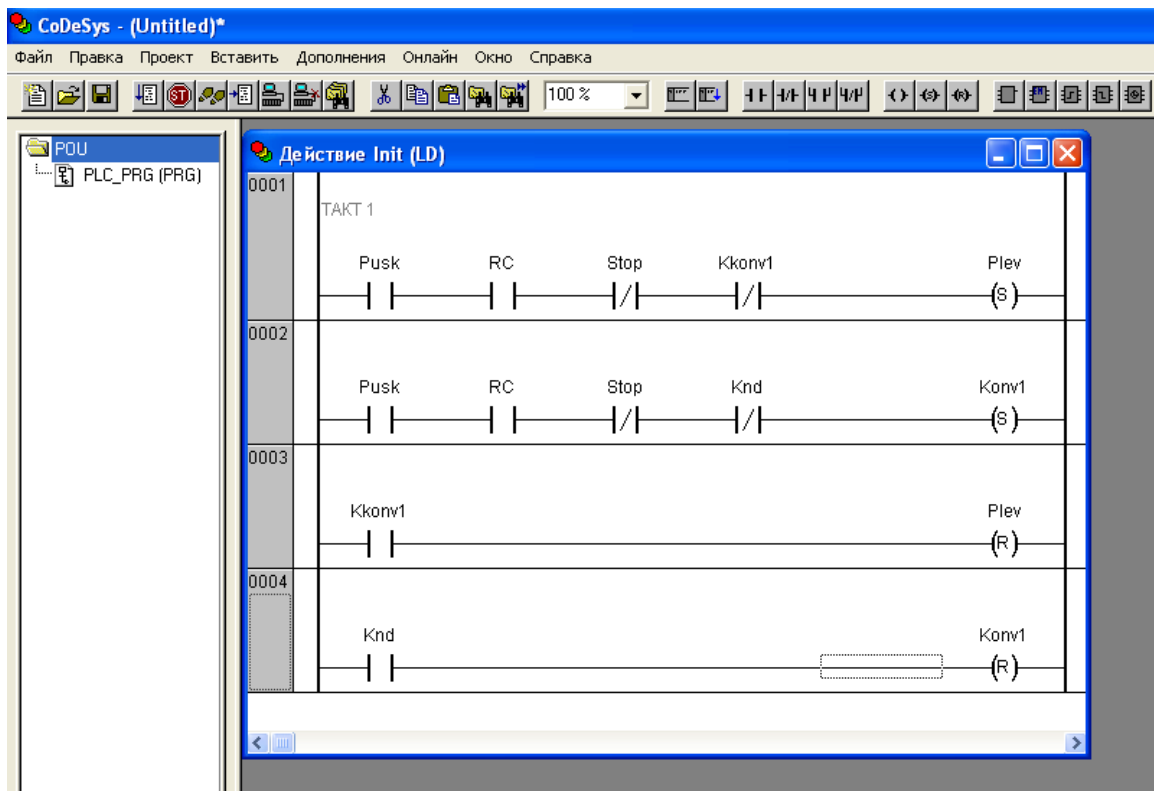


Рисунок 11 – LD-программа начального шага Init

Данный шаг Init соответствует действиям такта 1. LD-программа выполненная в среде CoDeSys, весьма схожа с LD-программой, выполненной в программной среде ZEN SUPPORT SOFTWARE (см. рисунок 5).

LD-программа, описывающая переход, обозначенный Trans0 в SFC-программе, показана на рисунке 12.

