

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

С.А. Николаенко, Д.С. Цокур

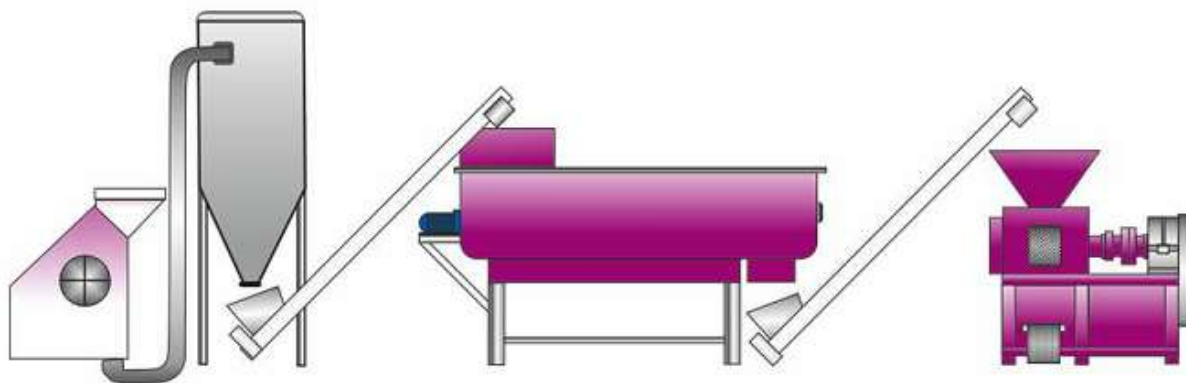
Учебное пособие



**С.А. Николаенко, Д.С. Цокур**

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Учебное пособие**



Краснодар  
2017

**УДК 681.5**  
**ББК 31.291**

**Рецензенты:**

**Г.П. Стародубцева** – профессор кафедры физики ФГБОУ ВО  
Ставропольского ГАУ, д-р с.-х. наук, профессор;

**И.В. Юдаев** – заместитель директора по научной работе  
Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ  
в г. Зернограде, д-р техн. наук, доцент

**Николаенко С.А.**

Автоматизация технологических процессов: учебное пособие / С.А. Николаенко, Д.С. Цокур. – Краснодар: Изд-во ООО «КРОН», 2017. – 109 с.

**ISBN 978-5-9909547-8-6**

В учебном пособии изложены теоретические основы, а также практические указания к выполнению курсовой работы студентами по дисциплине «Автоматизация технологических процессов». Представленный материал может использоваться для изучения особенностей технологических процессов в сельском хозяйстве и методов составления алгоритмов управления ими, а также умения владеть знаниями определенных ГОСТов и другой регламентируемой документацией. Пособие предназначено для очной, заочной и дистанционной форм обучения для обучающихся по направлениям подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», в соответствии с требованиями государственных общественных стандартов.

**УДК 681.5**  
**ББК 31.2**

**ISBN 978-5-9909547-8-6**

© Николаенко С.А., Цокур Д.С.  
ООО «КРОН»

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СХЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	7
2 РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНО- ЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	9
2.1 Общие сведения	9
2.2 Типовые звенья схем автоматизации на базе релейно- контактных схем	14
2.3 Разработка схемы управления линии предварительной очистки зерна на базе релейно-контактных схем	17
3 ПРОГРАММИРУЕМЫЕ РЕЛЕ	25
3.1 Общие сведения	25
3.2 Типовые звенья схем автоматизации, реализованных в про- грамме OWEN Logic	40
3.3 Разработка схемы управления линии предварительной очистки зерна на базе ПР 114	45
4 ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ	51
4.1 Общие сведения	51
4.2 Типовые звенья схем автоматизации, реализованных в про- грамме CoDeSys	63
4.3 Разработка схемы управления линии предварительной очистки зерна на базе ПЛК 160.	69
5 МЕТОДИКА РАССЧЕТА ПУСКОЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ	78
6 СОСТАВЛЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ ДИАГРАММЫ И БЛОК-СХЕМЫ РАБОТЫ МЕХАНИЗМОВ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА	85
7 СОСТАВЛЕНИЕ СМЕТЫ НА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО ШКАФА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	91
8 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	94
ПРИЛОЖЕНИЕ	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	105

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация создает техническую и научную основу для возникновения и последующего развития новейших направлений технического прогресса. В свою очередь, развитие микропроцессорной базы с применением новых радионавигационных систем и топоориентированных технологий, а также довольно быстрый рост технической оснащенности — все это создает необходимые предпосылки для проведения автоматизации деятельности сельскохозяйственного производства.

Таким образом, автоматизация производственных процессов является стратегическим направлением в развитии технологий и техники. Если учесть тот факт, что мировой уровень механизации самых важных в животноводстве и полеводстве процессов скоро достигнет 100%, то последующее развитие сельскохозяйственной техники наверняка будет характеризоваться более интенсивным использованием методов и средств автоматизации, робототехнических комплексов и информатизации.

Однако довольно часто стремление получить максимально высокое качество продукции и внедрение технологических интенсивных процессов ограничивается физиологическими возможностями обычного человека. Именно поэтому сегодня начинают широко использоваться высокоточные технологии, которые базируются на автоматическом управлении процессом. Следует отметить, что в течение последних десятилетий механизация сельского хозяйства сформировалась в отдельную, самостоятельную отрасль техники и науки, которая охватывает способы использования, теорию и принципы построения автоматизированных систем управления, действующих как с самым минимальным участием человека, так и без его участия.

Выделяют основные цели автоматизации технологического процесса:

- повышение эффективности производственного процесса;
- повышение безопасности производственного процесса.

Задачами являются:

- улучшение качества регулирования;

- повышение коэффициента готовности оборудования;
- улучшение эргономики труда операторов процесса;
- хранение информации о ходе технологического процесса и аварийных ситуациях.

Решение задач автоматизации технологического процесса осуществляется при помощи:

- внедрения современных методов автоматизации;
- внедрения современных средств автоматизации.

Автоматизация технологических процессов в рамках одного производственного процесса позволяет организовать основу для внедрения систем управления производством и систем управления предприятием. В связи с различностью подходов различают автоматизацию следующих технологических процессов:

- автоматизация непрерывных технологических процессов;
- автоматизация дискретных технологических процессов;
- автоматизация гибридных технологических процессов.

Непрерывные технологические процессы отличаются тем, что, как правило, сырье и полуфабрикаты подаются на переработку непрерывно в течение достаточно продолжительного времени, часто поступают с одного передела на другой без промежуточного хранения с задержкой только на время транспортировки. При этом машины и механизмы работают непрерывно во времени.

Дискретные технологические процессы характеризуются в основном следующими особенностями: наличием отдельных операций с четко выраженными началом и концом; наличием регламентированных перерывов с остановом и выключением различных групп технологического оборудования; относительной универсальностью единиц технологического оборудования, что обуславливает возможность выполнения на одном рабочем месте нескольких видов операций.

Гибридные технологические процессы объединяют в себе непрерывные и дискретные технологические процессы. Отличительная способность их заключается в объединении преимуществ разных технологий в одно единое целое.

Основной особенностью автоматизации сельскохозяйственного производства на современном этапе его развития является неразрывная связь биологических объектов с техникой, а следовательно, с непостоянными в различных промежутках времени параметрами (животных, растений, почвы), с непрерывностью процессов изготовления продукции и цикличностью получения продукции, свойственных только этим параметрам. В данных условиях системы автоматического управления должны учитывать следующие особенности:

- цикличность технологических процессов;
- сложность и многообразие производственных процессов – это обуславливается разнообразием техники и технологических процессов;
- связь техники с различными биологическими объектами – при этом технику следует рассматривать в качестве человеко-машинной системы;
- распределенность регулируемых и контролируемых параметров большинства объектов по технологическому полю или объекту (теплицы или хранилища) в совокупности с возможными случайными возмущающими воздействиями;
- условия работы автоматизированных систем (в неотапливаемых помещениях, на открытом воздухе) с изменением в достаточно широких пределах влажности, температуры, запыленности, состава агрессивных газов, интенсивности солнечной радиации и др.;
- удаленность сельскохозяйственной техники от ремонтной базы, ее рассредоточенность по большим территориям;
- низкой квалификацией обслуживающего персонала.

## 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СХЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

В последнее время для успешной автоматизации технологических процессов предъявляют ряд требований, которые условно можно разделить на три группы [1]:

- технологические требования;
- требования безопасности;
- требования надежности.

Технологические требования приемлемы для трех типов ТП и формулируются следующим образом:

1) обеспечить запуск всех машин и механизмов в последовательности, направленной против движения продукта (зерна, дерти, корнеклубнеплодов, сена и др.);

2) обеспечить остановку всех машин и механизмов в последовательности, совпадающей с направлением движения продукта;

3) обеспечить остановку поточных линий по команде «рабочий стоп» с целью очистки тракта;

4) схемы должны иметь режим пусконаладочных работ. Для этого в схемах необходимо предусмотреть деблокировочные режимы, обеспечивающие возможность включения отдельного электрооборудования;

5) при необходимости предусмотреть изменение технологических параметров, например, угловой скорости;

Требования безопасности:

1. Для безопасности обслуживающего персонала пуску сложных технологических установок должен предшествовать звуковой или световой сигнал.

2. Схемы должны обеспечивать невозможность неправильного включения или отключения электрических цепей.



3. Обеспечить защиту электрооборудования от аварийных режимов работы.

4. Предусмотреть аварийное отключение. При аварийном отключении одной из машин должны остановиться, без выдержки времени, все машины, работающие на ее загрузку, а с выдержкой времени – все машины, работающие на отгрузку.

Например: обеспечить последовательное включение размыкающих контактов защитных устройств в цепь катушки магнитного пускателя защищаемого электрооборудования.

Включение в общую цепь питания катушек не обеспечивает должной последовательности остановки при аварийных режимах. Замыкающие контакты магнитных пускателей защищаемого оборудования включить в цепь управления машин, работающих на загрузку.

Требования надежности:

1. Схемы управления должны быть относительно просты и состоять из однотипной аппаратуры, содержать минимальное число контактов.

2. Схемы должны быть разработаны с учетом удобства их монтажа в шкафах автоматического управления.

3. Схемы должны составляться таким образом, чтобы обеспечить контроль неисправностей. Необходимо наличие сигнализации о запуске отдельных машин.

4. Выбранная аппаратура должна соответствовать условиям работы электроустановок (число срабатываний, защита от воздействий окружающей среды).

5. Аппаратура должна быть доступна для проведения периодических технических осмотров и обслуживания.

6. Схемы должны учитывать последствия отказов аппаратуры, при этом алгоритм аварийного отключения должен быть соблюден.

## 2. РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

### 2.1 Общие сведения

Релейно-контактные схемы (их часто называют переключательными схемами) широко используются в технике автоматического управления.

К переключающим устройствам автоматики относятся:

- реле;
- контактные и бесконтактные устройства управления.

Реле – это коммутационное устройство, которое при воздействии каких-либо внешних факторов скачкообразно изменяет свое состояние.

По назначению реле бывают:

- управления (управляют электродвигателями, электромагнитными тормозами и т.п.);
- защиты (для включения и отключения аппаратов защиты, в схемах релейной защиты и т.п.);
- автоматики.

По характеру входной величины реле делятся на:

- электрические;
- оптические;
- тепловые;
- механические;
- акустические и т.п.

Электрические реле служат для включения и отключения электрических цепей, размножения контактов, блокировки, памяти и т.д.

Электрические реле различают:

по принципу действия

- электромагнитные;
- магнитоэлектрические;
- электронные;

- статические;
- электротепловые;

по способу коммутации:

- контактные;
- бесконтактные.

Рассмотрим некоторые из реле:

- 1) электрические реле;
- 2) реле на магнитоуправляемых контактах – герконовые реле;
- 3) электронные реле времени.

1. Электрические реле. Работа электромагнитных реле основана на использовании электромагнитных сил, возникающих в металлическом сердечнике при прохождении тока по виткам его катушки. Детали реле монтируются на основании и закрываются крышкой. Над сердечником электромагнита установлен подвижный якорь (пластина) с одним или несколькими контактами. Напротив них находятся соответствующие парные неподвижные контакты [6].

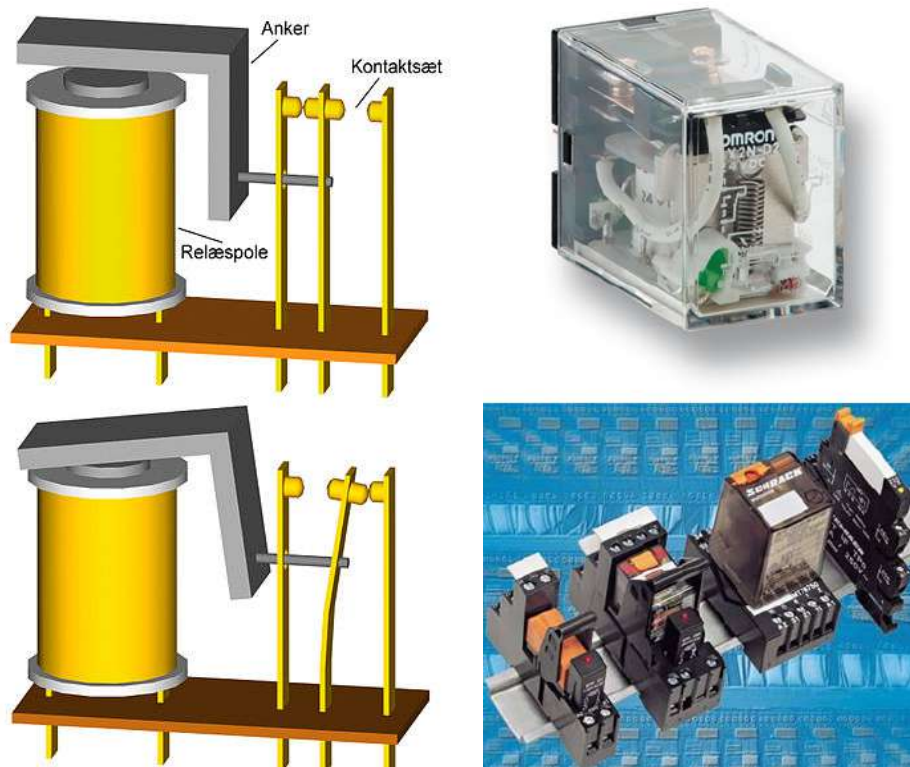


Рисунок 2.1 – Внешний вид электрических реле.

2. Реле на магнитоуправляемых контактах – герконовые реле. (сокращение от «герметичный [магнитоуправляемый] контакт») — электромеханическое устройство, представляющее собой пару ферромагнитных контактов, запаянных в герметичную стеклянную колбу. Принцип действия герконов основан на использовании сил взаимодействия, возникающих в магнитном поле между ферромагнитными телами. При этом силы вызывают деформацию и перемещение ферромагнитных токопроводов электронов. Магнитоуправляемый контакт (геркон) представляет собой электрический аппарат, изменяющий состояние электрической цепи посредством механического размыкания или замыкания ее при воздействии управляющего магнитного поля на его элементы, совмещающие функции контактов, пружин и участков электрической и магнитной цепей.

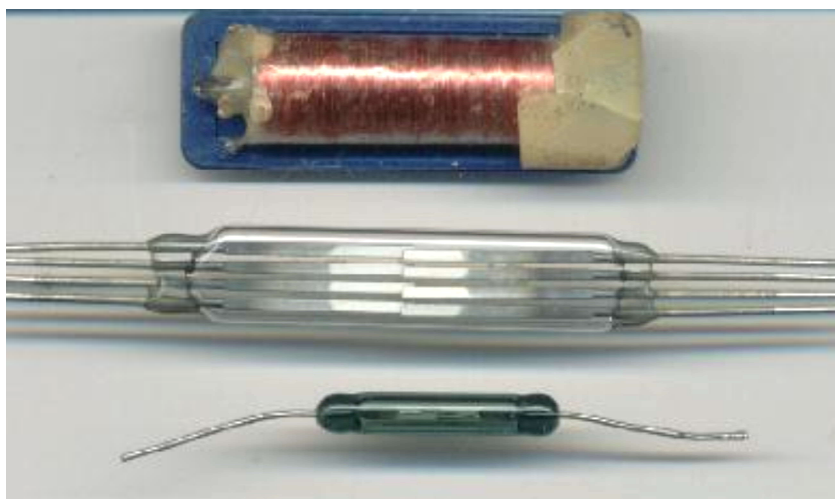


Рисунок 2.2 – Внешний вид реле на магнитоуправляемых контактах – герконовые реле.

3. Электронные реле времени. Реле времени – реле, предназначенное для создания независимой выдержки времени и обеспечения определенной последовательности работы элементов схемы. Реле времени применяется в случаях, когда необходимо автоматически выполнить какое-то действие не сразу после появления управляющего сигнала, а через установленный промежуток времени.

До появления недорогих микроконтроллеров работа электронных реле времени была основана на переходных процессах в разрядном контуре RC или RL.



Рисунок 2.3 – Внешний вид электронного реле времени.

Современные реле времени обрабатывают необходимую задержку времени в соответствии с программой, «защитой» в микроконтроллер. При этом сам микроконтроллер может тактироваться с помощью встроенного кварцевого резонатора или RC-генератора.

Контактные устройства управления. Магнитный пускатель является коммутационным аппаратом и относится к семейству электромагнитных контакторов, позволяющих коммутировать мощные нагрузки постоянного и переменного тока, и предназначен для частых включений и отключений силовых электрических цепей [17].



Рисунок 2.4 – Внешний вид магнитного пускателя.

Магнитные пускатели применяются в основном для пуска, останова и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей, но из-за своей неприхотливости они прекрасно работают в схемах дистанционного управления освещением, в схемах управления компрессорами, насосами, кран-балками, тепловыми печами, кондиционерами, ленточными конвейерами и т.д.

Принцип работы магнитного пускателя. Принцип работы очень простой: напряжение питания подается на катушку пускателя, в катушке возникает магнитное поле, за счет которого вовнутрь катушки втягивается металлический сердечник, к которому закреплена группа силовых (рабочих) контактов, контакты замыкаются, и через них начинает течь электрический ток. Управление магнитным пускателем осуществляется кнопками «Пуск», «Стоп», «Вперед» и «Назад».

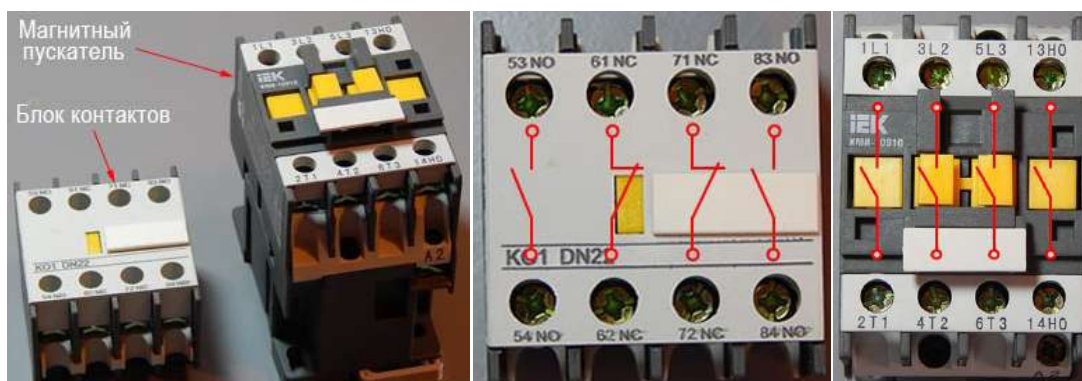


Рисунок 2.5 – Внешний вид магнитного пускателя и блока контактов с нанесенными обозначениями контактов.

Часто к магнитному пускателю устанавливают блок контактов. Хотя блок контактов и не является основной частью магнитного пускателя и не всегда он используется, но, если пускатель работает в схеме, где должны быть задействованы дополнительные контакты этого пускателя, например, реверс электродвигателя, сигнализация работы пускателя или включение дополнительного оборудования пускателем, то для размножения контактов как раз и служит блок контактов, или, как его еще называют, приставка контактная [5].

## 2.2 Типовые звенья схем автоматизации на базе релейно-контактных элементов

Для составления схем управления технологических процессов часто используют типовые звенья, реализованные в частном случае на базе релейно-контактных элементов. Выделяют четыре самых распространенных звена, первым, из которых является звено *нереверсивной схемы управления*. Состоит из двух кнопок управления и магнитного пускателя. Предназначено для ручного управления включением и отключением электроустановок (двигателей, нагревателей систем освещения и прочее) [11].

Принцип работы: при нажатии на кнопку пуска SB2 контакт кнопки замыкает цепь с катушкой магнитного пускателя KM1, который в свою очередь силовыми контактами подаёт питание к потребителю (на схеме не обозначены силовые контакты), а дополнительным контактом KM1.1 шунтирует кнопку пуска. При этом магнитный пускатель включает себя на «самоудержание». Для отключения потребителя необходимо нажать кнопку «Стоп» SB1, что приведет к разрыву питающей цепи и размыканию катушки магнитного пускателя. Защита электродвигателя от перегрузки в представленной схеме управления реализуется посредством размыкающего контакта теплового реле KK1.1. В последующих схемах управления эта защита также будет реализовываться.

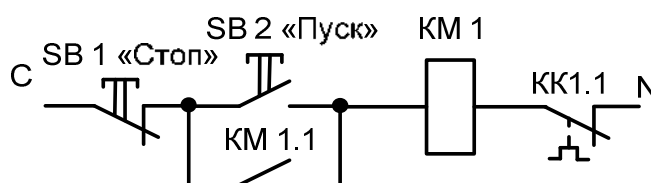


Рисунок 2.6 – Нереверсивная схема управления электродвигателя.

Звено *реверсивной схемы управления*. Состоит из трех кнопок управления и двух магнитных пускателей. В общем случае может использоваться для взаимоисключающего управления работой 2 механизмов. Реверсивная схема в первую очередь предназначена для реверсивного управления трехфазным асин-

хронным электродвигателем. Схема содержит 2 блокировки, исключающие одновременную работу 2 магнитных пускателей [17].

Принцип работы: при нажатии на кнопку пуска «Вперед» SB2 один контакт кнопки замыкает цепь с катушкой магнитного пускателя KM1, что приводит к включению электродвигателя, другой наоборот разрывает цепь с катушкой магнитного пускателя KM2, тем самым не дает возможности одновременной подачи питания на две цепи управления. При этом дополнительным контактом KM1.1 шунтирует кнопку пуска, тем самым обеспечивая питания первой катушки магнитного пускателя.

При нажатии на кнопку пуска «Назад» SB3 нарушается целостность цепи питания катушки магнитного пускателя KM1 и она отключается, и одновременно с этим замыкается цепь с KM2. Это приводит к включению электродвигателя к сети только с другим чередованием фаз.

Для отключения электродвигателя от сети необходимо нажать кнопку «Стоп» SB1, что приведет к разрыву питающей цепи и размыканию одной из катушек магнитного пускателя. Для защиты от одновременного включения двух катушек предусмотрены блокировочные контакты KM2.2 и KM1.2.

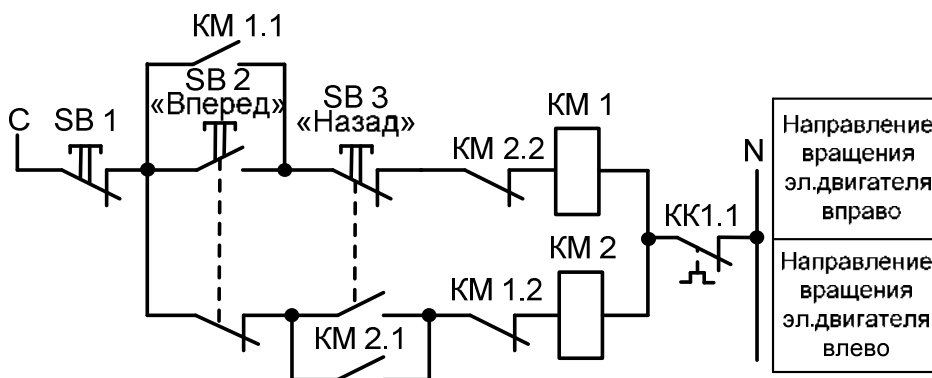


Рисунок 2.7 – Реверсивная схема управления электродвигателя.

Звено *пускосигнальное* предназначено для предупреждения персонала о запуске электроустановки либо электродвигателей технологической линии. Составляет из двух кнопок управления, магнитного пускателя, промежуточного реле и реле времени.



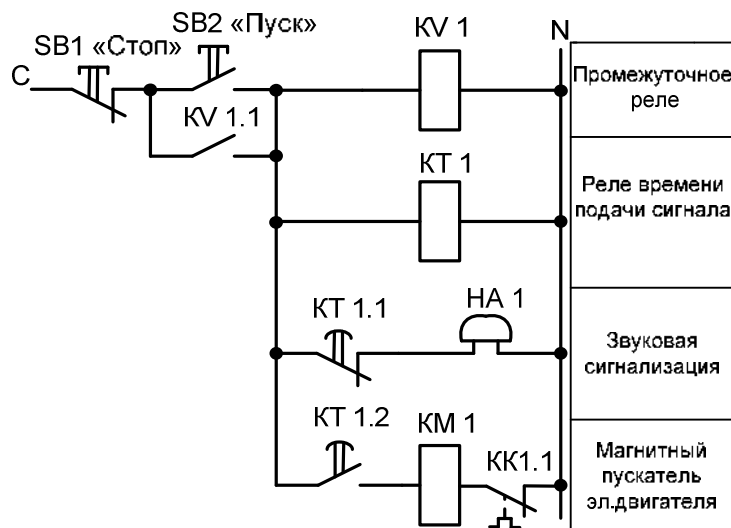


Рисунок 2.8 – Схема пускосигнального звена.

Представленное на рисунке звено работает следующим образом. При нажатии на кнопку «Пуск» SB2 питание подается одновременно на катушку промежуточного реле KV1, реле времени KT1 и через его замкнутый контакт KT1.1 на звонок. При этом промежуточное реле служит только для шунтирования кнопки SB2 контактом KV1.1. Реле времени имеет два контакта, работа которых определяется временем установки. Так контакт KT1.1 в первоначальный момент замкнут (KT1.2 разомкнут), питание непрерывно подается на звонок HA1. После установленного времени реле срабатывает и замыкается контакт KT1.2 (KT1.1 разомкнут), что приводит к подаче питания на катушку магнитного пускателя KM1, которая в свою очередь включает механизм.

Звено «Рабочий стоп» предназначено для обеспечения технологической остановки поточной линии с целью очистки тракта. Состоит из одной кнопки управления, промежуточного реле и реле времени. Работает следующим образом: при нажатии кнопки SB1 «Рабочий стоп» питание подается на промежуточное реле KV1 и реле времени KT1. При этом одним контактом промежуточного реле KV1.1 происходит шунтирование кнопки SB1, а другим KV1.2 – размыкание цепи питания магнитного пускателя головного механизма. Это приво-

дит к отключению механизма, подающего продукт на линию, тем самым происходит очистка тракта.

Роль реле времени в данной схеме заключается в отключении питания всей схемы управления с задержкой по времени, необходимой для полной очистки механизмов от продукта. Так контакт КТ1.1 размещается в схеме управления, в зависимости от технологического процесса, либо в цепи с катушкой магнитного пускателя первого включенного механизма, либо в цепи с промежуточным реле KV1, контакт которого шунтирует кнопку питания SB2 схемы управления.

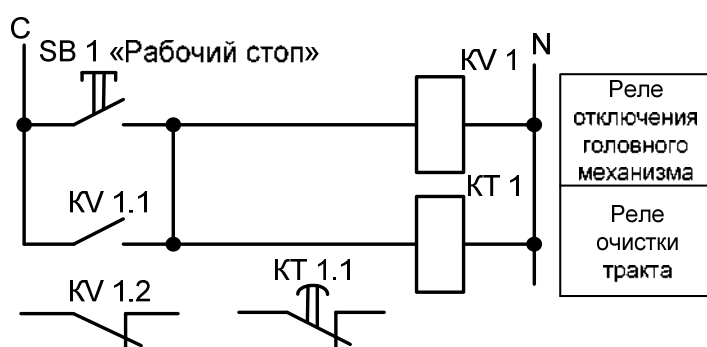


Рисунок 2.9 – Схема рабочего стопа.

### 2.3 Разработка схемы управления линии предварительной очистки зерна на базе релейно-контактных схем

Линия предварительной очистки зерна включает в себя: ковшовую норию, молотковую дробилку, скребковый транспортер и бункер для хранения зерна. Поточная линия производит перемещение продукта ковшовой норией на дробилку, в которой зерно измельчается и далее скребковым транспортером загружается в бункер для зерна. В бункере установлен датчик уровня, при срабатывании которого линия полностью отключается. На рисунке 2.10 представлена технологическая линия [17].



Рисунок 2.10 – Внешний вид линии предварительной обработки зерна.

Для правильного составления схемы управления линии необходимо сначала рассмотреть механизмы линии, изучить их особенности работы и только после этого приступить к составлению алгоритма управления.

Дробилка ДМ-10 обеспечивает измельчение как зерновых компонентов комбикорма (пшеница, ячмень, кукуруза, горох и т.д.), так и не зерновых (шрот, жмых, травяная мука, ракушка и т.д.). Дробилка ДМ-10 состоит из следующих основных сборочных единиц: рамы, корпуса, ротора, бункера, двух решет и привода. Дробилка комплектуется сменными решетками с диаметром отверстий 4,8 и 6,3мм. Рама предназначена для установки дробилки, представляет собой сварную конструкцию из швеллеров, пластин и косынок.

Корпус дробилки – сборная конструкция, включающая в себя переднюю и заднюю стенки, три перемычки, две опоры, вставку и полки. Для предохранения дробилки в случае взрыва пыли в камере дробления в передней и задней стенках выполнены по два предохранительных отверстия, закрываемых резиновыми крышками.

Ротор представляет собой сборную конструкцию из вала с приваренными пятью дисками. В шести отверстиях дисков при помощи втулок установлены оси, на которых в определенном порядке подвешены шарнирно 120 молотков.

Бункер служит для сглаживания пульсирующего потока зерна и очистки его от посторонних предметов. Бункер снабжен решеткой и магнитным сепаратором. На одной из боковых стенок бункера установлен датчик потока или уровня, заблокированный с приводами дробилки и загрузочного механизма, обеспечивающий возможность регулировки загрузки дробилки.

Привод включает в себя электродвигатель, втулочно-пальцевую муфту и защитный кожух.

Нория ленточного типа ковшовая предназначена для вертикального перемещения зерна и продуктов его переработки. Нория состоит из бесконечного тягового элемента с прикрепленными к нему ковшами, являющимися рабочим элементом. Тяговый элемент огибает приводной и натяжной барабаны. Тяговый элемент, приводной и натяжной барабаны заключены в металлическом кожухе, верхняя часть которого носит название головки, нижняя – башмака. Головка и башмак соединены норийными трубами. Сыпучий груз подается в башмак через загрузочный носок. При огибании тяговым элементом приводного барабана происходит разгрузка ковшей и груз через носок удаляется из головки.

Для предотвращения раскачивания тягового элемента, просыпания груза из ковшей и обеспечения необходимого натяжения тягового элемента нижний барабан связан с натяжным винтовым устройством. Барабан головки приводится в движение от электропривода через клиноременную и цепную передачи.

Взрыворазрядитель предназначен для отвода взрывной волны в случае ее возникновения. Аспирация нории осуществляется посредством аспирационной трубы, путем отсоса запыленного воздуха из нории в аспирационную сеть предприятия.

Дополнительно: для предотвращения завала башмака транспортируемым продуктом на норийной трубе устанавливается датчик подпора ВВЕ-Ц30-96-

2111-3А на расстоянии 200–250 мм выше фланца башмака. При превышении допустимого уровня продукта размыкаются контакты цепи управления электродвигателя, приводящего в движение транспортер, подающий продукт в элеватор. Транспортер останавливается, а элеватор продолжает работать и уменьшает подпор груза в носке.

Контроль скорости при пробуксовке или обрыве ленты осуществляется при помощи датчика скорости ВБИ-М30-49-2111-Л. При уменьшении частоты вращения барабана индуцируемый ток в датчике ВБИ-М30-49-2111-Л уменьшается, что приводит к срабатыванию реле и отключению механизмов, подающих продукт в элеватор.

Наша поточная линия не рассматривает механизмы, стоящие впереди нории, поэтому при составлении схемы особенности работы ковшовой нории мы учитывать не будем.

Скребковые транспортеры предназначены для транспортирования мелкокусковых и сыпучих материалов. Он состоит из приводной и натяжной секции, между которыми расположены промежуточные прямые и изогнутые секции, внутри которых расположена подвижная цепь со скребками. При запуске приводной станции транспортируемый продукт перемещается с одного конца конвейера (транспортера) на противоположный конец при помощи подвижной цепи со скребками [6].

На основании рассмотренных механизмов линии и их работы выдвигают требования к схеме управления:

- 1) перед запуском линии дробления предусмотреть звуковую сигнализацию;
- 2) электродвигатели нории, дробилки, транспортера должны быть защищены от перегрузки;
- 3) предусмотреть задержку на включение ковшовой нории;
- 4) при достижении уровня в бункере линия должна отключаться. Контроль заполнения бункера осуществляется датчиком уровня;
- 5) схема управления должна иметь режим «Рабочий стоп»;
- 6) схема управления должна иметь режим пусконаладочных работ;

- 7) схема должна иметь световую индикацию работы механизмов.
- 8) схема должна иметь два режима работы: автоматический и ручной.

Порядок выполнения работы:

- 1) внимательно изучить технологический процесс предварительной обработки зерна;
- 2) с учетом технологических требований, предъявляемых к схеме управления процессом обработки зерна, необходимо разработать электрическую релейно-контактную схему управления;
- 3) проверить разработанную схему управления на работоспособность на существующем стенде;
- 4) составить отчет о проделанной работе, в котором необходимо отобразить: название лабораторной работы, цель работы, основные требования, предъявляемые к разрабатываемой схеме управления, графический вид схемы управления.

Схему управления рассмотренного технологического процесса можно реализовать с помощью типовых релейно-контактных блок-схем. Для реализации выдвинутых требований используют блок-схемы: пускосигнального звена, именно с него и начнется схема управления, нереверсивного управления электродвигателем и звена «рабочего стопа». Основной задачей остается связать уже известные нам блок-схемы друг с другом и выстроить алгоритм управления.

Реализацию схемы управления начнем с переключателя режимов работы SA1. Именно он позволяет выбирать режим работы: автоматический – основной режим работы, ручной – режим пусконаладочных работ.

Режим пусконаладочных работ заключается в подаче питания через кнопки с фиксацией SB4-SB6 к катушкам магнитных пускателей механизмов линии в обход всей логики управления. В этом режиме оператор сам принимает реше-

ние по длительности работы линии или какого-то отдельного механизма, контроль заполнения бункера осуществляется только визуально.

Как правило, этот режим работы применяется либо при аварийных режимах работы, когда логика управления нарушена и необходимо завершить технологический процесс без утраты продукта на линии, либо при пусконаладочных работах, когда после ремонта какого-то механизма линии необходимо запустить только лишь его, а не все механизмы линии.

После переключателя режимов работы в схему управления включен блок пускосигнального звена, который позволяет, с задержкой по времени, одновременно отключить звонок и включить механизм скребкового транспортера.

При составлении релейно-контактных схем последовательность включения или отключения механизмов реализуется посредством замыкающих контактов магнитных пускателей. Так в нашем случае, если питание присутствует на катушке магнитного пускателя КМ1 (скребковый транспортер), то соответственно через контакт КМ1.1 питание также будет и на катушке магнитного пускателя КМ2 (молотковая дробилка).

Одновременно все механизмы линии запускать нецелесообразно, поскольку в процессе работы может возникнуть такой режим работы, когда электропривода двух механизмов линии еще не вышли на свой номинальный режим работы, а на них уже, через головной механизм, подается продукт, что приводит к аварийной остановке линии. Поэтому в схеме управления питание на катушку магнитного пускателя КМ3 головного механизма подается с временной задержкой, реализованной релем времени КТ2.

Механизмы линии все включены, осуществляется работа. Иногда во время работы наступает момент, когда бункер еще не полный, а линию необходимо отключить. В этом случае в схеме управления используют блок «рабочего стопа», который позволяет произвести отключение всех механизмов линии в правильной последовательности (по направлению движения продукта по линии). Так при нажатии на кнопку SB3 включается промежуточное реле КV2, размыкающий контакт которого КV2.2 разрывает цепь с катушкой КМ3, от-

ключается головной механизм линии. При этом реле времени КТЗ производит отчет времени работы линии на очистку механизмов от продукта. После определенного времени контакт реле времени КТЗ.1 разрывает цепь с промежуточным реле КV1, контакт которого является шунтирующей кнопкой пуска. Это приводит к отключению всей схемы управления и, как следствие, остановке механизмов линии. Аналогичный алгоритм работы схемы управления при срабатывании датчика уровня в бункере SL1.

Защита электродвигателей линии от перегрузок в представленной схеме управления реализуется посредством размыкающих контактов тепловых реле КК1.1-КК3.1, которые установлены соответственно последовательно в цепях с катушками магнитных пускателей КМ1...КМ3.

Для визуального контроля работы механизмов линии в схеме управления установлены сигнальные лампы индикации НЛ1...НЛ3. При нормальном режиме работы механизмов линии, лампы индикации будут гореть. В случае аварийного отключения, питание в цепи с магнитным пускателем пропадает, и соответственно лампа индикации гаснет.

На рисунке 2.11 изображена релейно-контактная схема управления линии предварительной очистки зерна.



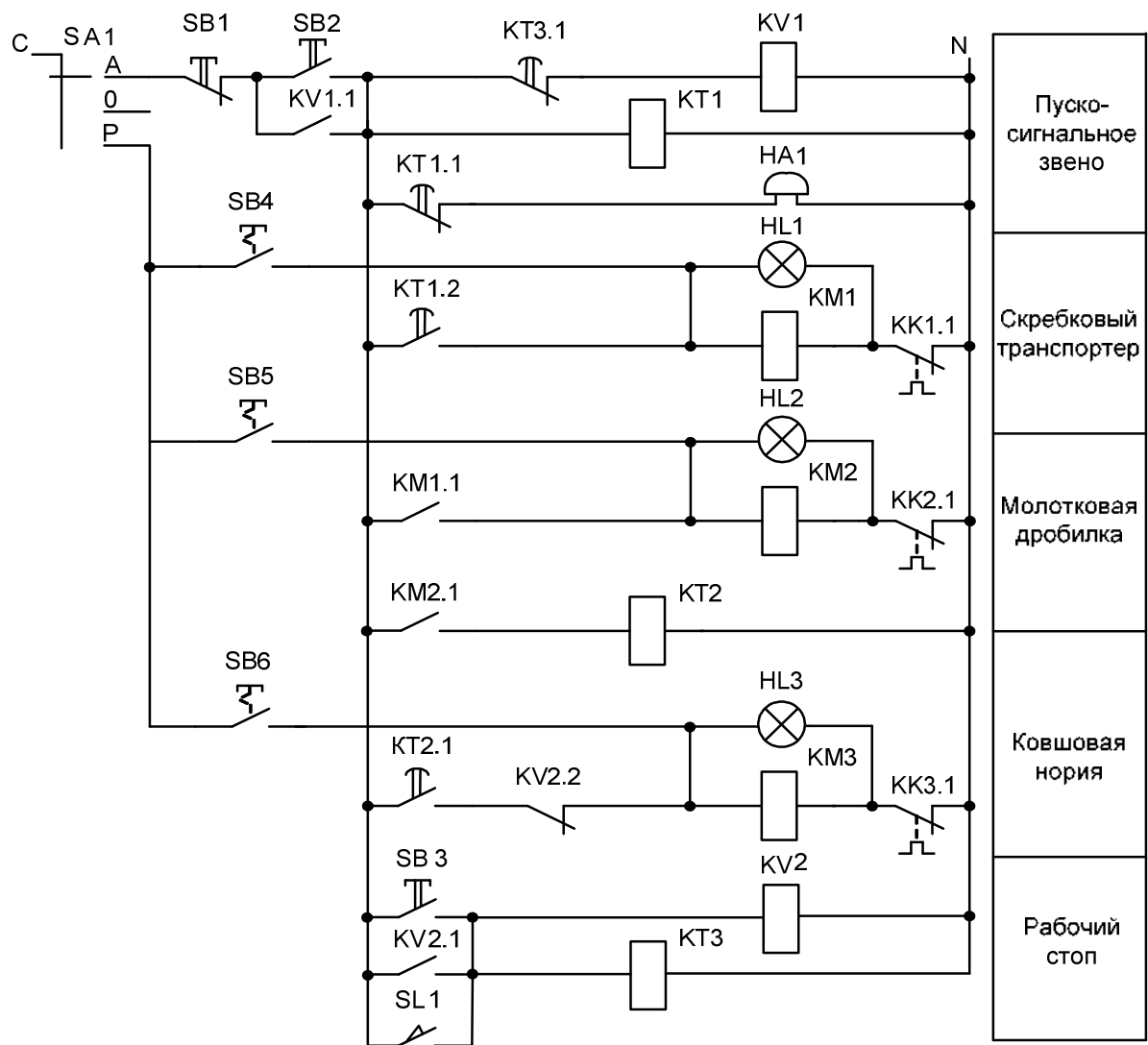


Рисунок 2.11 – Релейно-контактная схема управления линии предварительной очистки зерна.

### 3 ПРОГРАММИРУЕМЫЕ РЕЛЕ

#### 3.1 Общие сведения

ОВЕН ПР114 – это свободно программируемое устройство, которое не содержит в своей памяти заранее написанной программы. Алгоритм работы программируемого реле формируется непосредственно пользователем, что делает прибор универсальным и дает возможность широко использовать его в различных областях промышленности, сельском хозяйстве, ЖКХ и на транспорте.

Специалисты «ОВЕН» рекомендуют использовать приборы данной линейки при замене устаревших релейных систем защиты и контроля. За счет внутренней логики прибора можно значительно сократить количество коммутируемых электромагнитных устройств, что снизит затраты на проектирование и эксплуатацию систем, а также повысит их надежность.

Программирование ПР не требует специальных навыков, поскольку осуществляется с помощью простой и интуитивно понятной среды программирования [2].

Область применения:

- 1) управление наружным и внутренним освещением, освещением витрин;
- 2) управление технологическим оборудованием (насосами, вентиляторами, компрессорами, прессами);
- 3) конвейерные системы;
- 4) управление подъемниками и т. д.

Логика работы прибора ПР114 определяется пользователем в процессе программирования с помощью среды «OWEN Logic».

Общий вид прибора с указанными номерами клемм, разъема программирования и светодиодов, а также способы подключения дискретных датчиков с выходом типа «сухой контакт» представлены на рисунках 3.1 и 3.2.

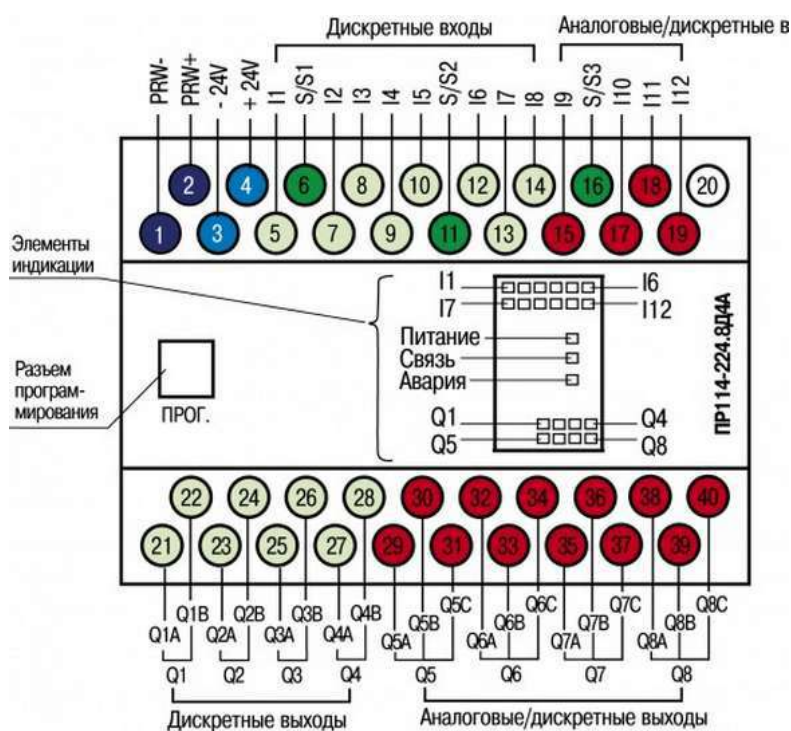


Рисунок 3.1 – Схема расположения контактов и элементов индикации в приборе ПР114

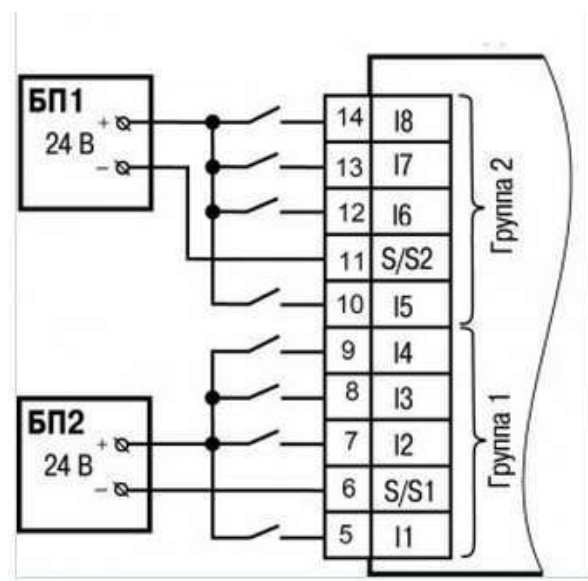


Рисунок 3.2 – Схема подключения к ПР114 дискретных датчиков с выходом типа «сухой контакт»

### Основные характеристики

Программа OWEN Logic позволяет сформировать схему автоматизации, соответствующую конкретному комплексу процедур, управление которыми

должен выполнять ПР при подаче сигналов на его входы [19].

Управление внешними устройствами выполняют коммутационные элементы на выходах ПР по загруженной в его энергонезависимую память коммутационной программе (проекту).

Одновременно среда программирования может работать только с одним проектом. При создании проекта не требуется подключения ПР.

Последовательность операций при работе следующая:

- 1) запуск среды программирования на ПК (запуск программы OWEN Logic);
- 2) создание нового проекта (для конкретной модели ПР) или запуск существующего проекта для редактирования;
- 3) сохранение проекта в виде файла (с любым именем);
- 4) загрузка проекта в ПР.

В программе используется визуальный язык FBD, в котором заложены принципы построения электрических схем, работающих с логическими сигналами.

В создаваемой при помощи программы схеме можно использовать функции (логические НЕ, И, ИЛИ, исключаяющие ИЛИ), а также специальные функциональные блоки.

### Особенности коммутационной программы

Коммутационная программа для ПР составляется с учетом количества имеющихся у него входов, выходов и наличия часов реального времени. Общая структура для таких программ показана на рисунке 3.3 [8].

Работу ПР можно представить в виде последовательно выполняемых шагов:

**Шаг 1** – логическое состояние входов автоматически записывается в ячейки памяти входов (количество ячеек равно числу входов);

**Шаг 2** – коммутационная программа считывает значения из ячеек памяти входов и выполняет над ними логические операции, в соответствии со схемой автоматизации.

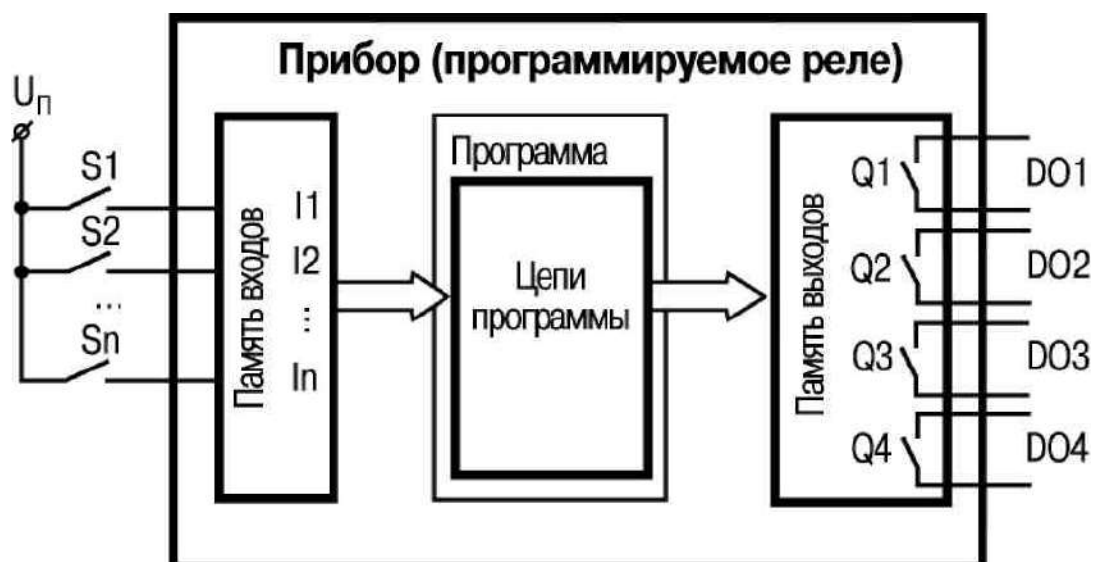


Рисунок 3.3 – Функциональная схема работы ПР ( $S1-Sn$  – переключатели или кнопки,  $Q1-Q4$  – выходные реле).

**Шаг 3** – после обработки всей коммутационной программы производится запись результатов на физические выходы ПР (для включения контактов выходных реле  $Q1, \dots, Q4$ ).

**Шаг N** – переход на шаг 1 (после выполнения всех предыдущих шагов обработки коммутационной программы цикл работы ПР повторяется с первого шага). Скорость повторения определяется внутренней тактовой частотой работы ПР.

Время выполнения всех шагов называется рабочим циклом ПР (зависит от количества выполняемых операций в цепях схемы).

Работа с программой

*Графический интерфейс*

После запуска программы OWEN Logic появляется главное окно программы, приведенное на рисунке 3.4.