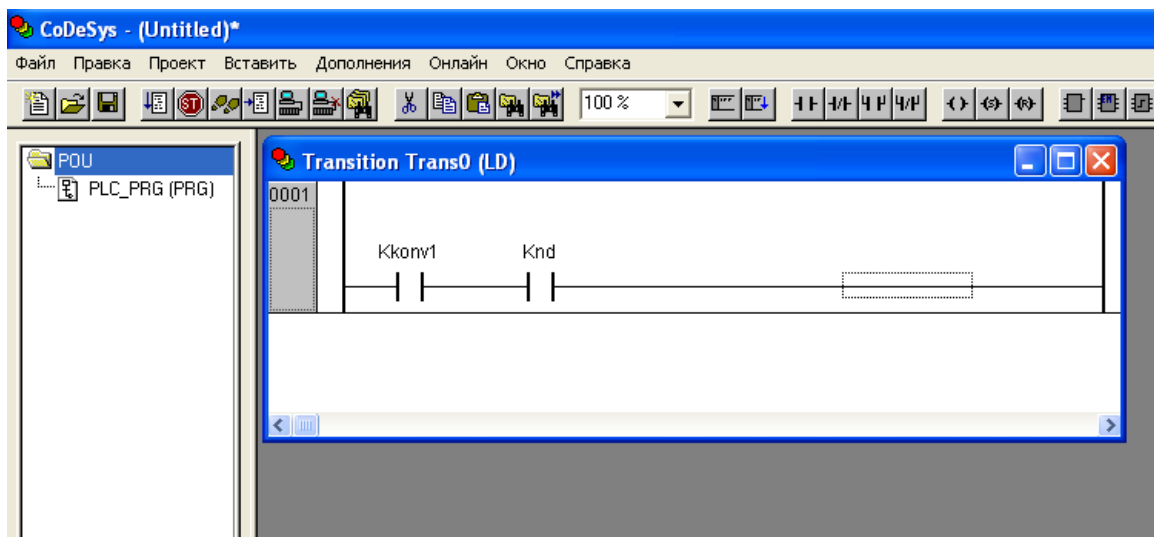


Рисунок 12 – LD-программа перехода Trans0

3 ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Система управления лифтом

Вызов лифта осуществляется от этажных кнопок SB. Перемещение кабины лифта обеспечивается реверсивным электродвигателем, управляемым магнитными пускателями KM1 (движение «Вверх») и KM2 (движение «Вниз»). Положение кабины лифта контролируется путевыми выключателями SQ. Открывание и закрывание дверей осуществляет электродвигатель, управляемый пускателем KM3.

Разработать систему управления лифтом при следующих условиях:

вариант 1 – в здании 3 этажа;

вариант 2 – в здании 4 этажа.

3.2 Система управления инструментальным магазином станка с ЧПУ

Инструментальный магазин оснащен реверсивным электроприводом, управляемым магнитными пускателями KM1 и KM2. Число позиций в магазине для размещения инструментов равно N.

По команде на смену инструмента инициируется автоматический цикл, который начинается с анализа кода N_ф фактической позиции инструментального магазина. Код N_ф формируется кодовым датчиком BQ. Если этот код совпадает с кодом N_з заданной позиции, то подтверждается выполнение цикла. В противном случае с помощью электромагнита Y1 происходит расфиксация магазина, выполнение которой подтверждается конечным выключателем SQ1. Далее определяется направление вращения магазина по кратчайшему пути к заданной позиции, после чего включается соответственно пускатель KM1 (поворот против часовой стрелки) или KM2 (поворот по часовой стрелке). При всяком прохождении позиции возможной фиксации срабатывает путевой выключатель SQ2 и осуществляется проверка совпадения кодов N_з = N_ф. Если совпадение в течение заранее установленной выдержки времени t, то это будет свидетельствовать об отказе. Совпадение кодов означает достижение заданной позиции, в которой отключается KM1 и KM2. Затем выключается электромагнит Y1 и магазин фиксируется. Подтверждением выполнения фиксации является сигнал с конечного выключателя SQ3.

Разработать систему управления заданным механизмом при следующих условиях:

вариант 1 – N=18, t=10 с;

вариант 2 – N=24, t=15 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сбродов Н.Б. Автоматизация технологических процессов и производств: Методические указания к курсовому проектированию. – Курган: КГУ, 2012.

2 Сбродов Н.Б. Автоматизация технологических процессов и производств: Задания к курсовому проектированию. – Курган: КГУ, 2011.

3 Сбродов Н.Б. Основы программирования контроллера ОВЕН ПЛК100 на языке LD: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов специальности (направлений) 220301, 220400.62, 220700.62.– Курган:

КГУ, 2012.

4 Сбродов Н.Б. Программирование контроллера модели ZEN фирмы OMRON в программной среде ZEN SUPPORT SOFTWARE: Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов специальности (направлений) 220301, 220400.62, 220700.62.– Курган: КГУ, 2012.

5 Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного программирования.- М.: СОЛОН-Пресс, 2004.- 256 с.

6 Минаев И.Г., Самойленко В.В. Программируемые логические контроллеры: практическое руководство для начинающего инженера.–Ставрополь: АРГУС, 2009. – 100 с.

7 www.owen.ru

8 www.automation-drives.ru/products/

9 www.prosoft.ru/products/brands/siemens/

10 www.omron.ru

11 www.prosoft.ru/products/brands/omron/

12 www.festo.com/

13 <http://www.3s-software.ru>

Сбродов Николай Борисович

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ЛОГИКО-ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ДИСКРЕТНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ
НА БАЗЕ ПЛК**

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»
для студентов очной и заочной форм обучения направлений 220301.65
«Автоматизация технологических процессов и производств
(в машиностроении)», 220400.62 «Управление в технических системах»,
220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Авторская редакция

Подписано к печати 11.02.14	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. №1
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,75	Уч.-изд. л. 1,75
Заказ 56	Тираж 15	Не для продажи

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.