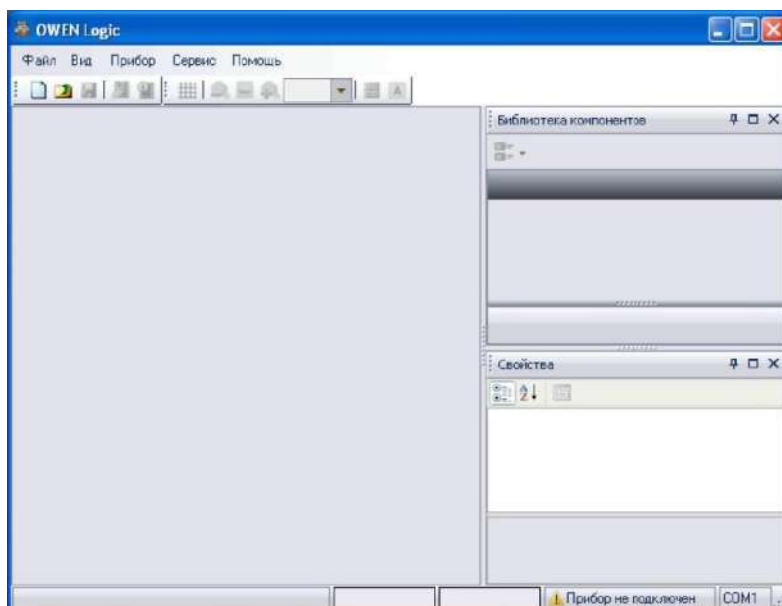


Рисунок 3.4 – Главное окно программы (вид до открытия проекта).

Главное окно программы включает:

- заголовок окна (верхняя строка) – после создания проекта в заголовке автоматически выводится информация об имени файла проекта и его месте размещения на ПК;
- главное меню программы: Файл, Вид, Прибор, Сервис, Помощь;
- панели инструментов для быстрого вызова часто используемых действий

*Создание нового проекта и его сохранение.*

После запуска программы OWEN Logic следует нажать кнопку «Создать» на панели инструментов – при этом появится окно выбора типа ПР, для которого будет создаваться проект (рисунок 3.5) [10].

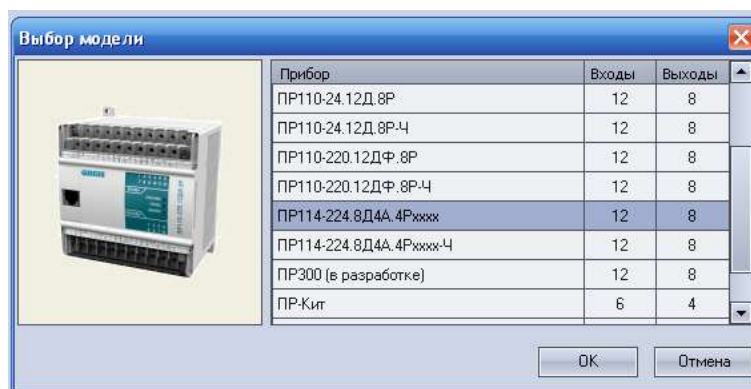


Рисунок 3.5 – Окно «Выбор модели» ПР для проекта.

После выделения курсором нужной модели ПР выбор подтверждается нажатием кнопки ОК, в рабочей области программы появится поле (холст), на краях которого слева размещены входы I1–I8, а справа – выходы Q1–Q4 ПР (рисунок 3.6).

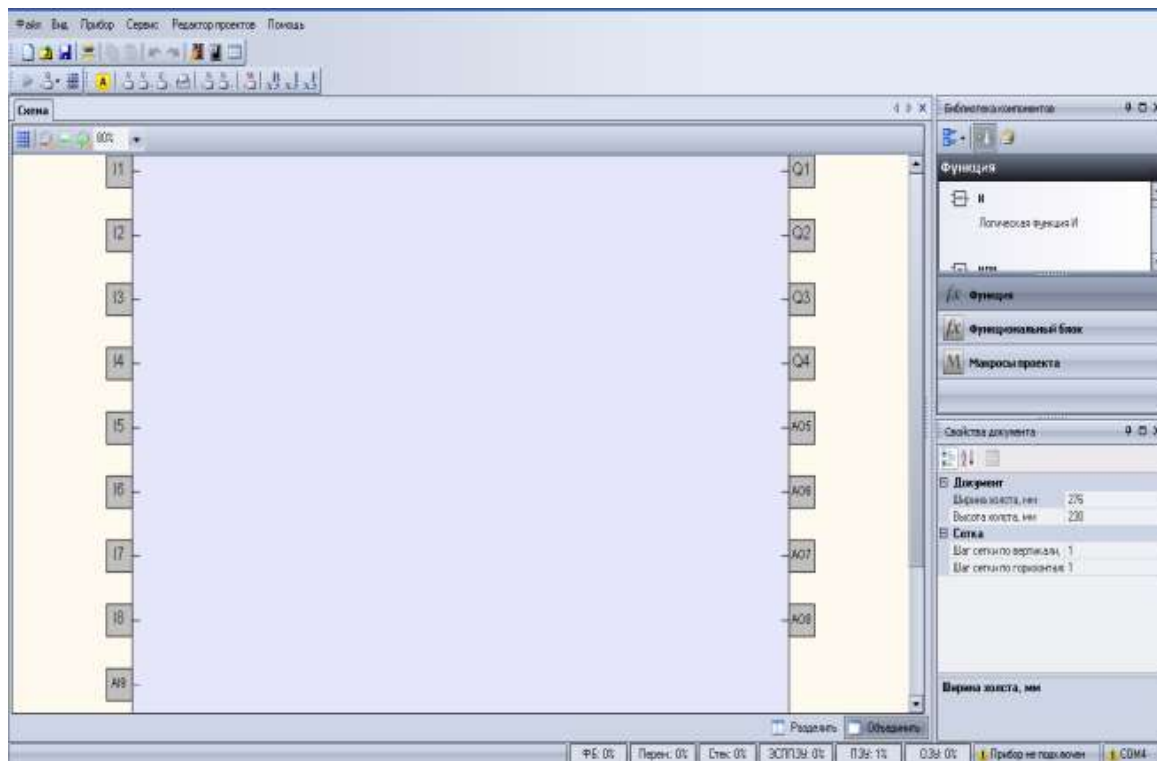


Рисунок 3.6 – Вид окна программы после выбора модели ПР.

Проект создается путем перетаскивания выделенных курсором мыши блоков из вкладки «Библиотека компонентов» на рабочее поле (холст) и виртуального соединения цепей блоков между собой и с входами и выходами ПР. Для установки соединений цепей блоков пользователь курсором мыши указывает начальную (вход/выход) и конечную (вход/выход) точки привязки.

**Примечание.** Связь не может устанавливаться только между входами (или только между выходами) графических компонентов – допустимым является соединение выхода и входов.

## Функции логических элементов программы

### Функция «НЕ» (NOT)

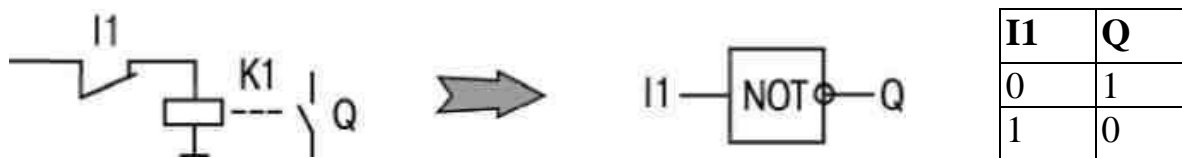


Рисунок 3.7 – Электрическая принципиальная схема функции «НЕ».

Элемент используется для инвертирования сигнала. На выходе элемента логическая «1» (выход включен), если на входе логический «0» (контакты разомкнуты) и наоборот – инвертируется сигнал.

### Функция «И» (AND)

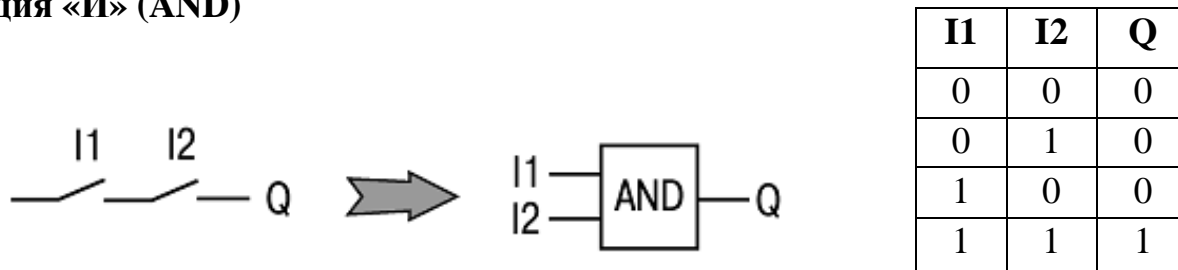


Рисунок 3.8 – Электрическая принципиальная схема функции «И».

Элемент используется для выполнения логических операций. На выходе элемента логическая «1» (выход включен), если на всех входах логическая «1» (все входы включены – контакты замкнуты). Работе соответствует приведенная таблица состояний.

### Функция «ИЛИ» (OR)

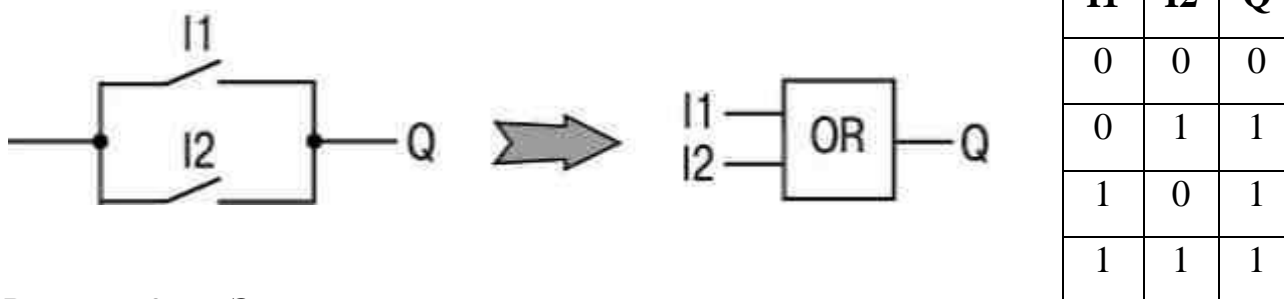


Рисунок 3.9 – Электрическая принципиальная схема функции «ИЛИ».



Элемент используется для выполнения логических операций. На выходе элемента логическая «1» (выход включен), только если на любом из входов логическая «1». При использовании функций **И** и **ИЛИ** следует учитывать, что неподключенные входы логических элементов к входам ПР или другим элементам в программе будут иметь следующие состояния:

- для элемента **И (AND)** – логическая «1»;
- для элемента **ИЛИ (OR)** – логический «0». В этом случае логические элементы выполняют функцию повторителя сигнала.

Для увеличения числа входов у логических элементов используется их каскадное включение, например, как это показано на рисунке 3.10.

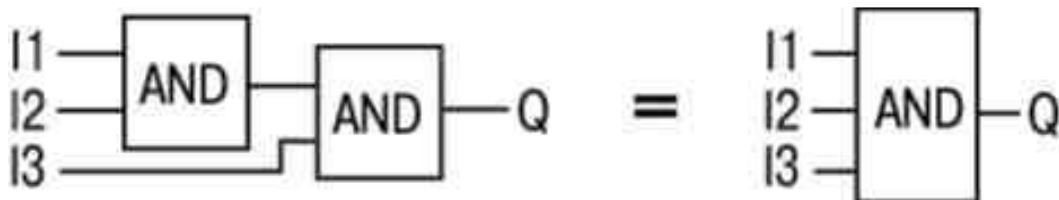


Рисунок 3.10 – Пример каскадного включения логических элементов «И».

#### Функциональные блоки программы

##### **RS-триггер с приоритетом выключения (RS).**

Блок используется для переключения с фиксацией состояния при поступлении коротких импульсов на соответствующий вход. Работу поясняет приведенная на рисунке диаграмма.

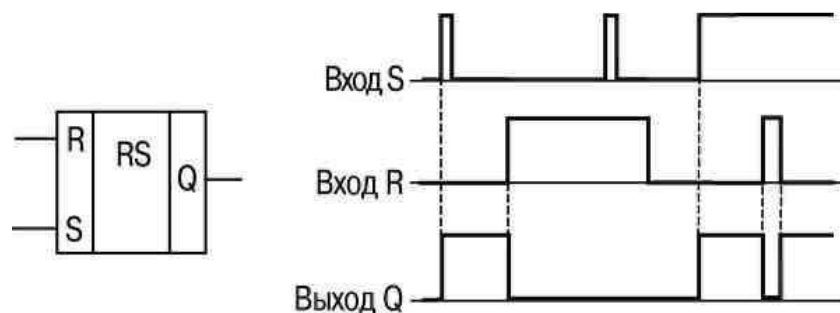


Рисунок 3.11 – Диаграмма работы RS-триггера с приоритетом выключения.

На выходе блока появится логическая «1» по фронту сигнала на входе S. При одновременном поступлении сигналов на входы приоритетным является сигнал входа R.

### SR-триггер с приоритетом включения (SR).

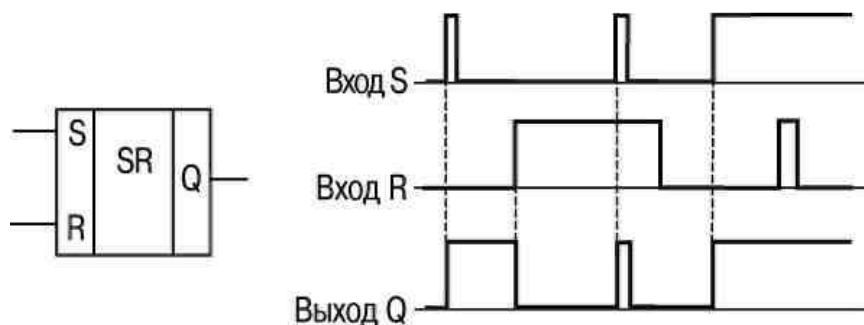


Рисунок 3.12 – Диаграмма работы SR-триггера с приоритетом включения.

Блок используется для переключения с фиксацией состояния при поступлении коротких импульсов на соответствующий вход. Работу поясняет приведенная на рисунке диаграмма. На выходе блока появится логическая «1» по фронту сигнала на входе S. При одновременном поступлении сигналов на входы приоритетным является сигнал входа S.

### Импульс включения заданной длительности (TP).

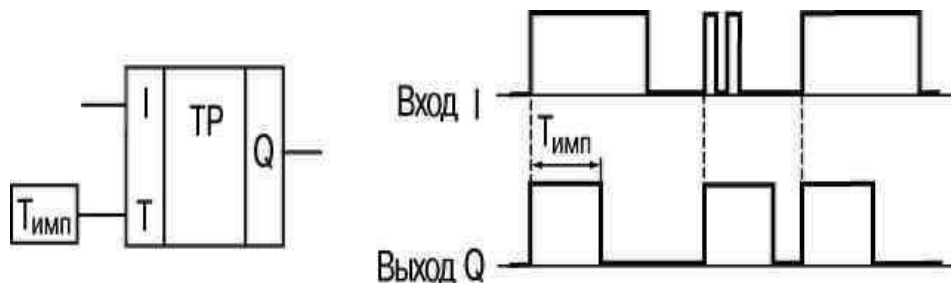


Рисунок 3.13 – Диаграмма работы блока «Импульс включения заданной длительности».

Блок используется для формирования импульса включения выхода на заданный интервал времени. Работу поясняет приведенная на рисунке диаграмма. На выходе Q блока появится логическая «1» по фронту входного сигнала (I). После запуска выход Q не реагирует на изменение значения входного сигнала на интервале  $T_{\text{имп}}$ , а по истечении этого интервала сбрасывается в «0». Допустимый диапазон значений  $T_{\text{имп}}=T$  – от 0 до 4147200000 мс, или 48 дней.

### Генератор прямоугольных импульсов (BLINK).

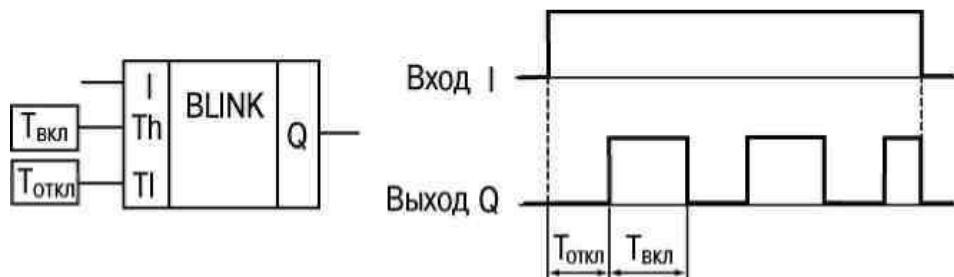


Рисунок 3.14 – Диаграмма работы блока «Генератор прямоугольных импульсов».

Блок используется для формирования прямоугольных импульсов пульсации. На выходе Q генератора формируются импульсы с заданными параметрами длительности включенного ( $T_{\text{вкл}}$  – логическая «1») и отключенного ( $T_{\text{откл}}$  – логический «0») состояния на время действия управляющего сигнала на входе I (логической «1»). Работу поясняет приведенная на рисунке диаграмма. Допустимый диапазон значений  $T_{\text{вкл}}$  и  $T_{\text{откл}}$  – от 0 до 4233600000 мс, или 49 дней.

### Таймер с задержкой включения (TON).

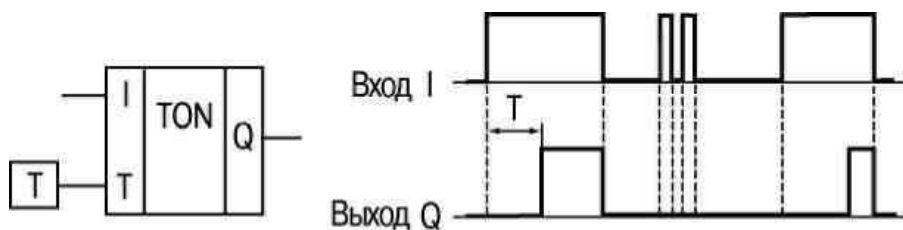


Рисунок 3.15 – Диаграмма работы блока «Таймер с задержкой включения».

Блок используется для операции задержки передачи сигнала. Работу поясняет приведенная на рисунке диаграмма. На выходе Q блока появится логическая «1» с задержкой относительно фронта входного сигнала (I). Выход включается логической «1» на входе продолжительностью не менее длительности T, а выключается по спаду входного сигнала. Допустимый диапазон значений T – от 0 до 4147200000 мс, или 48 дней.

### Таймер с задержкой отключения (TOF).

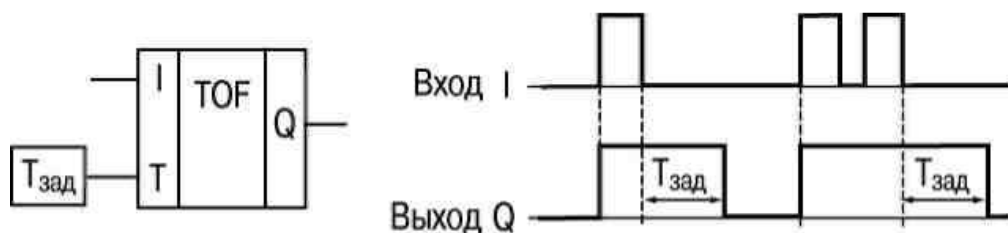


Рисунок 3.16 – Диаграмма работы блока «Таймер с задержкой отключения».

Блок используется для задержки отключения выхода. Работу поясняет приведенная на рисунке диаграмма. На выходе блока появится логическая «1» по фронту сигнала на входе I, а начало отсчета времени задержки отключения ( $T_{\text{зад}}$ ) происходит по каждому спаду входного сигнала. После отключения входного сигнала на выходе появится логический «0» с задержкой  $T_{\text{зад}}$ . Допустимый диапазон значений  $T_{\text{зад}}$  – от 0 до 4147200000 мс, или 48 дней.

### Инкрементный счетчик с автосбросом (СТ).

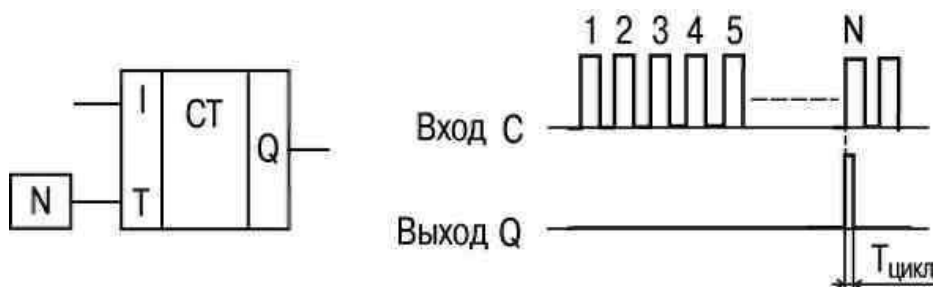


Рисунок 3.17 – Диаграмма работы блока «Инкрементный счетчик с автосбросом».

Блок используется для подсчета заданного числа импульсов. Работу поясняет приведенная на рисунке диаграмма. На выходе Q счетчика появится импульс логической «1» с длительностью рабочего цикла прибора ( $T_{\text{цикл}}$ ), если число приходящих на вход импульсов достигнет установленного значения N. Допустимый диапазон значений числа импульсов N – от 0 до 65535.

## Интервальный таймер (CLOCK).

Блок используется для формирования импульса включения выхода по часам реального времени. Работу поясняет приведенная на рисунке диаграмма. Время включения ( $T_{\text{вкл}}$ ) и отключения ( $T_{\text{откл}}$ ) выходов устанавливают в качестве параметров блока. Допустимый диапазон значений  $T_{\text{вкл}}$  и  $T_{\text{откл}}$  – от 0,00 с до 24 ч.

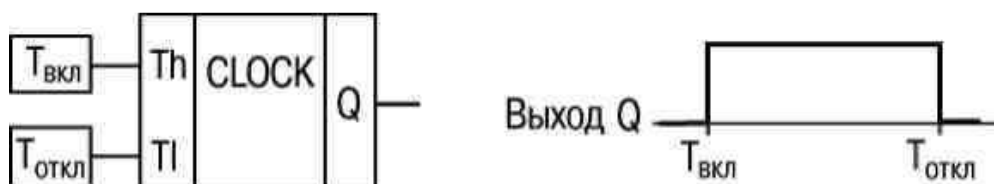


Рисунок 3.18 – Диаграмма работы блока «Интервальный таймер».

В случае если значение время отключения задано раньше времени включения (рисунок 3.19), диаграмма переключений будет иметь вид, приведенный на рисунке 3.20 (выход будет включен до момента времени отключения).

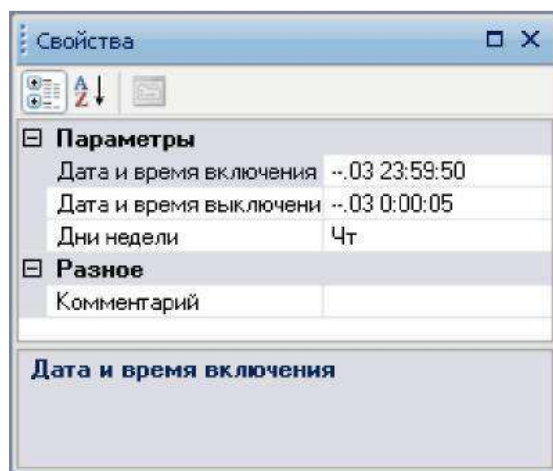


Рисунок 3.19 – Вкладка «Свойства» для настройки временных параметров работы блока «Интервальный таймер».

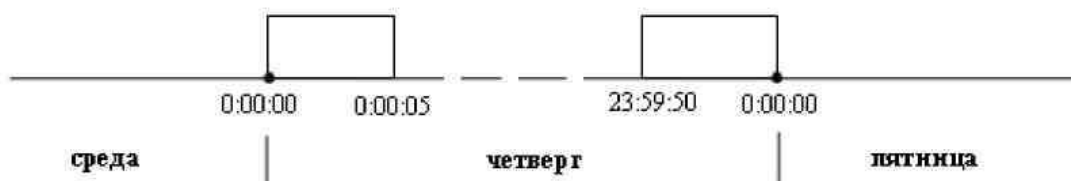


Рисунок 3.20 – Диаграмма включения выхода блока «Интервальный таймер».

### Интервальный таймер с недельным циклом (CLOCKWEEK)

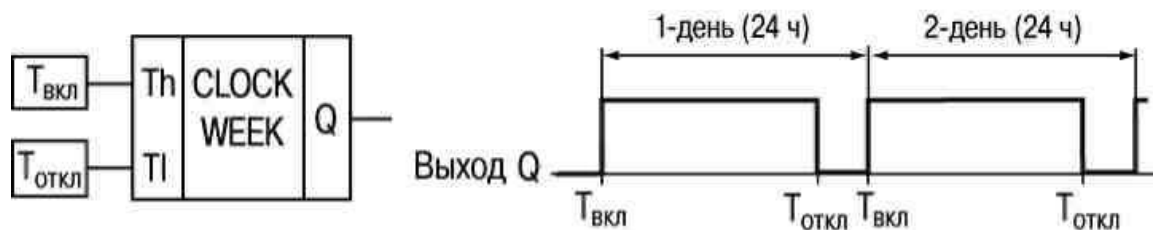


Рисунок 3.21 – Диаграмма работы блока «Интервальный таймер с недельным циклом».

Блок используется для формирования импульса включения выхода по часам реального времени, с учетом дней недели. Работу поясняет приведенная на рисунке диаграмма. Внутренняя структура блока имеет вид:

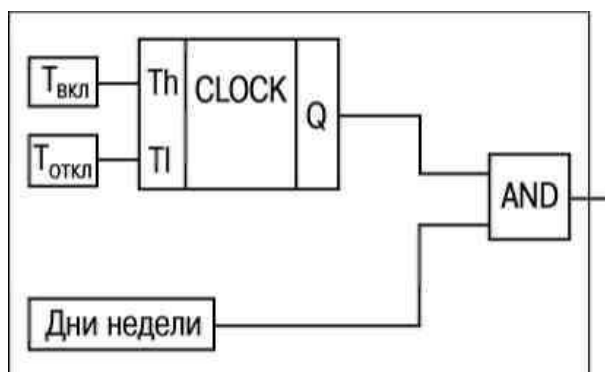


Рисунок 3.22 – Внутренняя структура блока «Интервальный таймер с недельным циклом».

Время включения ( $T_{\text{вкл}}$ ), отключения ( $T_{\text{откл}}$ ) выхода и дни недели работы устанавливают в качестве параметров блока. Допустимый диапазон значений  $T_{\text{вкл}}$  и  $T_{\text{откл}}$  – от 0,00 с до 24 ч.

Загрузка проекта в программируемый прибор.

После создания проекта его записывают в энергонезависимую память ПР. Для записи необходимо:

- 1) соединить ПР с COM или USB-портом ПК при помощи коммуникационного кабеля;
- 2) подать питание на ПР согласно его руководству по эксплуатации;

3) настроить параметры соединения, если в этом есть необходимость;

4) записать проект в ПР при помощи соответствующей кнопки на панели инструментов или выбрать команду «Файл => Записать программу в прибор».

**Примечание.** Сразу после записи ПР переходит в рабочий режим и коммутационная программа запускается автоматически.

**Внимание!** Если в подключенном ПР уже есть ранее записанная коммутационная программа, то при записи в него нового проекта она заменяется.

Кроме этого:

1) пользователь может добавить невидимые комментарии к компонентам схемы – комментарии будут отображаться в виде всплывающей подсказки только при установке курсора на элемент;


2) пользователь может добавить на схему проекта сектор с видимыми комментариями, а также выделить фрагмент поля у схемы цветом. Чтобы поместить на страницу какой-либо текст, следует щелкнуть мышкой (т. е. временно нажать правую кнопку мыши) по кнопке  на панели инструментов, затем установить курсор на место, где должна располагаться надпись, и при нажатой правой кнопке провести по диагонали в секторе размещения текста. В результате в том месте появится прямоугольная рамка текстовой области с рабочим текстом (рисунок 3.23).



Рисунок 3.23 – Сектор холста для внесения комментариев.

### Последовательность работы над проектом

Составление коммутационной программы рекомендуется начинать с планирования. План должен описывать все возможные состояния ПР при функционировании (в виде диаграммы режимов, таблицы состояний, электрической или функциональной схемы и/или др.).

После того, как продуманы все задачи, которые должны выполняться, необходимо составить программу на основе функций (логических элементов) и функциональных блоков.

Работа над проектом включает:

- 1) открытие нового проекта – весь проект будет храниться в одном файле, которому следует присвоить идентификационное имя;
- 2) формирование структуры текущего проекта рекомендуется выполнять в следующем порядке:
  - а) из «Библиотеки компонентов» на холст добавляются необходимые блоки путем перетаскивания их мышью при нажатой на ней левой кнопке (из соответствующей вкладки «Функции» или «Функциональные блоки»);
  - б) последовательно выделяя курсором блоки схемы, на закладке «Свойства» установить их параметры, например, как это показано на рисунке 3.24;

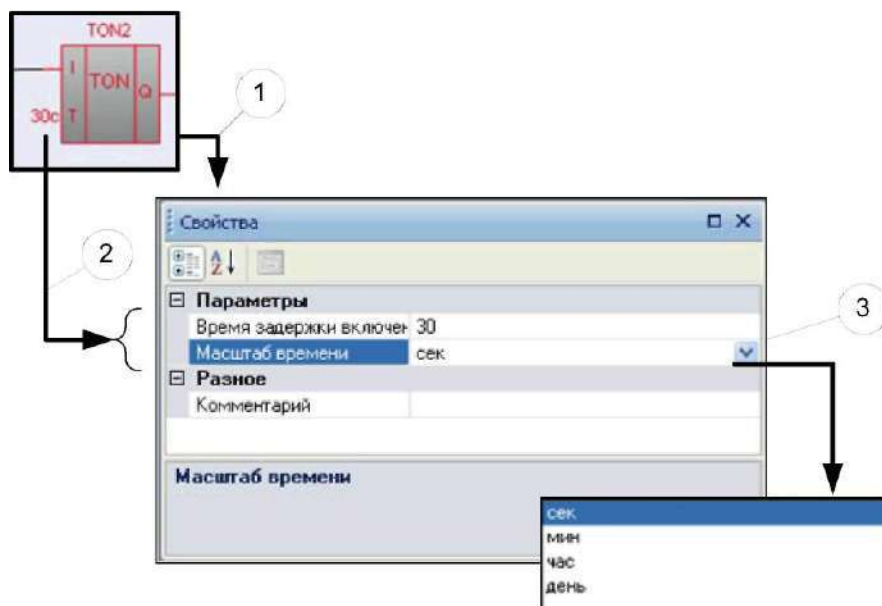


Рисунок 3.24– Порядок действий при настройке параметров функционального блока.

в) соединяются блоки программы между собой, а также с нужными входами и выходами ПР. При этом допускается передвигать квадраты входов и выходов в вертикальной плоскости для расположения соединительных линий по кратчайшей длине;



- 3) загружается проект в ПР и проверяется его работа на макете. При проверке правильности работы коммутационной программы в ПР последовательно включают и выключают каждый вход, контролируя состояние выходов на соответствие нужным условиям;
- 4) по результатам макетирования производится редактирование проекта с целью устранения ошибок (добавление новых элементов и программных цепей, или их удаления, редактирование параметров работы функциональных блоков и т. д.);
- 5) после устранения всех ошибок подготовка проекта завершается сохранением его в файле;
- б) загрузка проекта в ПР114 и проверка его работы на макете.

Процесс создания коммутационной управляющей программы иллюстрируется на конкретном примере [12].

### 3. 2 Типовые звенья схем автоматизации, реализованных в программе OWEN Logic

На основании ранее рассмотренных звеньев были разработаны типовые звенья, реализованные в программе OWEN Logic с помощью функциональных блоков и логических функций, представленных на рисунках 3.25, 3.26 и 3.27.

Рассмотрим типовое звено *нереверсивной схемы управления*. Состоит из двух функциональных блоков детектора переднего фронта «RTRIG», одного блока «SR» триггера с приоритетом включения, логической функции ИЛИ «OR» и логической функции НЕ «NOT». Предназначено для ручного управления включением и отключением электроустановок (двигателей, нагревателей систем освещения и прочее).

Принцип работы: при нажатии на кнопку «пуск» сигнал появляется на входе I2, к которому подключен функциональный блок детектора переднего фронта «RTRIG1». Функциональный блок пропускает через себя сигнал импульсом,

после чего на его выходе будет всегда «0». Пройденного кратковременного импульса хватает для того, чтобы «SR1» триггера сработал и на выходе его появилась и запомнилась «1». Это приводит к появлению сигнала на выходе реле «Q2», а следовательно, и к включению магнитного пускателя механизма.

При нажатии на кнопку «стоп» сигнал появляется на входе I3, к которому подключен функциональный блок детектора переднего фронта «RTRIG2». Он пропускает через себя сигнал импульсом, который, проходя через логическую функцию ИЛИ «OR», подается на вход сброса «SR1» триггера, что приводит к его отключению и, как следствие, остановке работы механизма.

Для защиты электродвигателя от аварийных режимов работы в схеме управления предусмотрена установка теплового реле. В случае возникновения перегрузки сигнал, проходящий через размыкающий контакт теплового реле, пропадает на входе реле I5, что приводит к появлению сигнала на входе сброса «SR1» триггера. На рисунке 3.25 представлена нереверсивная схема управления.

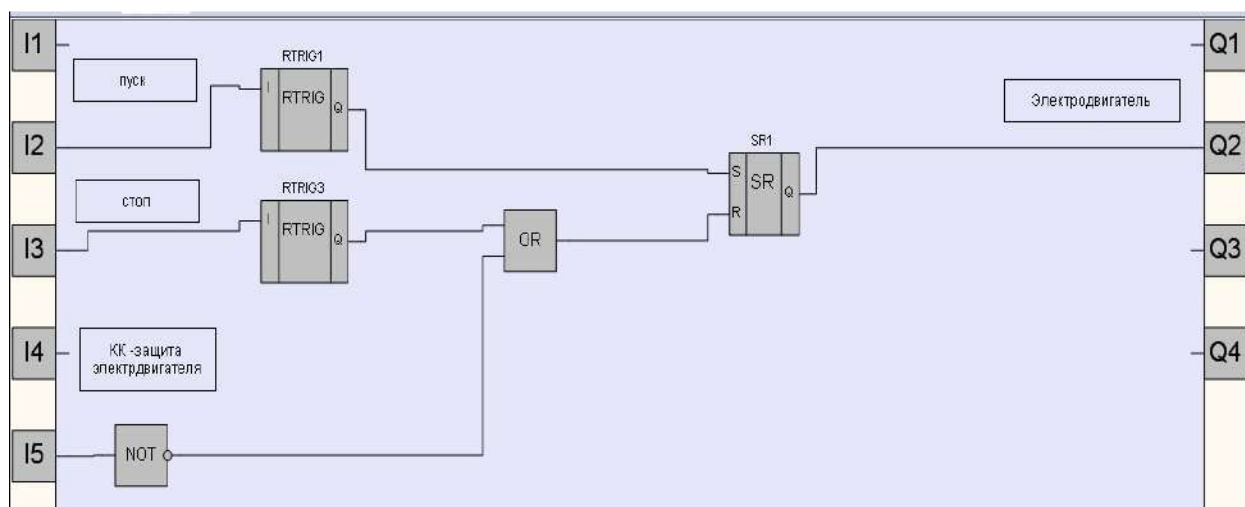


Рисунок 3.25 – Нереверсивная схема управления электродвигателя.

Рассмотрим типовое звено *реверсивной схемы управления*. Состоит из трех функциональных блоков детектора переднего фронта «RTRIG», двух блоков «SR» триггера с приоритетом включения, трех логических функций ИЛИ «OR» и логической функции НЕ «NOT». Предназначено для ручного управления реверсом электродвигателя.

Принцип работы: при нажатии на кнопку «пуск влево» сигнал появляется на входе I2, к которому подключен функциональный блок детектора переднего фронта «RTRIG1». Функциональный блок пропускает через себя сигнал, который подается на вход установки «SR1» триггера. Это приводит к появлению сигнала на выходе реле «Q2», а следовательно, и к включению первого магнитного пускателя, который приводит во вращение электродвигатель против часовой стрелки.

При нажатии на кнопку «пуск вправо» сигнал появляется на входе I4, к которому подключен функциональный блок детектора переднего фронта «RTRIG2». Функциональный блок пропускает через себя сигнал, который подается на вход установки «SR2» триггера. Это приводит к появлению сигнала на выходе реле «Q4», а следовательно, и к включению второго магнитного пускателя, который приводит во вращение электродвигатель по часовой стрелке.

Во избежание одновременной работы двух магнитных пускателей в схеме предусмотрены деблокировочные режимы, которые реализуются посредством двух логических функций ИЛИ «OR». Если на выходе «SR1» триггера будет сигнал, то на входе сброса «SR2» триггера также будет сигнал, что исключает одновременное наличие сигнала на выходах «SR1» и «SR2» триггеров.

При нажатии на кнопку «стоп» сигнал появляется на входе I3, к которому подключен функциональный блок детектора переднего фронта «RTRIG3». Сигнал подается через него на вход обоих «SR1» и «SR2» триггеров, что приводит к их отключению и, как следствие, остановке работы механизма. На рисунке 3.26 представлена нереверсивная схема управления.

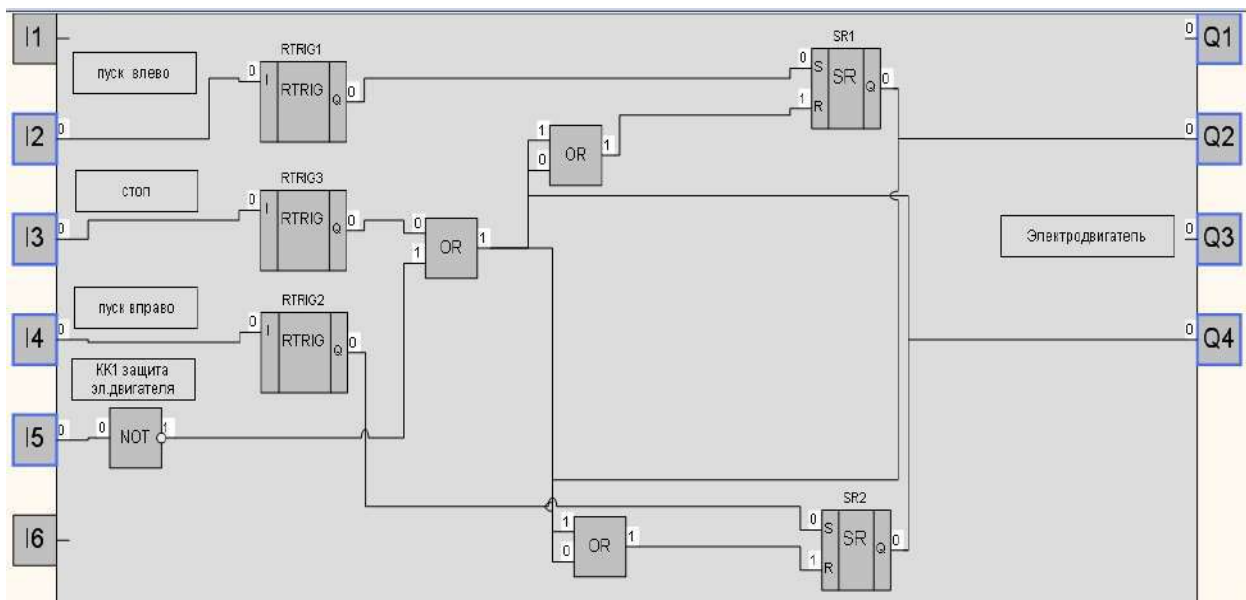


Рисунок 3.26 – Нереверсивная схема управления.

Типовое звено *пускосигнальное*. Состоит из двух функциональных блока детектора переднего фронта «RTRIG», двух блока «SR» триггера с приоритетом включения, таймера с задержкой включения «TON», блока импульса включения заданной длительности «TP», логических функций ИЛИ «OR» и логической функции НЕ «NOT». Предназначено для ручного управления электродвигателем с задержкой его включения.

Принцип работы: при нажатии на кнопку «пуск» сигнал появляется на входе I2, к которому подключен функциональный блок детектора переднего фронта «RTRIG1». Функциональный блок пропускает через себя сигнал, который подается на вход установки «SR1» триггера. Это приводит к появлению сигнала на выходе триггера, который одновременно подается на два временных блока. Блок импульса включения заданной длительности «TP» сразу формирует сигнал на выходе определенное время, в нашем случае равное 5 сек., что приводит к появлению сигнала на выходе реле «Q2» – звенит звонок. Одновременно с этим на входе блока таймера с задержкой включения «TON» присутствует сигнал, который, с задержкой времени, равной 5 сек., подаст сигнал на управление «SR2» триггера механизма.

При нажатии на кнопку «стоп» сигнал появляется на входе I3, к которому

подключен функциональный блок детектора переднего фронта «RTRIG2». Сигнал подается через него на вход обоих «SR1» и «SR2» триггеров, что приводит к их отключению и, как следствие, остановке работы механизма. На рисунке 3.27 представлена схема пускосигнального звена.

Рисунок 3.27 – Пускосигнальное звено.

Типовое звено «*рабочий стол*». Состоит из функционального блока детектора переднего фронта «RTRIG1», двух блоков «SR» триггера с приоритетом включения, таймера с задержкой включения «TON1». Предназначено для ручного управления электродвигателями с задержкой их отключения.

Принцип работы: при нажатии на кнопку «пуск» сигнал появляется на входе И1, к которому подключен функциональный блок детектора переднего фронта «RTRIG1». Функциональный блок пропускает через себя сигнал, который подается на вход установки «SR1» триггера. Это приводит к появлению сигнала на выходе триггера, который одновременно подается на временной блок таймера с задержкой включения «TON1» и «SR2» триггера.

При возникновении сигнала на входе сброса «SR2» триггера происходит его отключение. При этом отключается головной механизм линии.

Одновременно с этим на входе блока таймера с задержкой включения «TON» присутствует сигнал, который, с задержкой времени, равной 5 сек., подаст сигнал на отключение всех «SR» триггеров механизмов линии. На рисунке 3.28 представлена схема звена «рабочего стопа» [17].

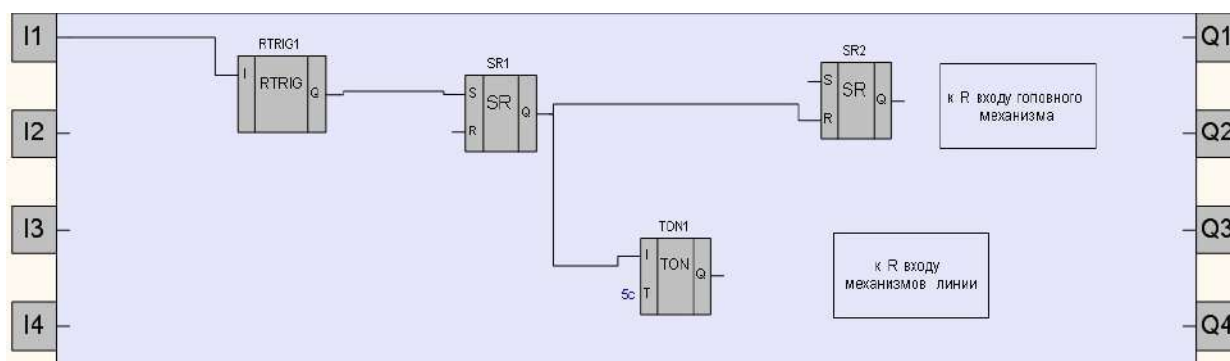


Рисунок 3.28 – Звено «Рабочий стоп».

### 3.3 Разработка схемы управления линии предварительной очистки зерна на базе ПР 114

Реализацию рассмотренного ранее технологического процесса очистки зерна будем производить по средствам программируемого реле серии ПР114. Для составления алгоритма работы в программе используем полученные ранее типовые звенья. В результате программа работы будет состоять из отдельных блоков, которые необходимо правильно состыковать друг с другом.

Поскольку мы разрабатывает алгоритм управления для действующей линии переработки, поэтому изначально необходимо предусмотреть все требования по технологии производства, а также учесть возможность изменения работы алгоритма управления. В связи с этим алгоритм управления претерпевает изменения, что приводит к его увеличению и усложнению. Алгоритм работы линии представлен на рисунке 3.29.

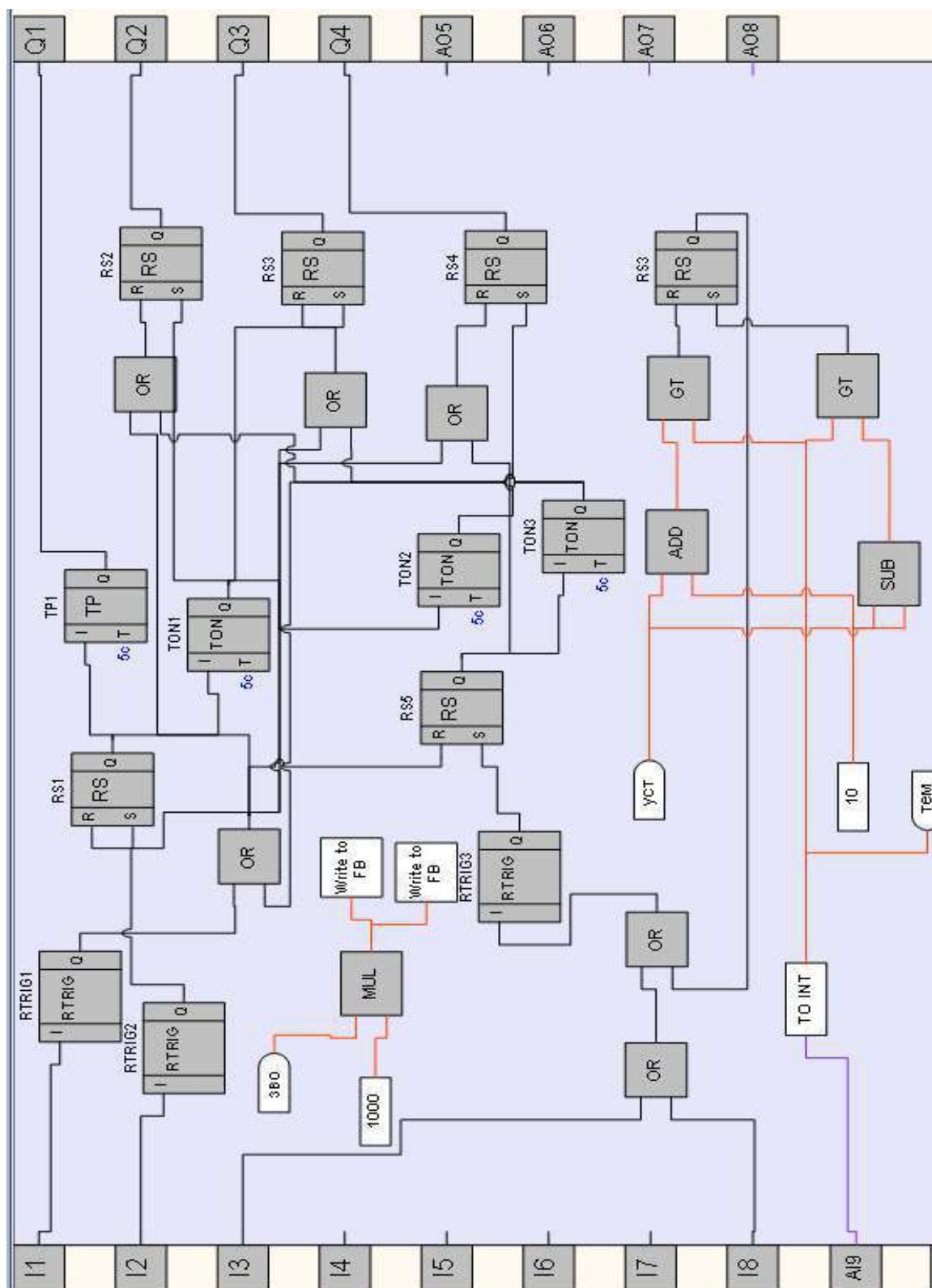


Рисунок 3.29 – Структурно-функциональная схема автоматизации предварительной обработки зерна.

Более детально функционально-структурная схема представлена на рисунках 3.30–3.31.

На рисунке 3.30 представлена блок-схема, реализующая выдержку на

включение первого механизма и одновременно предупреждающая о начале работы механизмов линии. Она позволяет изменять временные установки на пускосигнальном звене с графической панели оператора, при этом нет необходимости к изменению времени в программе.

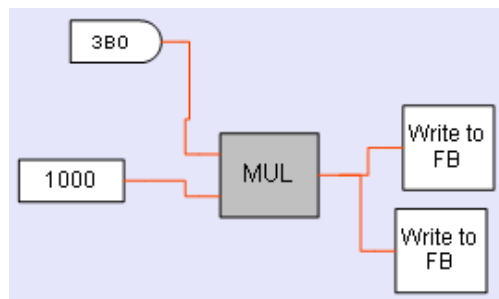


Рисунок 3.30 – Схемная реализация звена уставки времени на пускосигнальном звене.

В последнее время наблюдается тенденция к усложнению техпроцессов. Уже практически не встретишь техпроцесс, в котором для контроля параметров используют только датчики с дискретными сигналами. Зачастую используются датчики с аналоговыми сигналами, позволяющие повысить точность и быстродействие регулирования, динамику процесса. Так для контроля заполнения бункера используется датчик уровня с аналоговым сигналом.

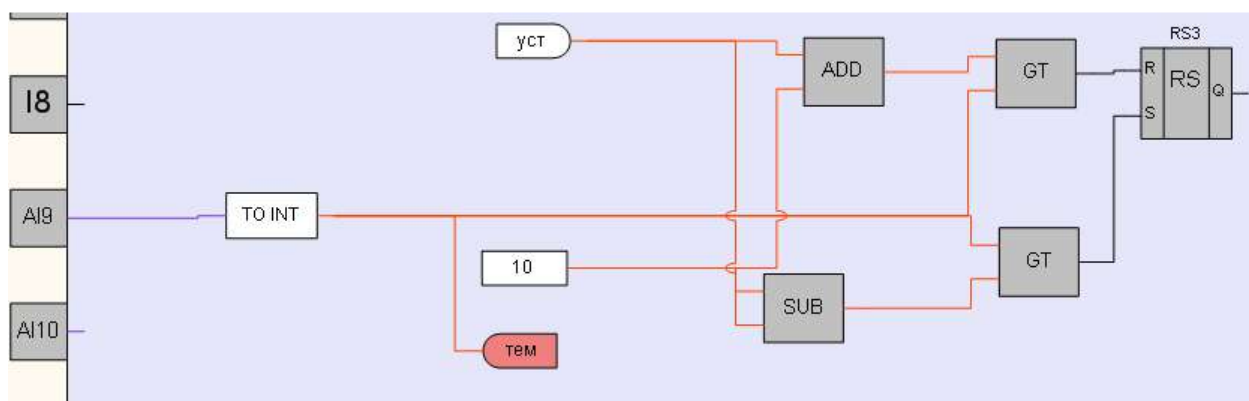


Рисунок 3.31 – Схемная реализация блока аналогового входа.

На рисунке 3.31 представлена схема, реализующая работу аналогового входа, который может быть представлен в виде датчика уровня с токовым выходом. На рисунке показан алгоритм двухпозиционного регулирования, когда сигнал, приходящий с датчика, сравнивается с заданным значением. Если, на-



пример, такой сигнал больше, чем заданное значение, то на выходе RS триггера появляется сигнал для отключения механизма, если меньше, то состояние RS на выходе неизменно от первоначального.

Рассмотрим более детально работу блока аналогового входа. С датчика уровня на вход AI9 программируемого реле приходит аналоговый сигнал. Для дальнейшей его обработки и сравнения его с заданным значением необходимо его преобразовать, а именно, изменить его тип данных в блоке «TOINT» в целочисленный. Это необходимо делать для того, чтобы можно было сравнивать сигнал от датчика уровня с установленным значением.

Для того чтобы расширить зону сравнения сигнала с уставкой, в представленной схеме используют два блока. В блоке «ADD» происходит суммирование значения уставки с числом 10, и на выходе формируется результирующее число. В блоке «SUB» наоборот происходит вычитание из значения уставки числа 10.

Преобразованный сигнал с датчика поступает в блок «GT». В нем осуществляется операция сравнения на большее значение. Если сигнал с датчика больше значения с блока «ADD», то на выходе RS триггера появляется сигнал, что приводит к отключению механизма линии.

Для графического отображения работы линии используется графическая панель СП-270. Для более детального изучения конфигурации панели оператора необходимо обратиться на сайт изготовителя [13], в разделе «Графические панели» изучить материал, представленный в файле «Программа – конфигура-тор панели оператора СП270. Руководство пользователя».

Разработанный алгоритм работы линии, по технологическому заданию реализованный в программе OWEN Logic, позволяет управлять механизмами посредством ПР114. Отображение работы механизмов реализовано в СП270, внешний вид экранов представлен на рисунках 3.32–3.33.

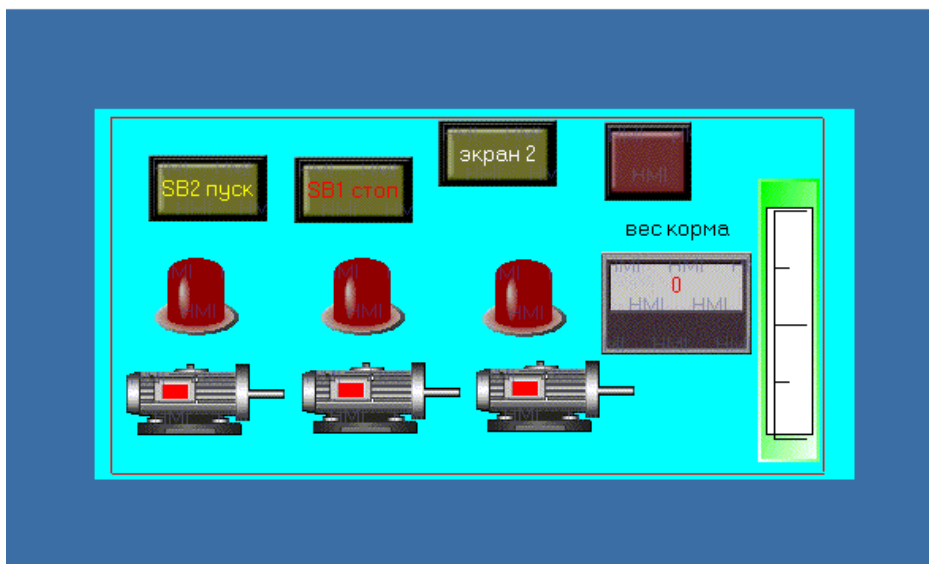


Рисунок 3.32 – Копия основного экрана 1 панели СП-270.

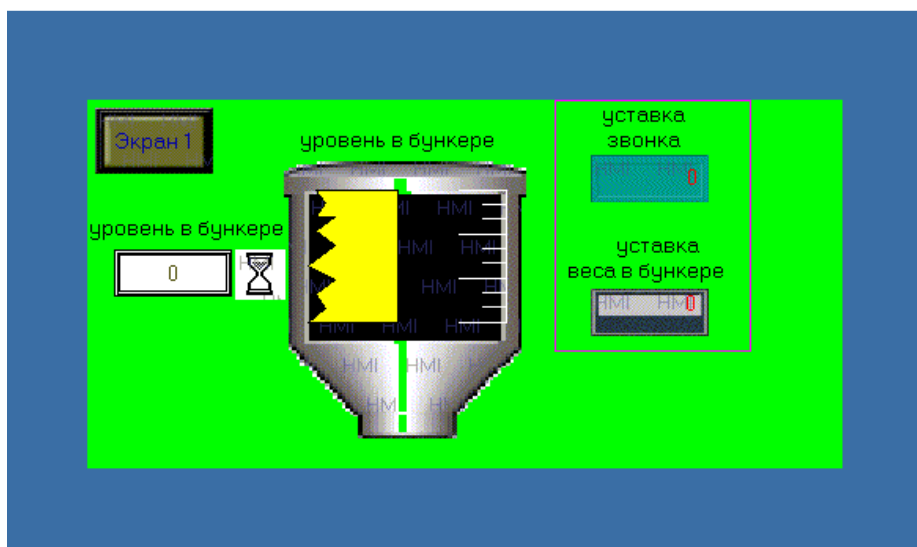


Рисунок 3.33 – Копия экрана 2 панели СП-270.

### Описание работы схемы:

При нажатии кнопки «ПУСК» (I2 на схеме, рис. 3.29) сигнал подается на блок RTRIG2, на его выходе лог. «1» появляется на мгновение и пропадает. Это приводит к появлению на входе «S» RS-триггера «RS1» лог. «1» – на выходе «Q» RS-триггера «SR1» установится лог. «1». Этот сигнал поступает дальше на вход блока «TP1» (блок используется для формирования импульса включения выхода на заданный интервал времени), на выходе лог. «1» подается на выход **Q1**. К выходу **Q1** подключена лампа HL1, имитирующая световую сигнализа-

цию начала работы линии.

Время работы выхода **Q1** определяет блок «TP1». Одновременно с подачей лог. «1» на вход блока «TP1», лог. «1» подается на таймера с задержкой включения «TON1». Через определенное время на выходе блока «TON1» появляется лог. «1», которая, приходя на входы RS-триггеров «RS2» и «RS3», производит включение выходов **Q2** и **Q3**. Загораются лампы индикации HL2 и HL3, включаются два механизма линии: скребковый транспортер и дробилка.

Одновременно с этим лог. «1» подается на таймер с задержкой включения «TON2», который через время производит включение выхода **Q4** (загорается лампа индикации HL4, имитирующая работу ковшовой норрии).

Все механизмы линии работают, происходит технологический процесс дробления продукта и загрузка его в накопительный бункер. В бункере установлен датчик веса, сигнал которого поступает на аналоговый вход **AI9**. Также в бункере установлен датчик уровня, сигнал с которого приходит на вход **I8**.

Как только вес продукта достигает своего заданного значения, либо срабатывает датчик уровня, либо оператор сам решил прекратить загрузку бункера, появляется лог. «1» на входе блока «OR», сигнал от которого через блок «RTRIG3» поступает на «RS5». С выхода триггера лог. «1» сразу подается на вход «R» RS – триггера «RS4», что приводит к отключению выхода **Q4**, и одновременно лог. «1» приходит на вход блока «TON2», который отключает RS-триггеры «RS2» и «RS3» через выдержку по времени.

**Цепь входа I1** реализует функцию «Общий стоп» или «Аварийный стоп»: при нажатии кнопки «SB1» (I1 на схеме, рисунок 3.29) лог. «1» подается на все RS-триггеры: «RS2», «RS3», «RS4», выключающие механизмы линии [16].

## 4. ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ

### 4.1 Общие сведения

ПЛК – программируемый логический контроллер, представляющий собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющий конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов к объекту управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени [2].

Принцип работы ПЛК несколько отличается от «обычных» микропроцессорных устройств. Программное обеспечение универсальных контроллеров состоит из двух частей. Первая часть – это системное программное обеспечение. Проводя аналогию с компьютером, можно сказать, что это операционная система, которая управляет работой узлов контроллера. Системное программное обеспечение ПЛК расположено в постоянной памяти центрального процессора и всегда готово к работе. При включении питания ПЛК готов взять на себя управление системой уже через несколько миллисекунд. ПЛК работает циклически по методу периодического опроса входных данных.

Рабочий цикл ПЛК включает 4 фазы:

1. Опрос входов.
2. Выполнение пользовательской программы.
3. Установка значений выходов.
4. Некоторые вспомогательные операции (диагностика, подготовка данных для отладчика, визуализации и т. д.).

Выполнение 1 фазы обеспечивается системным программным обеспечением. После чего управление передается прикладной программе, той программе, которую вы сами записали в память, по этой программе контроллер делает то, что вы пожелаете, а по ее завершении управление опять передается системному уровню. За счет этого обеспечивается максимальная простота построения прикладной программы – ее создатель не должен знать, как производится

управление аппаратными ресурсами. Необходимо знать, с какого входа приходит сигнал и как на него реагировать на выходах.

Очевидно, что время реакции на событие будет зависеть от времени выполнения одного цикла прикладной программы. Определение времени реакции – времени от момента события до момента выдачи соответствующего управляющего сигнала – поясняется на рисунке.

Обладая памятью, ПЛК в зависимости от предыстории событий, способен реагировать по-разному на текущие события. Возможности перепрограммирования, управления по времени, развитые вычислительные способности, включая цифровую обработку сигналов, поднимают ПЛК на более высокий уровень в отличие от простых комбинационных автоматов.

Рассмотрим режим входа и выхода ПЛК. Существует три вида входов: дискретные, аналоговые и специальные.

Один дискретный вход ПЛК способен принимать один бинарный электрический сигнал, описываемый двумя состояниями – включен или выключен. Все дискретные входы (общего исполнения) контроллеров обычно рассчитаны на прием стандартных сигналов с уровнем 24 В постоянного тока. Типовое значение тока одного дискретного входа (при входном напряжении 24 В) составляет около 10 мА.

Аналоговый электрический сигнал отражает уровень напряжения или тока, соответствующий некоторой физической величине в каждый момент времени. Это может быть температура, давление, вес, положение, скорость, частота и т. д.

Поскольку ПЛК является цифровой вычислительной машиной, аналоговые входные сигналы обязательно подвергаются аналого-цифровому преобразованию (АЦП). В результате образуется дискретная переменная определенной разрядности. Как правило, в ПЛК применяются 8–12-разрядные преобразователи, что в большинстве случаев, исходя из современных требований по точности управления технологическими процессами, является достаточным. Кроме этого, АЦП более высокой разрядности не оправдывают себя, в первую очередь

из-за высокого уровня промышленных помех, характерных для условий работы контроллеров.

Практически все модули аналогового ввода являются многоканальными. Входной коммутатор подключает вход АЦП к необходимому входу модуля.

Стандартные дискретные и аналоговые входы ПЛК способны удовлетворить большинство потребностей систем промышленной автоматики. Необходимость применения специализированных входов возникает в случаях, когда непосредственная обработка некоторого сигнала программно затруднена, например, требует много времени.

Наиболее часто ПЛК оснащаются специализированными счетными входами для измерения длительности, фиксации фронтов и подсчета импульсов.

Например, при измерении положения и скорости вращения вала очень распространены устройства, формирующие определенное количество импульсов за один оборот – поворотные шифраторы. Частота следования импульсов может достигать нескольких мегагерц. Даже если процессор ПЛК обладает достаточным быстродействием, непосредственный подсчет импульсов в пользовательской программе будет весьма расточительным по времени. Здесь желательно иметь специализированный аппаратный входной блок, способный провести первичную обработку и сформировать необходимые для прикладной задачи величины.

Вторым распространенным типом специализированных входов являются входы, способные очень быстро запускать заданные пользовательские задачи с прерыванием выполнения основной программы – входы прерываний.

Дискретный выход также имеет два состояния – включен и выключен. Они нужны для управления: электромагнитных клапанов, катушек, пускателей, световых сигнализаторов и т.д. В общем, сфера их применения огромна и охватывает почти всю промышленную автоматику.

При создании системы управления технологического процесса всегда существует проблема по взаимопониманию программиста и технологов. Технолог скажет «нам надо немного подсыпать, чуть подмешать, еще подсыпать и чуть

нагреть». И мало когда следует ждать от технолога формализованного описания алгоритма. И получалось так, что программисту нужно долго вникать в технологический процесс, потом писать программу. Зачастую при таком подходе программист остается единственным человеком, способным разобраться в своем творении, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Такая ситуация породила стремление к созданию технологических языков программирования, доступных инженерам и технологам и максимально упрощающих процесс программирования.

За последнее десятилетие появилось несколько технологических языков. Более того, Международной Электротехнической Комиссией разработан стандарт МЭК-61131-3, концентрирующий все передовое в области языков программирования для систем автоматизации технологических процессов. Этот стандарт требует от различных изготовителей ПЛК предлагать команды, являющиеся одинаковыми и по внешнему виду, и по действию.

Стандарт специфицирует 5 языков программирования [5]:

1. Sequential Function Chart (SFC) – язык последовательных функциональных блоков;
2. Function Block Diagram (FBD) – язык функциональных блоковых диаграмм;
3. Ladder Diagrams (LAD) – язык релейных диаграмм;
4. Statement List (STL) – язык структурированного текста, язык высокого уровня. Напоминает собой Паскаль;
5. Instruction List (IL) – язык инструкций, это типичный ассемблер с аккумулятором и переходом по метке.

Язык LAD или КОР (с немецкого Kontaktplan) похожи на электрические схемы релейной логики. Поэтому инженерам, не знающим мудреных языков программирования, не составит труда написать программу. Язык FBD напоминает создание схем на логических элементах. В каждом из этих языков есть свои минусы и плюсы. Поэтому при выборе специалисты основываются в основном на личном опыте. Хотя большинство программных комплексов дают возможность перекодировать уже написанную программу из одного языка

в другой. Так некоторые задачи изящно и просто решаются на одном языке, а на другом придется столкнуться с некоторыми трудностями.

Наибольшее распространение в настоящее время получили языки LAD, STL и FBD.

Большинство фирм-изготовителей ПЛК традиционно имеют собственные фирменные наработки в области инструментального программного обеспечения. Например такие, как «Concept» Schneider Electric, «Step 7» Siemens.

Открытость МЭК-стандартов привела к созданию фирм, занимающихся исключительно инструментами программирования ПЛК.

Наибольшей популярностью в мире пользуется комплекс CoDeSys. CoDeSys разработан фирмой 3S. Это универсальный инструмент программирования контроллеров на языках МЭК, не привязанных к какой-либо аппаратной платформе и удовлетворяющих всем современным требованиям.

Основные особенности:

- полноценная реализация МЭК-языков;
- встроенный эмулятор контроллера позволяет проводить отладку проекта без аппаратных средств. Причем эмулируется не некий абстрактный контроллер, а конкретный ПЛК с учетом аппаратной платформы;
- встроенные элементы визуализации дают возможность создать модель объекта управления и проводить отладку, т.е. создавать человеко-машинный интерфейс (HMI);
- очень широкий набор сервисных функций, ускоряющих работу программиста;
- существует русская версия программы и русская документация.

Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК160 (рис. 4.1) предназначен для [20]:

- измерения аналоговых сигналов тока или напряжения и преобразования их к выбранной пользователем физической величине;
- измерения дискретных входных сигналов;



- управления дискретными (релейными) выходами;
- управления аналоговыми выходами;
- приема и передачи данных по интерфейсам RS-485, RS-232, Ethernet;
- выполнения пользовательской программы по анализу результатов измерения;
- дискретных и аналоговых входов, управления дискретными входами и выходами, передачи и приема данных по интерфейсам RS-485, RS-232, Ethernet.



Рисунок 4.1 – Внешний вид программируемого логического контроллера ПЛК160-24.А-М.

Логика работы контроллера определяется потребителем в процессе программирования контроллера. Программирование осуществляется с помощью программного обеспечения CoDeSys 2.3 (версии 2.3.9.9). При этом поддерживаются все языки программирования, указанные в МЭК 61131-3.

Контроллер может быть использован как:

- специализированное устройство управления выделенным локализованным объектом;
- устройство мониторинга локализованного объекта в составе комплексной информационной сети;

- специализированное устройство управления и мониторинга группой локализованных объектов в составе комплексной информационной сети.

Контроллеры выполнены в полном соответствии со стандартом ГОСТ Р 51840-2001 (IEC 61131-2), что обеспечивает высокую аппаратную надежность. По электромагнитной совместимости контроллеры соответствуют классу А по ГОСТ Р 51522-99 (МЭК 61326-1-97) и ГОСТ Р 51841-2001, что подтверждено неоднократными испытаниями изделия.

Технические характеристики ОВЕН ПЛК160-24.А-М:

В контроллере изначально заложены мощные вычислительные ресурсы при отсутствии операционной системы:

- высокопроизводительный процессор RISC архитектуры ARM9 с частотой 180 МГц компании Atmel;
- большой объем оперативной памяти – 8 МБ;
- большой объем постоянной памяти – Flash память, 4 МБ;
- объем энергонезависимой памяти для хранения значений переменных – до 16 КБ;
- время цикла по умолчанию составляет 1 мс при 50 логических операциях, при отсутствии сетевого обмена;
- широкие возможности самодиагностики контроллера;
- встроенный аккумулятор, позволяющий «пережидать» пропадание питания – выполнять программу при пропадании питания и переводить выходные элементы в «безопасное состояние». Время «пережидания» настраивается пользователем при создании проекта;
- встроенные часы реального времени;
- возможность создавать и сохранять архивы на Flash контроллера.

Условия эксплуатации:

- расширенный температурный рабочий диапазон окружающего воздуха: от -10 °С до +50 °С;
- закрытые взрывобезопасные помещения или шкафы электрооборудования без агрессивных паров и газов;


- верхний предел относительной влажности воздуха – 80 % при 25 °С и более низких температурах без конденсации влаги;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Конструктивные особенности:

- контроллеры выполнены в компактном DIN-реечном корпусе. Габаритные и установочные размеры отличаются в зависимости от модификации и приведены в конце раздела;
- расширение количества точек ввода/вывода осуществляется путем подключения внешних модулей ввода/вывода по любому из встроенных интерфейсов [20,21].

### Начало работы с ОВЕН ПЛК 160 в программе CoDeSys v.2.3

Для создания нового проекта (пользовательской программы ПЛК) следует:

1. Выбрав команду Пуск → Программы → 3S Software → CoDeSys V.2.3 → CoDe-Sys V.2.3, запустить ПО CoDeSys.
2. В открывшемся главном окне ПО CoDeSys вызвать команду «Файл → Новый (File → New)» главного меню или нажать кнопку «Новый (New)» () панели инструментов.
3. В открывшемся окне «Настройки целевой платформы (TargetSettings)» (рисунок 4.2, а) нажатием на кнопку у правого края поля «Конфигурация (Configuration)» раскрыть список предварительно установленных на ПК Target-файлов. В списке выделить требуемый файл (рисунок 4.2, б) и щелкнуть на его названии левой кнопкой мыши.
4. В открывшихся вкладках окна «Настройки целевой платформы (TargetSetting)» отображаются установленные производителем значения параметров целевой платформы (рисунок 4.2, в). Как правило, установленные производителем значения параметров не требуют изменения.
5. Нажать кнопку «ОК» окна «Настройки целевой платформы (TargetSetting)».
6. В открывшемся окне «Новый программный компонент (New POU)» (см. ри-

сунок 4.3), в поле «Имя нового POU » – отображается заданное по умолчанию имя новой главной программы проекта (PLC\_PRG); его не следует изменять. В группе переключателей «Тип POU» отображается заданный по умолчанию тип новой главной программы проекта (Программа (Program)); его также не следует изменять [10].

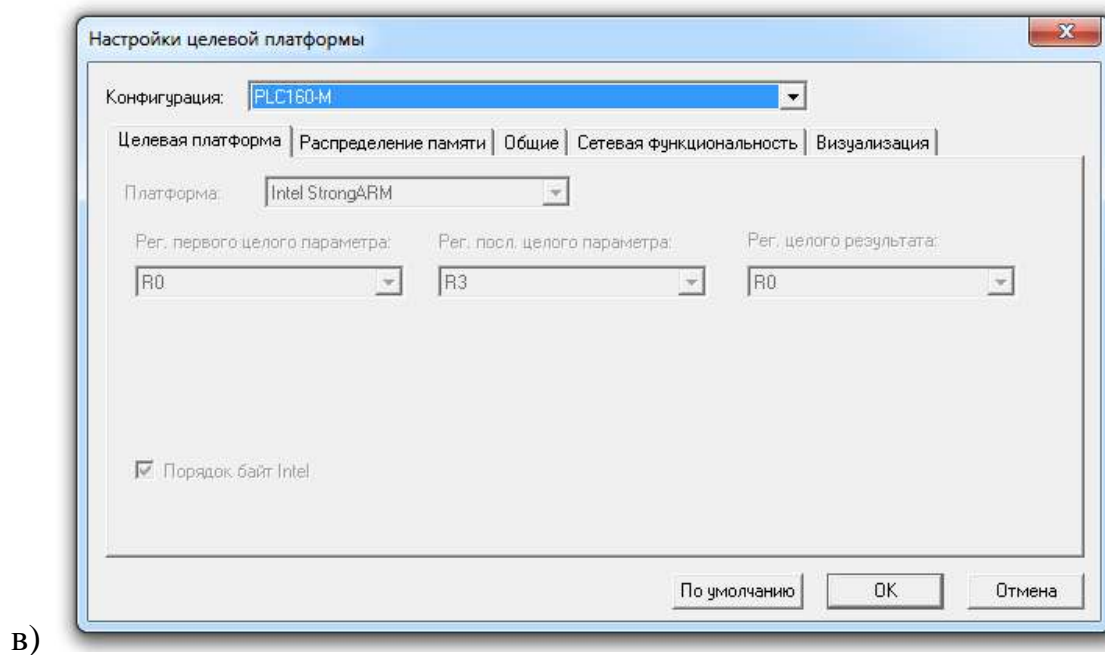
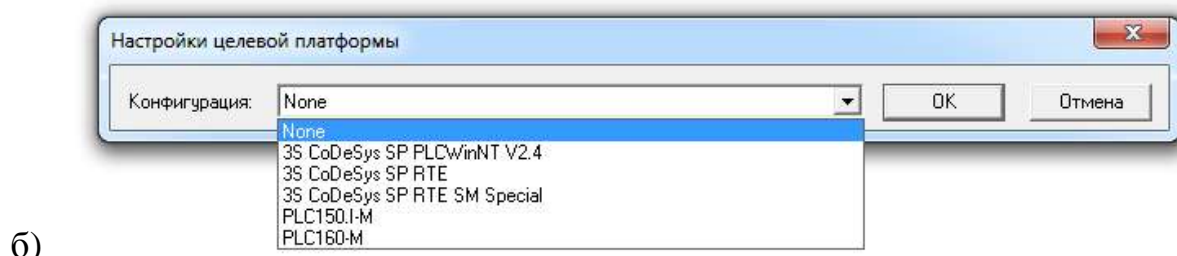


Рисунок 4.2 – Окно «Настройки целевой платформы (TargetSetting)».

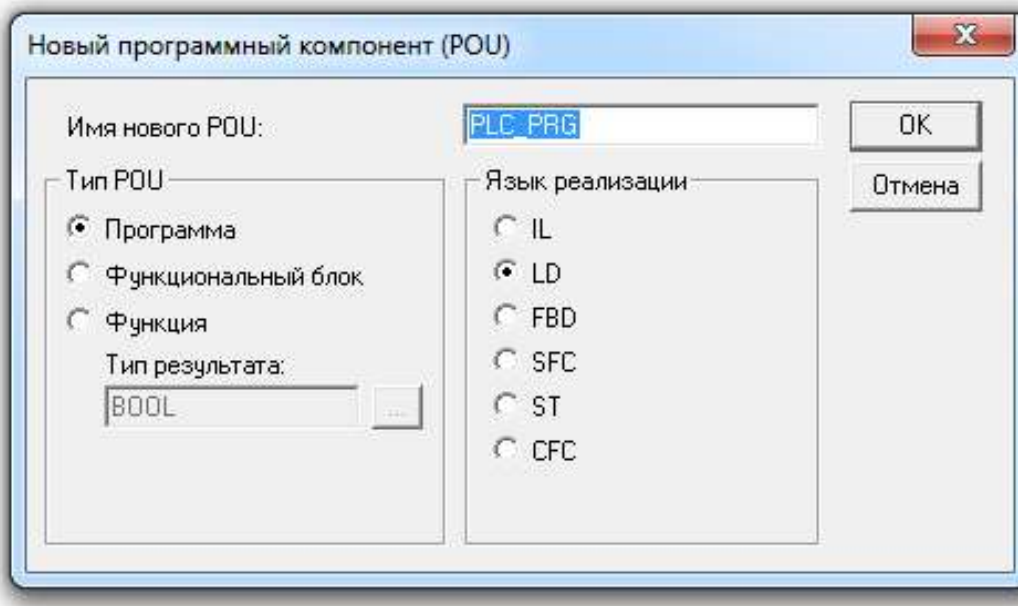


Рисунок 4.3 – Окно «Новый программный компонент (New POU)».

7. В группе переключателей «Язык реализации (Language of the POU)» следует выбрать требуемый язык программирования. В правой верхней области главного окна программы откроется окно редактора, в котором создается программа, исполняемая контроллером.

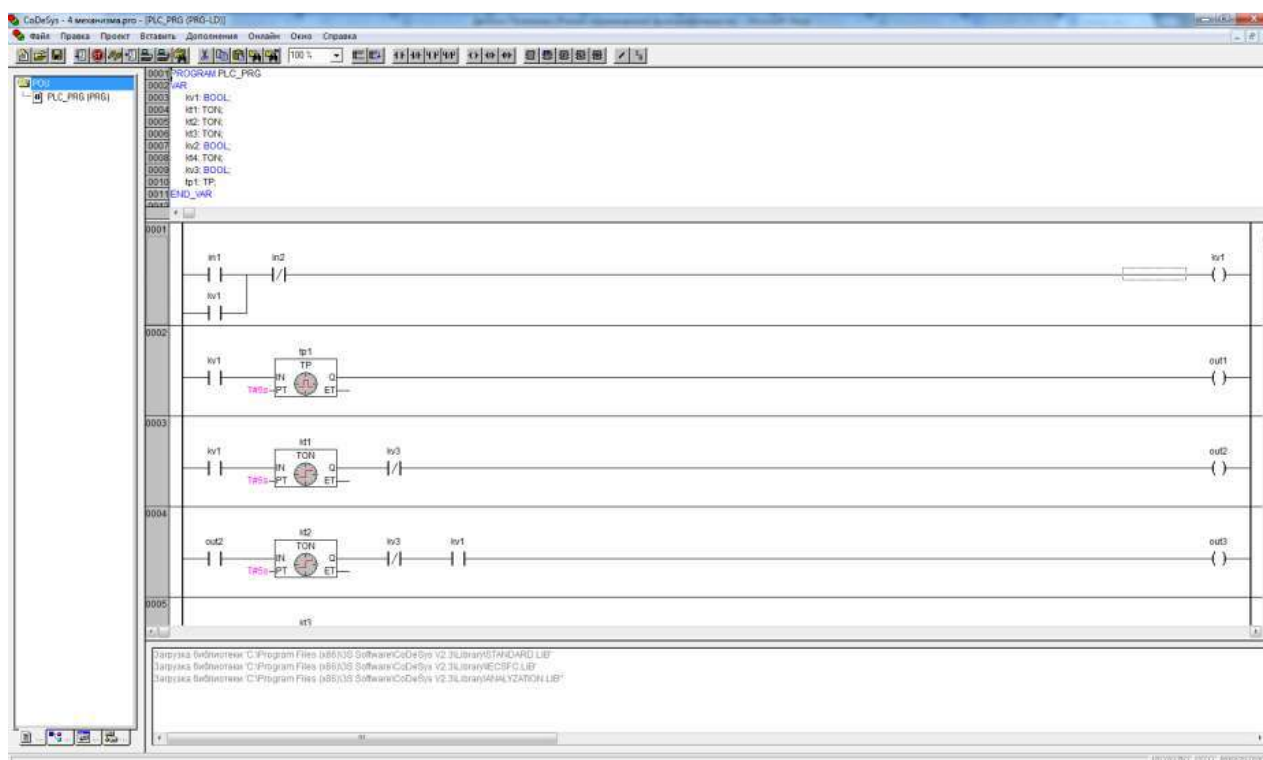


Рисунок 4.4 – Окно создания проекта PLC\_PRG (PRG-LD) на языке LD (LadderDiagram – язык релейных диаграмм).

В зависимости от выбранного языка программирования это окно выглядит по-разному (на рисунке 4.4 – пример для языка LD (LadderDiagram – язык релейных диаграмм). В верхней части этого окна отображается область объявления переменных – «Редактор объявлений», в нижней – область редактора собственно программы. Одновременно главное меню программы (команда «Вставить (Insert)») дополняется командами, специфичными для выбранного языка.

Кроме того, панель инструментов дополняется локальной панелью, содержащей кнопки, соответствующие этим командам. Так для языка LD на панель инструментов вынесены контакты нормально открытые и нормально закрытые, катушки реле, функциональный блок.

Общие сведения о языке «LD» – релейные диаграммы.

Графический язык LD состоит из схем с последовательностью цепей, каждая из которых содержит логическое или арифметическое выражение, вызов функционального блока, переход или инструкцию возврата. Сложен в использовании для работы с аналоговыми типами данных [7].

Лучше всего LD подходит для построения логических переключателей, но достаточно легко можно создавать на нем и сложные цепи – как в FBD. Кроме того, LD достаточно удобен для управления другими компонентами ROU. Используется для программирования большинства ПЛК. Допустимо переключение между языками FBD и LD.

Диаграмма LD состоит из ряда цепей. Слева и справа схема ограничена вертикальными линиями – шинами питания. Между ними расположены цепи, образованные контактами и обмотками реле, по аналогии с обычными электронными цепями. Слева любая цепь начинается набором контактов, которые посылают слева направо состояние «ON» или «OFF», соответствующее логическим значениям ИСТИНА или ЛОЖЬ. Каждому контакту соответствует логическая переменная. Если переменная имеет значение «ИСТИНА», то состояние

передается через контакт, если «ЛОЖЬ», то правое соединение получает значение «Выключено (OFF)».

Редактор LD – это графический редактор. Наиболее важные команды находятся в контекстном меню, которое вызывается правой кнопкой мыши или сочетанием клавиш <Ctrl>+<F10>.

С помощью перетаскивания мышкой элементы (контакт, обмотку или функциональный блок) или их наименования в LD можно перемещать в другие позиции. Для этого выбирается нужный элемент (контакт, обмотка или функциональный блок) и перетаскивается при помощи удерживаемой нажатой клавиши мышки. В процессе этого все допустимые места для помещения элемента будут показаны серыми прямоугольниками. Перетащите элемент в одну из этих позиций и отпустите клавишу. Элемент будет перемещен.

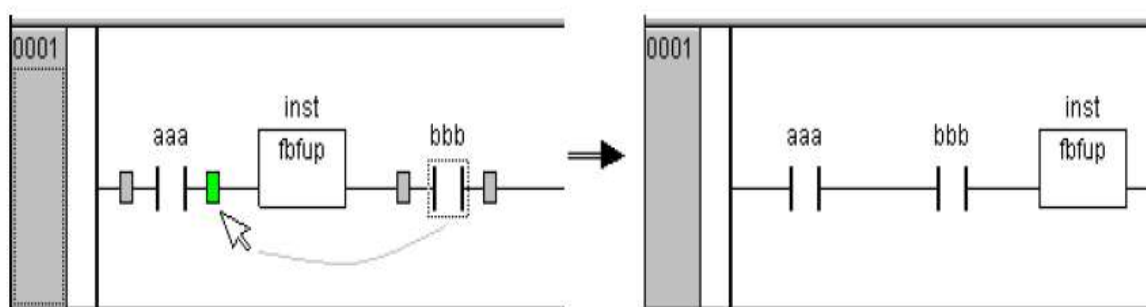


Рисунок 4.5 – Перемещение элементов в редакторе LD.

Если перетащить элемент в поле имени другого элемента, то данное поле будет подсвечено зеленым цветом. Если теперь отпустить клавишу мышки, то имя в поле будет заменено «перетаскиваемым» именем. Если включено отображение адреса и комментария (опция), то они также будут скопированы [20].

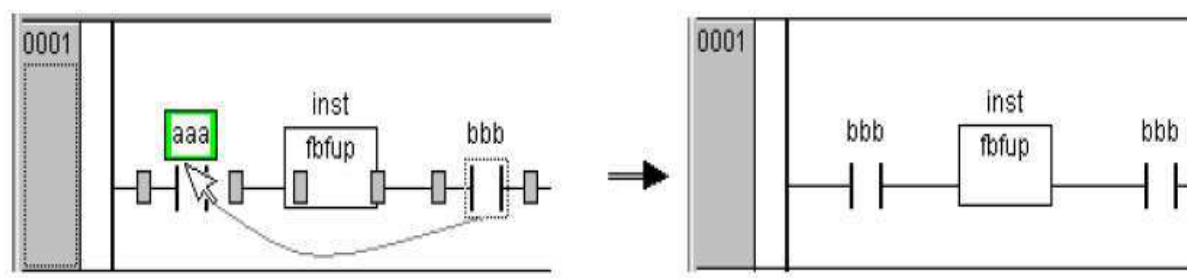


Рисунок 4.6 – Перемещение наименований в редакторе LD.

В режиме Online контакты и обмотки, которые находятся в состоянии «On», изображаются синим цветом. Кроме того, все линии, передающие состояние «On», также окрашиваются синим. Указываются значения всех входов и выходов функциональных блоков. В режиме Online можно устанавливать точки останова и выполнять программу по шагам. Если вы переместите указатель мыши на переменную, то в подсказке появятся тип, комментарии и адрес переменной.

#### 4.2 Типовые звенья схем автоматизации, реализованных в программе CoDeSys

Для нашего технологического процесса обозначение сигналов управления представлены в таблицах 4.1 – 4.3. Как видно из таблиц, почти все сигналы управления являются дискретными. Исключением является сигнал с датчика веса – аналоговый сигнал [15].

Таблица 4.1 – Входные дискретные сигналы

№ п/п	Наименование сигнала	Имя источника	Разрядность	Сигнал
1	2	3	4	5
1	Кнопка «Общий стоп»	SB1	bit	DI 24 V DC
2	Кнопка «Пуск»	SB2	bit	DI 24 V DC
3	Кнопка «Рабочий стоп»	SB3	bit	DI 24 V DC
4	Датчик уровня	SL1	bit	DI 24 V DC

Таблица 4.2 – Перечень выходных сигналов и данных

№ п/п	Наименование сигнала	Имя источника	Диапазон изменения	Пользовательская информация
1	2	3	4	5
1	Включение звонка	km1	1 Bit	DO 1
2	Включение скребкового	km2	1 Bit	DO 2



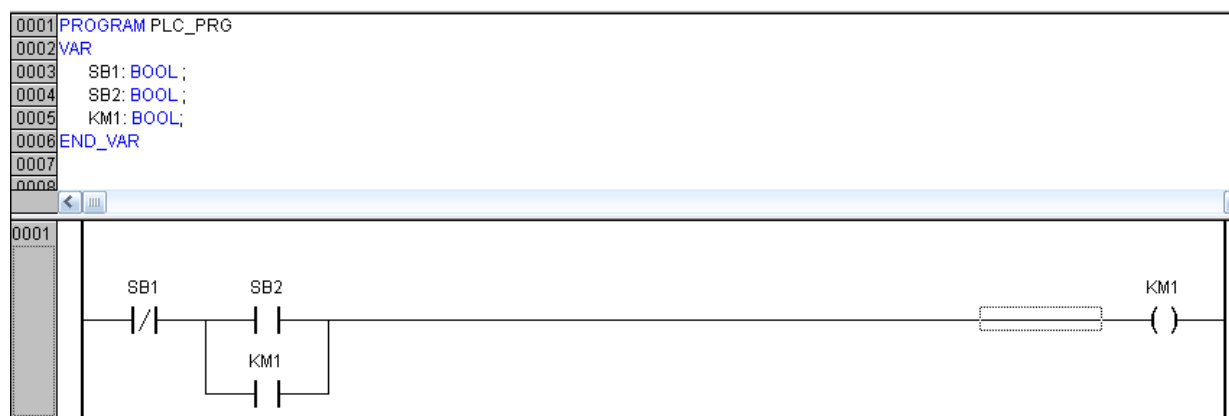
	транспортера			
3	Включение молотковой дробилки	km3	1 Bit	DO 3
4	Включение ковшовой нории	km4	1 Bit	DO 4

Таблица 4.3 – Входные аналоговые сигналы

№ п/п	Наименование сигнала	Имя источника	Разрядность	Сигнал
1	2	3	4	5
1	Датчик веса	urov	bit	0-10 В

При написании программы для конкретного технологического процесса воспользуемся типовыми блоками схем автоматизации.

**Нереверсивная схема управления** электродвигателем реализована в программе CoDeSys на языке LD и CFC (рис. 4.7 и 4.8). На рисунке 4.7 представлена графически схема, на которой SB2 – кнопка «пуск» с замыкающим контактом; SB1 – кнопка «стоп» с размыкающим контактом; катушка реле (магнитного пускателя) KM1, являющегося механизмом и шунтирующим замыкающим контактом KM1.



импульс по переднему фронту входного сигнала); RS1 – триггер с приоритетом выключения; KM1 – механизм.

```
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003   SB1: BOOL;
0004   SB2: BOOL;
0005   RS1: RS;
0006   KM1: BOOL;
0007   R1: R_TRIG;
0008   R2: R_TRIG;
0009 END_VAR
```

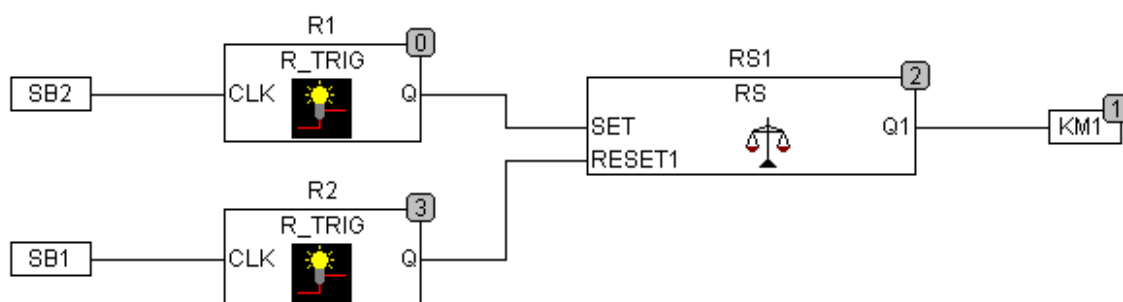


Рисунок 4.8 – Нереверсивная схема управления электродвигателем на языке CFC.

При нажатии на кнопку SB2 сигнал подается на вход R\_TRIG. Триггер переднего фронта пропускает через себя сигнал импульсом, после чего на его выходе будет всегда «0». Пройденного кратковременного импульса хватает для того, чтобы RS триггер сработал, и на выходе его появилась и запомнилась «1». Это приводит к включению KM1 – механизма. При нажатии на кнопку SB1 происходит сброс RS триггера, что приводит к отключению механизма.

**Пускосигнальное звено** реализовано в программе CoDeSys на языке LD и CFC (рис. 4.9 и 4.10). На рисунке 4.9, помимо уже известных нам кнопок управления, появились новые элементы: KV1 – промежуточное реле, служащее в одном случае для шунтирования кнопки «пуск», в другом – для правильной последовательности включения механизмов в программе; KT1 – реле времени (таймер с задержкой включения); катушка реле с названием MOTOR – электродвигатель механизма.

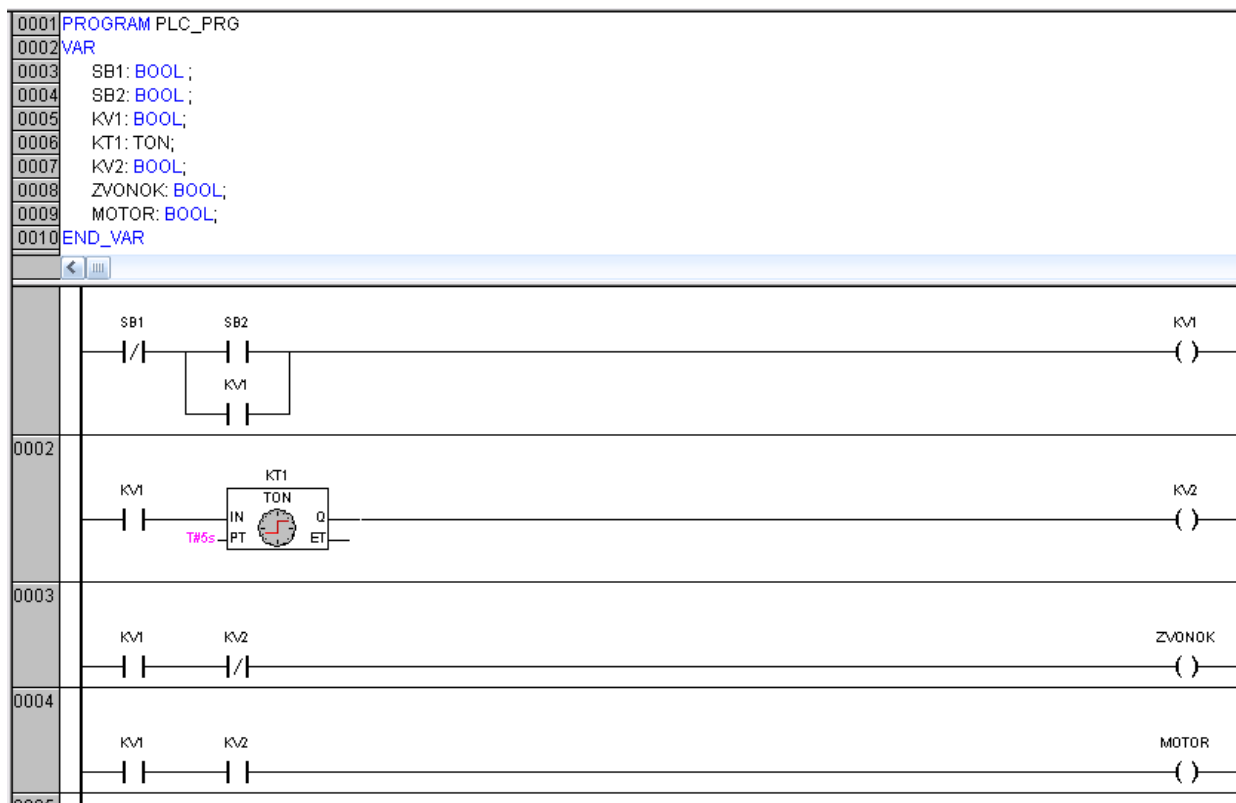


Рисунок 4.9 – Пускосигнальное звено на языке LD.

При нажатии на кнопку «пуск» SB2 включается реле KV1, контакты которого замыкаются, тем самым происходит шунтирование кнопки «пуск» и подачи питания на цепи управления (0002...0004). В цепи 0003 контакт реле KV2 замкнут, что приводит к работе катушки реле ZVONOK. Реле времени KT1 пропустит через себя сигнал с задержкой по времени, равной 5 с, после которой включится промежуточное реле KV2. Одновременно с этим контакт реле KV2 в цепи 0003 отключит катушку реле ZVONOK, а в цепи 0004 включит катушку реле MOTOR. Для остановки механизма используют кнопку SB1.

На рисунке 4.10 представлена электрическая схема пускосигнального звена, реализованная на бесконтактных элементах. На ней обозначены: R1, R2 – триггеры переднего фронта (генерирует импульс по переднему фронту входного сигнала); RS1, RS2 – триггеры с приоритетом выключения; TP – таймер длительности включения (пропускает через себя сигнал определенное время, после чего на выходе «0»); zvon, motor – механизмы.

```

0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     SB1: BOOL;
0004     SB2: BOOL;
0005     RS1: RS;
0006     R1: R_TRIG;
0007     R2: R_TRIG;
0008     T1: TP;
0009     KT1: TON;
0010     RS2: RS;
0011     ZVON: BOOL;
0012     MOTOR: BOOL;
0013 END_VAR

```

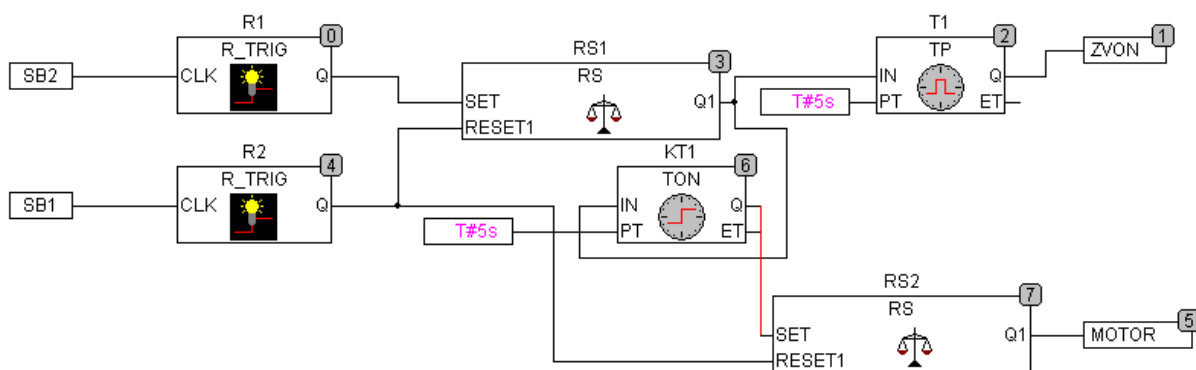


Рисунок 4.10 – Пускосигнальное звено на языке CFC.

При нажатии на кнопку SB2 сигнал подается на вход R\_TRIG. Триггер переднего фронта пропускает через себя сигнал импульсом, после чего на его выходе будет всегда «0». Пройденного кратковременного импульса хватает для того, чтобы RS1 триггер сработал и на выходе его появилась и запомнилась «1». Далее сигнал подается одновременно на два временных блока: TP сразу пропускает сигнал на выход «ZVON» ровно 5 с., после чего сигнал пропадает, «ZVON» отключается; TON пропускает через себя сигнал с задержкой, равной 5 с., после чего через RS2 триггер включается механизм «motor». При нажатии на кнопку SB1 происходит сброс RS1 и RS2 триггеров, что приводит к отключению механизма «motor».

**Звено «Рабочий стоп»** реализовано в программе CoDeSys на языке LD и CFC (рис.4.11 и 4.12). На рисунке 4.11 при нажатии на кнопку «пуск» SB включается реле KV, контакты которого замыкаются, тем самым происходит шунтирование кнопки «пуск» и подачи питания на цепь управления (0002).

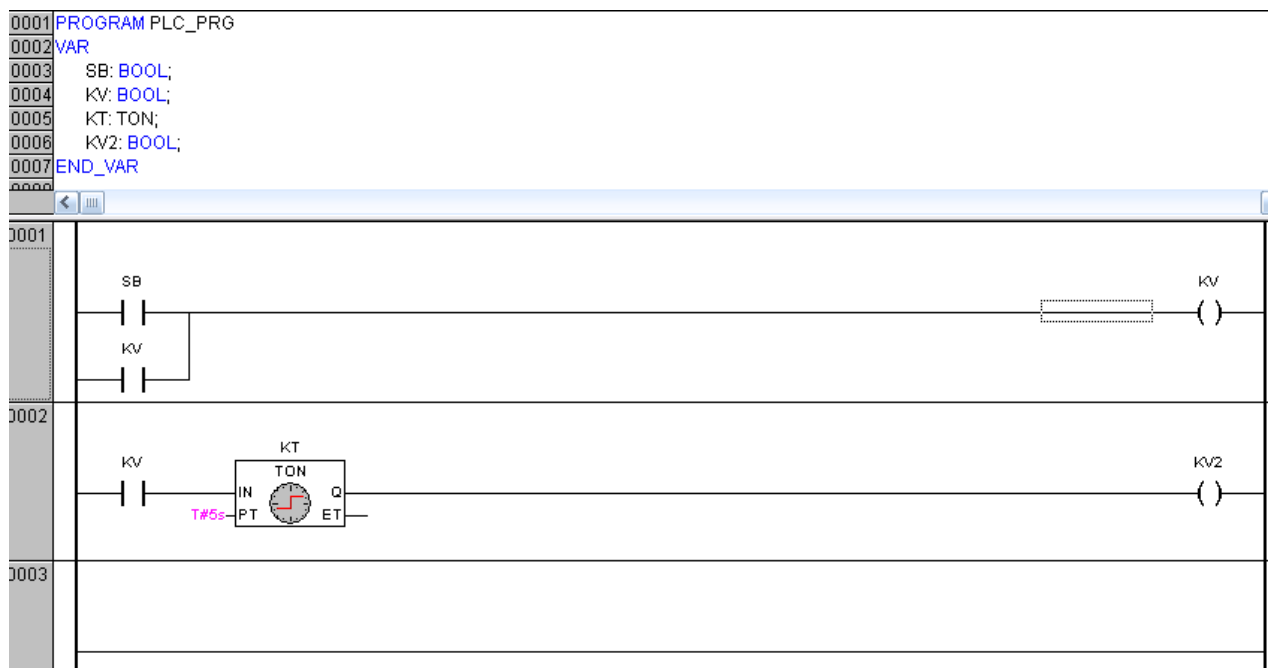


Рисунок 4.11 – Звено «Рабочий стоп» на языке LD.

При этом размыкающий контакт KV, стоящий в цепи с катушкой головного механизма, размыкается, тем самым приводит к отключению механизма, подающего компоненты на линию. В цепи 0002 контакт реле KV замкнут, что приводит к работе таймера. Таймер TON с задержкой по времени, необходимой на очистку линии от продукта, подаст сигнал на реле KV2, размыкающие контакты которого разомкнут цепи с катушками всех механизмов линии.

На рисунке 4.12 представлена электрическая схема звена «Рабочего стопа», реализованная на бесконтактных элементах. При нажатии на кнопку «пуск» SB сигнал подается на вход R\_TRIG. Триггер переднего фронта пропускает через себя сигнал импульсом на RS1 триггер, на выходе которого записывается в память «1». Далее сигнал подается сразу на сброс RS3 триггера, который отключает головной механизм линии и через таймер TON с задержкой отключает все остальные триггеры механизмов линии, в данном случае RS4.

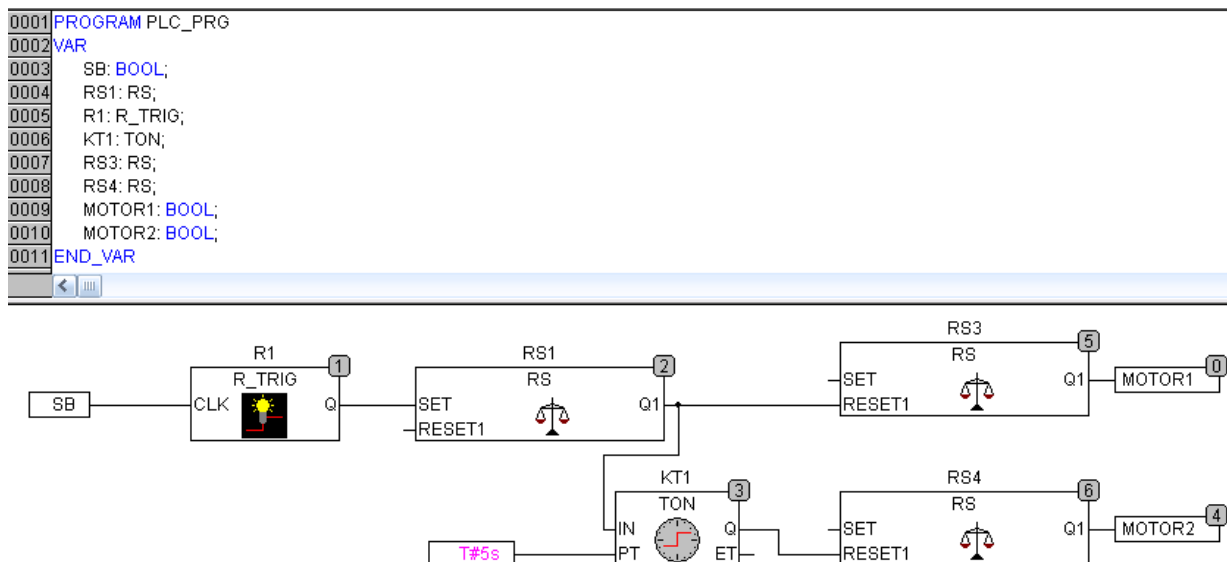


Рисунок 4.12 – Звено «Рабочий стоп» на языке CFC.

#### 4.3 Разработка схемы управления линии предварительной очистки зерна на базе ПЛК 160.

На основании разработанных типовых схем составим программу управления линии предварительной обработки зерна, внешний вид которой изображен на рисунке 4.13. Разработанный алгоритм управления реализуется в программном продукте CoDeSys на базе языка программирования LD (релейных диаграмм).

Как видим, в написании программы управления линии предварительной обработки зерна использовались типовые блоки, из которых, как в конструкторе, собирается алгоритм управления. Каждый участок линии 0001....0009 начинается с замыкающего контакта kv1. Это сделано для того, чтобы питание на цепи подавалось только после включения кнопки «пуск» SB2.

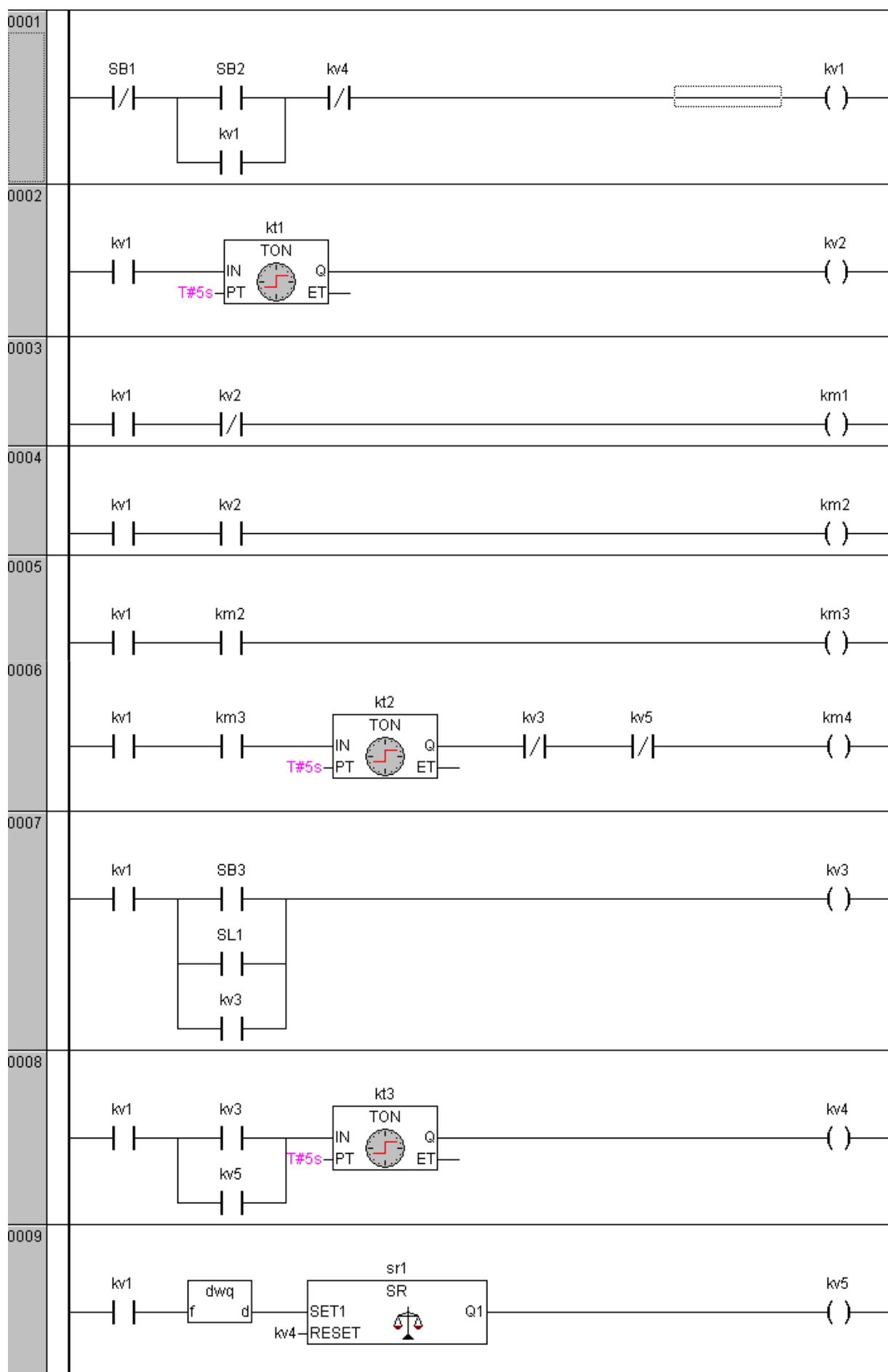


Рисунок 4.13 – Алгоритм управления линией на языке LD.

В данной программе на участке 0009 представлено новое звено, которое отвечает за контроль веса в бункере. В этом участке происходит слияние релейно-контактных схем с их дискретными сигналами и бесконтактных схем с аналоговыми сигналами. В блоке «dwq» учитывается аналоговый сигнал, проходящий с аналогового датчика, сравнение его с текущей уставкой (значение физической величины заданное) и на выходе результат сравнения.

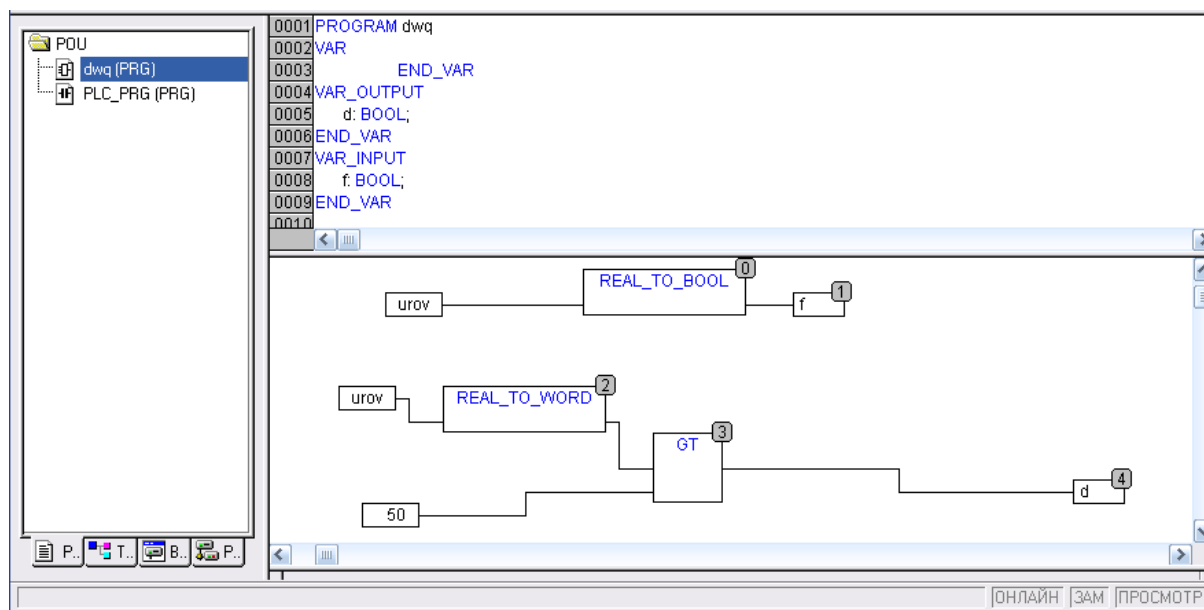


Рисунок 4.14 – Реализация блока «dwq» в CoDeSys на базе языка программирования CFC.

Для более детального рассмотрения блока «dwq» представим его в развернутом виде на рисунке 4.14. Функциональный блок «dwq» состоит из входной величины uov и выходной d. Именно величина uov отвечает за аналоговый сигнал, проходящий на вход контроллера. Этот сигнал сравнивается со значением уставки, равной 50. Сравнение происходит в блоке GT. В этом блоке сравнение может осуществляться только между величинами, имеющими одинаковые типы данных. Число 50, целочисленное значение, сравнивается с величиной uov – вещественной переменной, поэтому необходимо преобразовать тип данных величины uov из вещественной переменной в целочисленное значение. Для этого служит блок REAL\_TO\_WORD. Результат сравнения величин



формируется в выходную величину d.

Для правильной привязки глобальных переменных к реальным входам/выходам контроллера используют вкладку «Ресурсы» с конфигурацией ПЛК. На рисунке 4.15 представлен внешний вид вкладки конфигурации ПЛК с прописанными глобальными величинами [17].

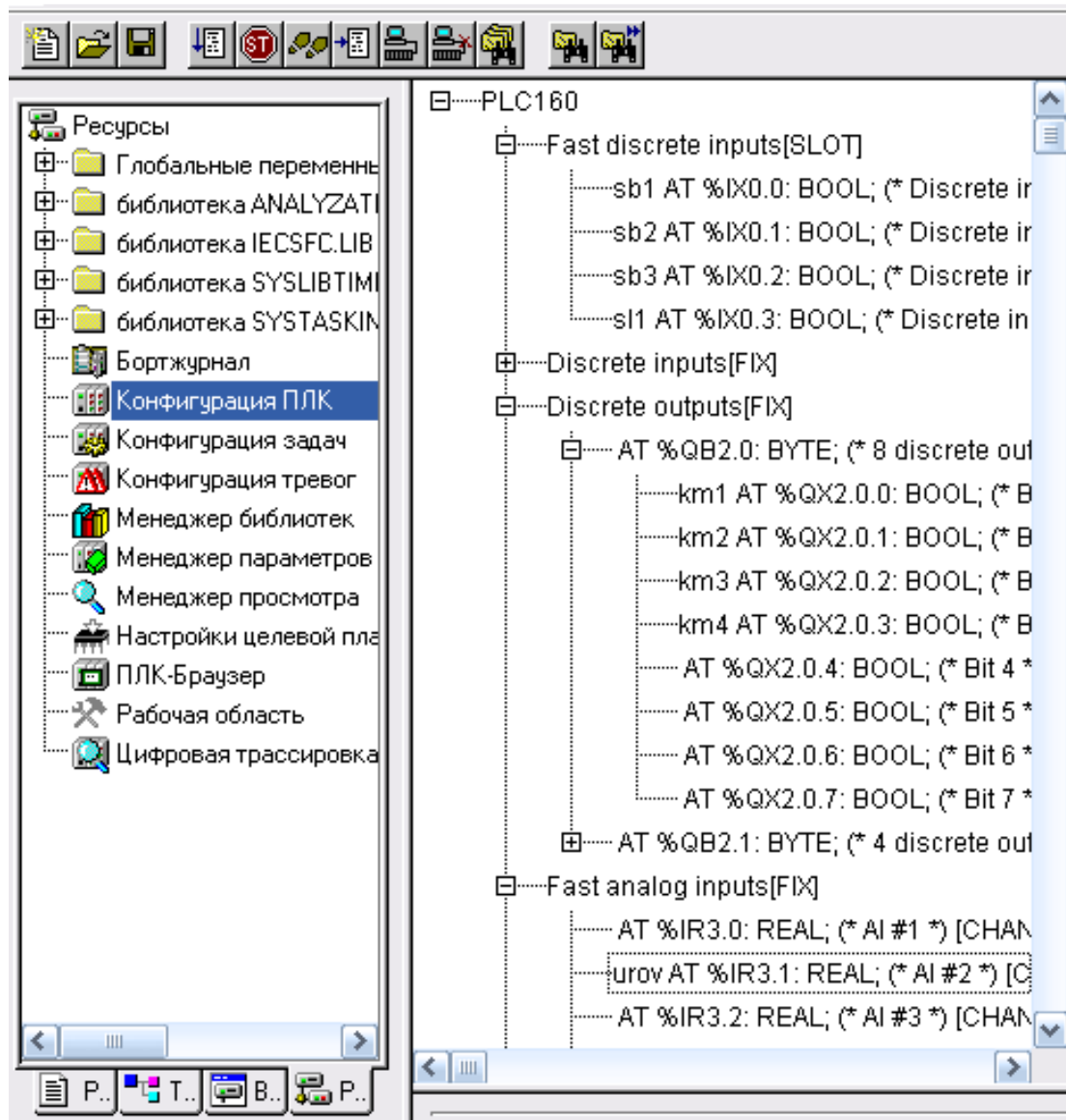


Рисунок 4.15 – Внешний вид вкладки конфигурации ПЛК.

На рисунке 4.15 показана конфигурация контроллера ПЛК160, у которого имеется 4 быстрых дискретных входа, где прописаны наши глобальные переменные sb1, sb2, sb3, sl1, которые участвуют в написании программы управления линии предварительной обработки зерна (рисунок 4.13). К этим дискретным входам контроллера подключены кнопки управления и датчик уровня.

У контроллера имеются дискретные выходы, где прописаны наши гло-

бальные переменные km1, km 2, km 3, km 4. К этим дискретным выходам контроллера подключены катушки магнитных пускателей механизмов линии.

К аналоговому входу контроллера подключен датчик, глобальная переменная, описывающий сигнал которого является величиной  $u_{rov}$ .

Для имитации работы аналогового датчика в лабораторном стенде используется переменный резистор, который формирует управляющий сигнал в виде напряжения 0...10 В. В связи с этим необходимо настраивать параметр канала входа. На рисунке 4.16 представлен внешний вид настройки параметра канала входа аналогового датчика.

Индекс	Имя	Значение	По умолч.	Мин.	Макс.
1	Input type	0-10V	4-20 mA		
2	Peak Filtr	200	200	1	200
3	Filtr Ch	Off	Off		
4	Tau RC	10	10	10	10000
5	Min FV	0	0	-1E9	1E9
6	Max FV	100.0	20000.0	-1E9	1E9

Рисунок 4.16 – Внешний вид вкладки конфигурации ПЛК.

В параметрах канала настраивается: индекс 1 – выбирается значение входящего сигнала от датчика, индекс 6 – устанавливается верхняя граница измеряемой физической величины. Все остальные настройки параметра канала можно оставить по умолчанию.

Аналогично с учетом требований, предъявляемых к линии предварительной обработки зерна, разрабатывается программа управления в CoDeSys на базе языка программирования CFC (рисунок 4.17). Для нее характерно использование функциональных блоков совместно с элементами логики.

Как видно из представленной схемы, здесь также использовался принцип конструктора. Все входные величины расположены в левой части схемы, выходные – в правой. На таймерах времени KT1...KT3 установлены временные задержки на уровне 5 сек.

Для осуществления контроля уровня заполнения бункера используется аналоговый датчик, благодаря которому появилась возможность координировать уровень заполнения. В связи с этим возникла необходимость в появлении звена, отвечающего за контроль аналогового сигнала. На рисунке 4.18 представлено звено контроля уровня заполнения бункера.

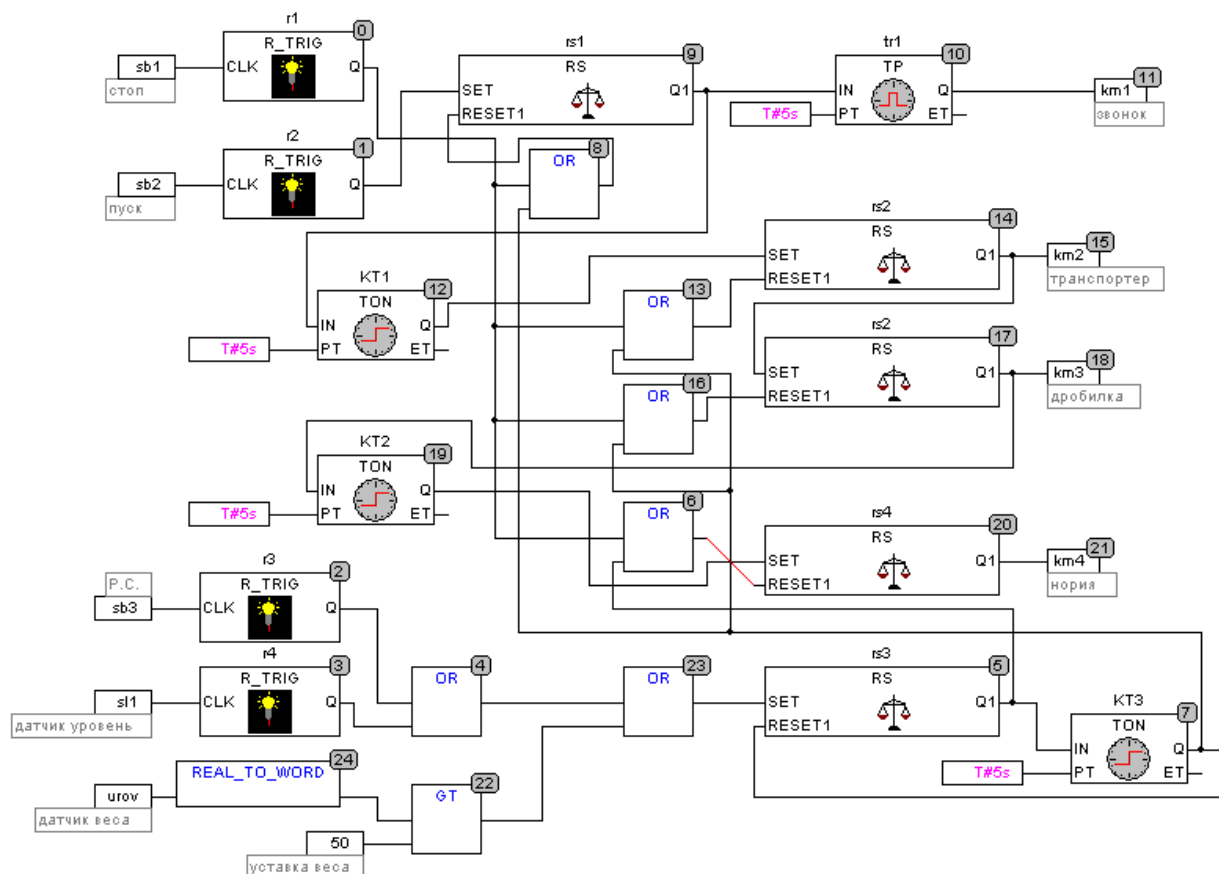


Рисунок 4.17 – Программа управления механизмов линии на языке CFC.

Звено контроля практически аналогично звену, изображенному в блоке «dwq», поэтому описывать подробно его не будем [9].

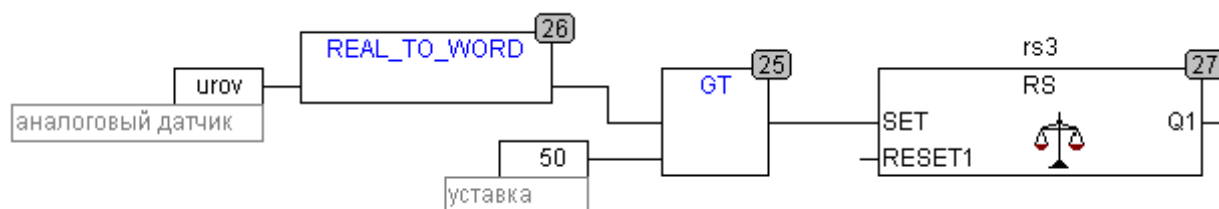


Рисунок 4.18 – Внешний вид звена, отвечающего за контроль аналогового сигнала датчика.

Зачастую бывает такая ситуация, когда внутри программы алгоритм управления работает правильно и соответственно правильно работают выходные устройства контроллеров, а на деле нет контроля за работой самих механизмов. На рисунках 4.14 и 4.18 алгоритмы управления линей составлены правильно и удовлетворяют требованиям, только нет обратной связи с реально действующим электрооборудованием. В связи с этим необходимо дополнить разработанные нами схемы элементами, которые позволят нам контролировать работоспособность электродвигателей.

Рассмотрим доработку схемы управления, реализованную на графическом языке программирования LD. Для этого необходимо в цепи 0001...0009 с катушками управления выходных устройств km2...km4 поместить замыкающие контакты глобальных переменных km11...km31.

Если катушка управления внутри программы km1 получила питание, то соответственно дискретный выход 1 включится и подаст питание на магнитный пускатель 1, который включит звонок. Если звонок включен, то тогда на дискретный вход контроллера придет питание через дополнительный контакт магнитного пускателя 1 и соответственно тогда только замкнется контакт km11, что приведет к включению механизма транспортера, в противном случае транспортер работать не будет.

Сказанное выше реализуется довольно-таки просто в программе. Для этого необходимо добавить глобальные переменные km11, km21, km31.

На рисунке 4.19 показана конфигурация контроллера ПЛК160, у которого, помимо уже существующих 4 быстрых дискретных входов, где прописаны наши глобальные переменным sb1, sb2, sb3, sl1, добавляются новые km11, km21, km31.

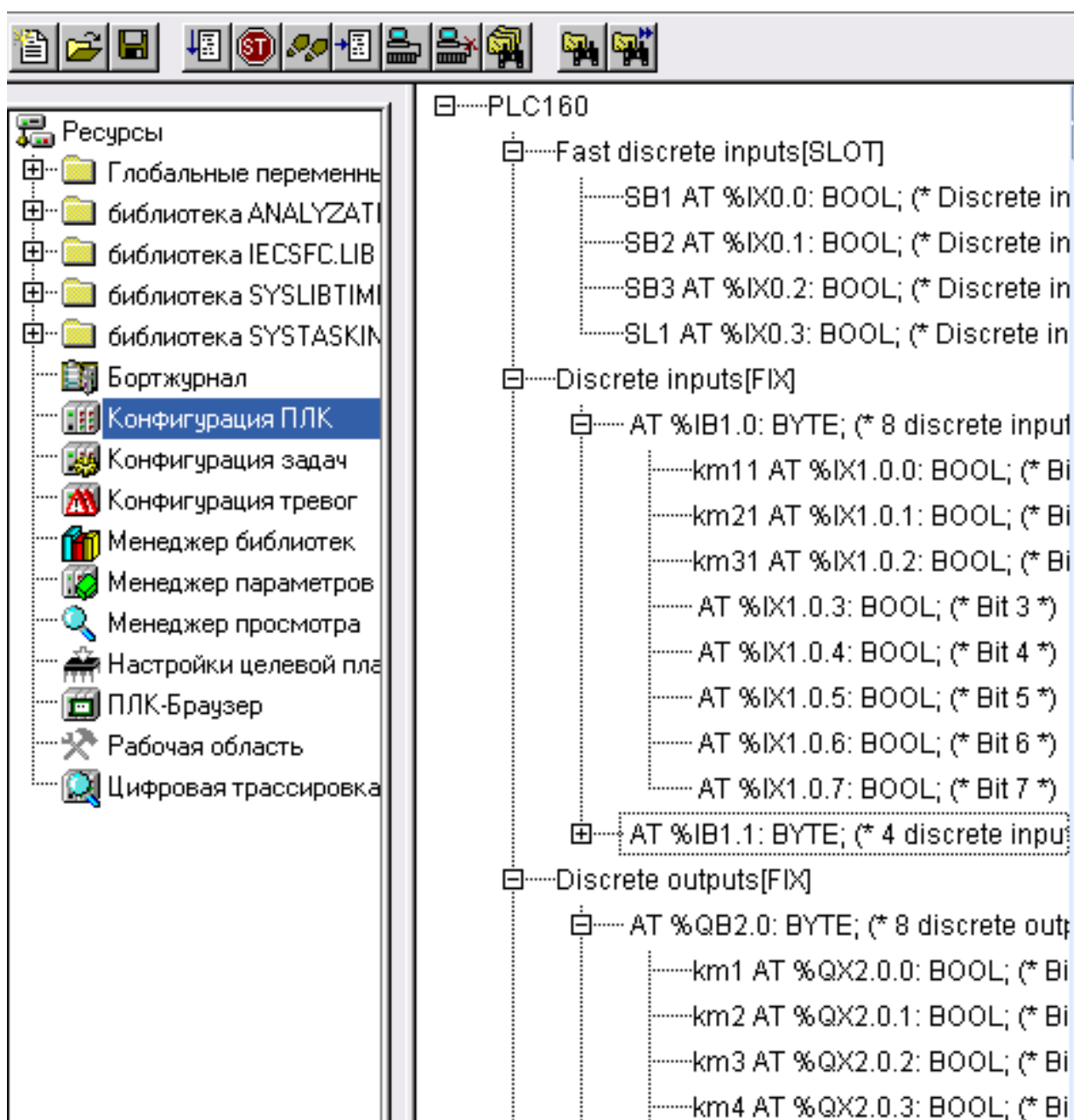


Рисунок 4.19 – Внешний вид вкладки конфигурации ПЛК.

Разработана новая программа управления линии с контролем состояния работы механизмов. Алгоритм управления реализуется в программном продукте CoDeSys на базе языка программирования LD (релейных диаграмм).

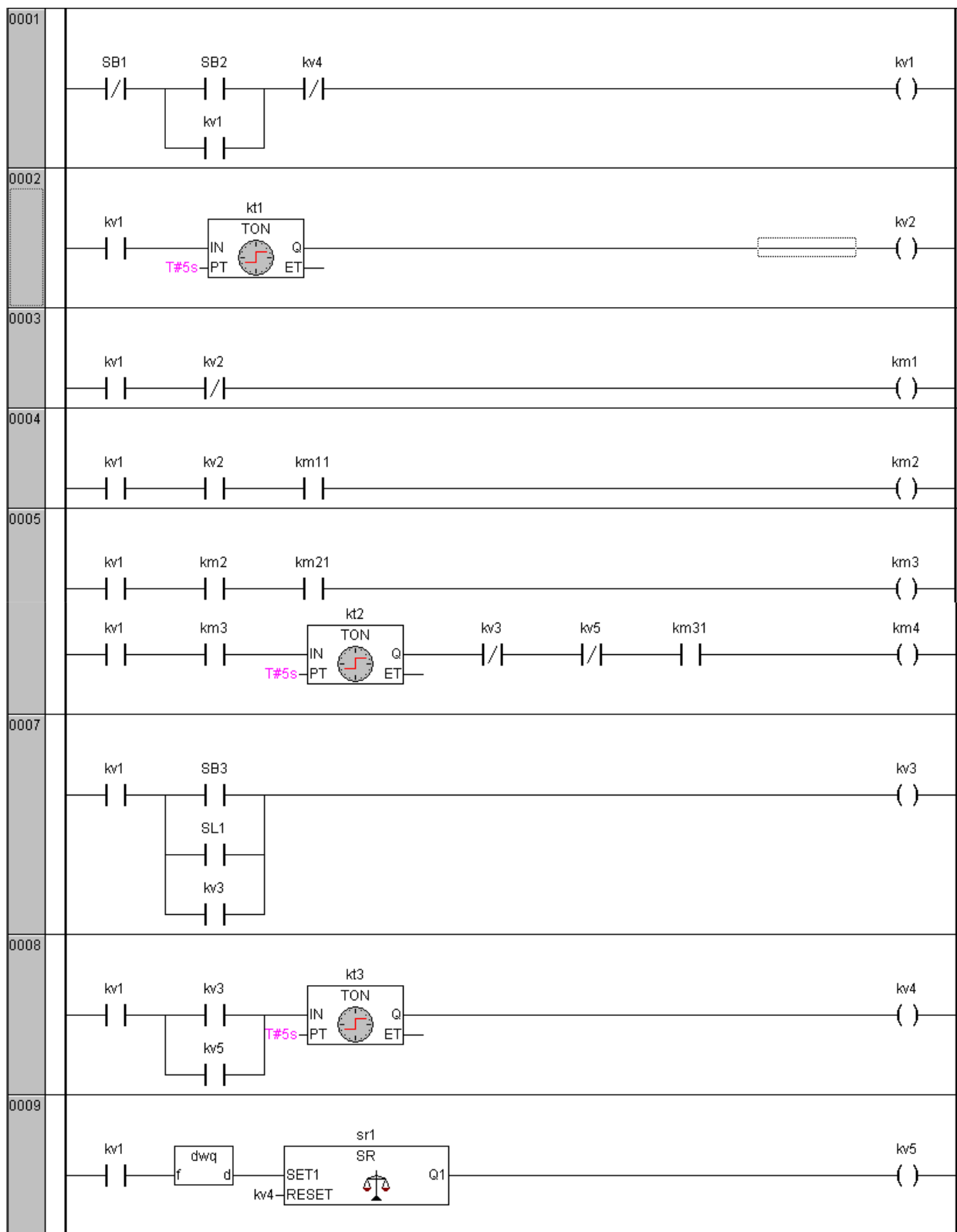


Рисунок 4.20 – Внешний вид программы управления линией.

## 5. МЕТОДИКА РАССЧЕТА ПУСКОЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ

Для расчета и выбора автоматического выключателя необходимо рассчитать расчетный ток электродвигателя потребителя. Если автоматический выключатель установлен только на один электродвигатель, то методика нахождения, следующая [4].

а) Рассчитать расчетный ток электродвигателя:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \gamma \cdot \eta}; \quad (5.1)$$

б) Ток теплового расцепителя автоматического выключателя

$$I_{m.p} = 1,25 \cdot I_p; \quad (5.2)$$

в) Выбор номинального тока автоматического выключателя

$$I_{ном.АВ} \geq I_{m.p}; \quad (5.3)$$

(номиналы тока автоматического выключателя 1, 2, 3, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63 А)

г) Рассчитываем пусковой ток электродвигателя

$$I_{пуск} = I_p \cdot I_n; \quad (5.4)$$

где  $I_n$  – кратность пускового тока электродвигателя, таблица 4.

д) Расчет электромагнитного расцепителя автоматического выключателя

$$I_{эм.р.} = I_{пус} \cdot K_n; \quad (5.5)$$

где  $K_n$  – коэффициент надежности, для электромагнитного расцепителя принимаем  $K_n=2,1$ .

Если автоматический выключатель групповой, установлен на несколько электродвигатель, то методика расчета  $I_{тр.р.}$  и  $I_{эм.р.}$  претерпела изменения.

е) Расчет теплового расцепителя группового автоматического выключателя

$$I_{тр.р.} = K_{загр} \cdot \sum I_{тр.р.}; \quad (5.6)$$

где  $K_{загр}$  – коэффициент загрузки электродвигателей линии, принимаем  $K_{загр}=0,8$

ж) Расчет электромагнитного расцепителя группового автоматического выключателя

$$I_{эм.р.} = K_n (\sum I_p + I_{пуск.мощ.АД} - I_{р.мощ.АД}); \quad (5.7)$$

где  $I_{пуск.мощ.АД}$  – пусковой ток самого мощного электродвигателя.

$I_{р.мощ.АД}$  – расчетный ток самого мощного электродвигателя.

Пример выбора автоматических выключателей и аппаратуры управления

В таблице 5.1 представлены каталожные данные для трёх механизмов из разбираемого примера линии предварительной очистки зерна.

Таблица 5.1 – Паспортные данные электродвигателей

Механизм	Тип двигателя	Р, кВт	КПД, %	cosφ	$I_n/I_H$
Скребковый транспортёр	АИР 90 L4	2,2	80,0	0,79	6,0
Молотковая дробилка	АИР 132 М6	7,5	85,5	0,81	7,0
Ковшовая нория	АИР 80 В4	1,5	78,5	0,8	5,3

1. Расчёт и выбор автоматической выключателя QF2, установленного на скребковом транспортёре:

а) Расчётный ток электродвигателя:



$$I_P = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,80 \cdot 0,79} = 5,3 \text{ A}$$

б) Ток теплового расцепителя автоматического выключателя

$$I_{тр} = 1,25 \cdot 5,3 = 6,63$$

в) Выбор номинального тока автоматического выключателя производится по таблице П из условия  $I_{ном.АВ} \geq I_{тр}$ . Для скребкового транспортёра выбираем  $I_{ном.АВ} = 8\text{A}$ .

г) Пусковой ток электродвигателя:

$$I_{пуск} = 5,3 \cdot 6 = 31,8 \text{ A}$$

д) Расчёт электромагнитного расцепителя автоматического выключателя:

$$I_{эм.р} = 31,8 \cdot 2,1 = 66,78 \text{ A}$$

В результате расчёта для скребкового транспортёра выбираем автоматический выключатель серии ВА47-29,  $I_{ном.АВ} = 8\text{A}$ . Выбор осуществляется из таблицы П.1 – «технические характеристики автоматических выключателей серии ВА47-29», расположенной в приложении.

2. Расчёт и выбор автоматического выключателя QF3 установленного на молотковой дробилке.

а) Расчётный ток электродвигателя:

$$I_P = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,855 \cdot 0,81} = 16,5 \text{ A}$$

б) Ток теплового расцепителя автоматического выключателя

$$I_{тр} = 1,25 \cdot 16,5 = 20,6$$

в) Выбор номинального тока автоматического выключателя производится по таблице П из условия  $I_{ном.АВ} \geq I_{тр}$ . Для молотковой дробилки выбираем  $I_{ном.АВ} = 25\text{A}$ .

г) Пусковой ток электродвигателя:

$$I_{пуск} = 16,5 \cdot 7 = 115,5 \text{ A}$$

д) Расчёт электромагнитного расцепителя автоматического выключателя:

$$I_{эм.р} = 115,5 \cdot 2,1 = 242,55 \text{ A}$$

В результате расчёта для молотковой дробилки выбираем автоматический выключатель серии ВА47-29,  $I_{ном.АВ} = 25А$ .

3. Расчёт и выбор автоматического выключателя QF4 установленного на ковшовой нории.

а) Расчётный ток электродвигателя:

$$I_p = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,785 \cdot 0,8} = 3,63 А$$

б) Ток теплового расцепителя автоматического выключателя

$$I_{тр} = 1,25 \cdot 3,63 = 4,5$$

в) Выбор номинального тока автоматического выключателя производится по таблице П из условия  $I_{ном.АВ} \geq I_{тр}$ . Для ковшовой нории выбираем  $I_{ном.АВ} = 5А$ .

г) Пусковой ток электродвигателя:

$$I_{пуск} = 3,63 \cdot 5,3 = 19,2 А$$

д) Расчёт электромагнитного расцепителя автоматического выключателя:

$$I_{эм.р} = 19,2 \cdot 2,1 = 40,32 А$$

В результате расчёта выбираем автоматический выключатель серии ВА47-29,  $I_{ном.АВ} = 5А$ .

4. Расчёт и выбор группового автоматического выключателя QF1.

а) Суммарный расчётный ток электродвигателей:

$$\sum I_p = 5,3 + 16,5 + 3,63 = 25,43 А$$

б) Расчёт теплового расцепителя группового автоматического выключателя:

$$I_{т.р.} = 0,8 \cdot 25,43 = 20,34 А$$

в) Расчёт электромагнитного расцепителя группового автоматического выключателя:

$$I_{эм.р.} = 2,1 \cdot (25,43 + 115,5 - 16,5) = 261,303 А$$

Выбираем из таблицы П автоматический выключатель серии ВА47-29,  $I_{ном.АВ} = 25А$ .

Все расчетные данные сводятся в таблицу 5.2

Таблица 5.2 – Результаты расчёта автоматических выключателей

Наименование токоприемника	$P_{уст},$ кВт	$I_p, A$	$I_n, A$	Автоматический выключатель			
				ТИП	$I_n,$ А	$I_{т.р},$ А	$I_{эм.р}, A$
Скребковый транспортёр	2,2	5,3	31,8	ВА47-29	8	6,63	66,78
Молотковая дробилка	7,5	16,5	115,5	ВА47-29	25	20,6	242,55
Ковшовая нория	1,5	3,63	19,2	ВА47-29	5	4,5	4,5
Групповой автоматический выключатель	11,2	25,43	-	ВА47-29	25	20,34	261,3

Выбор аппаратуры управления.

Правильный и рациональный выбор пускозащитных аппаратов для цепей управления приемников электрической энергии (электродвигателей) является основополагающим при разработке схем управления и защиты. Разнообразие схем управления как по мощности, так и по степени ответственности, надежности, экономичности вынуждает иметь дело с таким же (или большим) разнообразием исполнительных элементов, правильный выбор которых во многом определяет технико-экономические показатели объекта управления в целом. Среди основных показателей, характеризующих качество исполнительных элементов, можно выделить: надежность, экономичность, достаточный срок службы, малые массу и габаритные размеры, небольшие эксплуатационные затраты, низкую стоимость, высокую технологичность и т. д.

При выборе магнитных пускателей и контакторов, в зависимости от условий их использования и характеристик электропривода, должно быть выполнено достаточно большое число различных требований.

Для электроприводов продолжительного и прерывисто-продолжительного режима работы выбор магнитного пускателя производится

по номинальной силе тока аппарата  $I_{ном. АП}$ , которая должна быть не меньше номинального (расчетного) тока двигателя [4]:

$$I_{ном. АП} \geq I_p ; \quad (5.8)$$

где  $I_{ном. АП}$  – номинальная сила тока аппарата, А

$I_p$  – расчетный ток потребителя, А

Для защиты электродвигателя от перегрузок применяют в схемах управления тепловые реле. Защита электродвигателя от перегрузки должна устанавливаться в тех случаях, когда возможна перегрузка механизма по технологическим причинам, а также при тяжелых условиях пуска и для ограничения длительности пуска при пониженном напряжении. Защита должна выполняться с выдержкой времени и может быть осуществлена тепловыми реле.

Расчет и выбор теплового расцепителя реле производится также по расчетному току двигателя.

$$I_{т.р} = 1,05...1,2 \cdot I_p ; \quad (5.9)$$

Расчёт магнитного пускателя и теплового реле для скребкового транспортера:

Магнитный пускатель:

$$I_p = 5,3 \text{ А}$$

$$I_{ном. АП} = 10 \text{ А}$$

Принимаем магнитный пускатель серии ПМЛ 110004.

Тепловое реле:

$$I_{т.р.} = 1,05 \cdot 5,3 = 5,57 \text{ А}$$

Принимаем тепловое реле серии РТЛ 1010.

6. Расчёт магнитного пускателя и теплового реле для молотковой дробилки:

Магнитный пускатель:

$$I_p = 16,5 \text{ А}$$

$$I_{ном. АП} = 25 \text{ А}$$

Принимаем магнитный пускатель серии ПМЛ 210004.

Тепловое реле:

$$I_{т.р.} = 1,05 \cdot 16,5 = 17,33 \text{ А}$$

Принимаем тепловое реле серии РТЛ 1021.

5. Расчёт магнитного пускателя и теплового реле для ковшовой норрии:

Магнитный пускатель:

$$I_p = 3,63 \text{ А}$$

$$I_{ном. АП} = 10 \text{ А}$$

Принимаем магнитный пускатель серии ПМЛ 110004.

Тепловое реле:

$$I_{т.р.} = 1,05 \cdot 3,63 = 3,8 \text{ А}$$

Принимаем тепловое реле серии РТЛ 1008.

Результаты расчета представим в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты расчёта аппаратуры управления

Наименование токоприемника	Магнитный пускатель		Тепловое реле	
	ТИП	I <sub>н</sub> , А	ТИП	I <sub>тр</sub> , А
Скребковый транспортёр	ПМЛ 110004	10	РТЛ 1010	3,8 – 6,0
Молотковая дробилка	ПМЛ 210004	25	РТЛ 1021	13 - 19
Ковшовая нория	ПМЛ 110004	10	РТЛ 1008	2,4 – 4,0

## 6. СОСТАВЛЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ ДИАГРАММЫ И БЛОК-СХЕМЫ РАБОТЫ МЕХАНИЗМОВ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА

В схемах управления технологическими линиями состояние выходных элементов, т.е. исполнительных механизмов (электромагнитных реле, магнитных пускателей, твердотельных реле и т.д.), определяется не только комбинацией входных или приёмных элементов (кнопок, датчиков и т.д.), но и последовательностью их изменения во времени.

Словесное описание проектируемого технологического процесса можно представить в виде графика изменения входных и выходных сигналов, который называется временной диаграммой технологического процесса.

Построение временной диаграммы осуществим на базе примера рассмотренного ранее.

Ранее нами уже определено, что в автоматическом режиме работы для линии предварительной очистки зерна необходимо 3 кнопки: SB1 «Стоп», SB2 «Пуск» и SB3 «Рабочий стоп», а также датчик уровня SL1. Таким образом имеем 4 входных элемента. Причём кнопки приняты с самовозвратом, т.е. без фиксации включённого состояния.

Выходных элементов 4: звонок HA1, скребковый транспортёр KM1, молотковая дробилка KM2 и ковшовая нория KM3.

При нажатии кнопки SB2 «Пуск» первым должно включиться пускo-сигнальное звено (звонок HA1) на 10 секунд для предупреждения персонала о том, что сейчас будет происходить запуск технологической линии. После того, как звонок HA1 прозвенел, т.е. спустя 10 секунд после нажатия на кнопку SB2

«Пуск», включается скребковый транспортёр КМ1 и молотковая дробилка КМ2 (рис. 6.1).

Время работы механизмов определяется исходя из их производительности и объёма продукции.

Производительность для скребкового транспортёра, молотковой дробилки и ковшовой норрии примем 5 т/ч, 3 т/ч и 2 т/ч соответственно.

Объём зерна определяется исходя из объёма бункера и килограмм зерна приходящихся на 1 м<sup>3</sup>.

Зерно разных культур имеет разную форму, плотность и соответственно вес, следовательно, кубический метр каждого вида зерна не может весить одинаково. Самым легким кубическим метром зерна, является подсолнечник, куб семечек весит от 275 кг до 440 кг. Овес и рис весят от 400 кг до 550 кг за кубический метр. Гречиха весит 560 – 660 кг. Ячмень 580 – 700 кг за куб. От 580 кг и до 680 кг весят семена льна. Кубический метр кукурузы будет весить от 680 – 820 кг. Просо и рожь весят от 680 кг до 750 кг. Тяжелее всего куб пшеницы, 730 – 850 кг.

Примем объём бункера 5 м<sup>3</sup>. Загружаемое зерно – гречиха. Исходное состояние бункера – пустой.

Тогда количество зерна в полном бункере:

$$N = 5 \cdot 580 = 2900 \text{ кг}$$

Меньшую производительность из всех механизмов имеет ковшовая норрия, она же подаёт зерно на линию. Её время работы составит:

$$t_{M3} = \frac{2000}{2900} = 0,689 \text{ ч} = 41 \text{ мин}$$

Время работы остальных механизмов будет больше чем 41 минута и определяется исходя из логики работы схемы.

После включения скребкового транспортёра КМ1 и молотковой дробилки КМ2 им необходимо дать время на разгон. В курсовой работе время на разгон для всех механизмов принимаем – 10 секунд. Ковшовая норрия КМ3 запускается последней (спустя 10 секунд после запуска КМ1 и КМ2) чтобы не создавать за-

вала продукта на молотковой дробилке КМ2 и скребковом транспортёре КМ1. Спустя 41 минуту весь продукт необходимый для заполнения бункера пройдёт через ковшовую норию КМ3.

Датчик уровня SL устанавливается таким образом, чтобы сигнал о заполнении бункера поступил ещё до того, как остатки продукта пройдут через молотковую дробилку КМ2 и скребковый транспортёр КМ1.

При срабатывании датчика уровня SL1 отключается головной механизм КМ3 (через 41 минуту и 20 секунд после нажатия на кнопку SB2 «Пуск»). С выдержкой по времени одновременно отключаются КМ1 и КМ2. Данную выдержку времени в курсовой работе принять равной 20 секунд.

Временная диаграмма для нормального режима работы показана на рисунке 6.1.

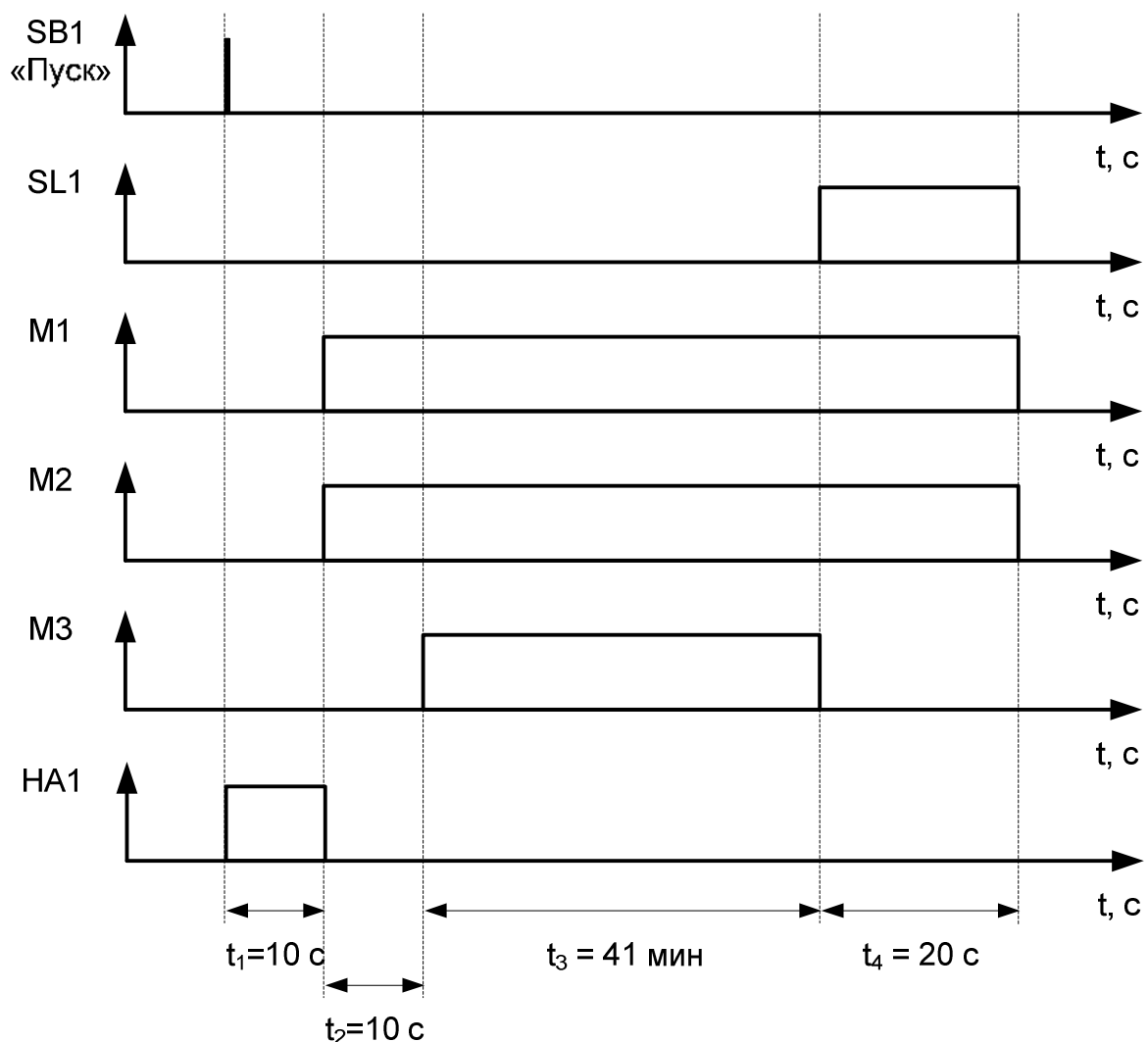


Рисунок 6.1 – Временная диаграмма для нормального режима работы



В курсовой работе помимо временной диаграммы для нормального режима работы технологического процесса, должны быть показаны временные диаграммы для режима «Рабочий стоп» и «Общий стоп». Данные диаграммы для рассмотренного примера представлены на рисунках 6.2 и 6.3.

В режиме «Рабочий стоп» оператор может остановить процесс раньше, чем сработает датчик уровня SL1, поэтому в данном случае время работы механизмов определить невозможно.

В режиме «Общий стоп» сразу отключаются все механизмы.

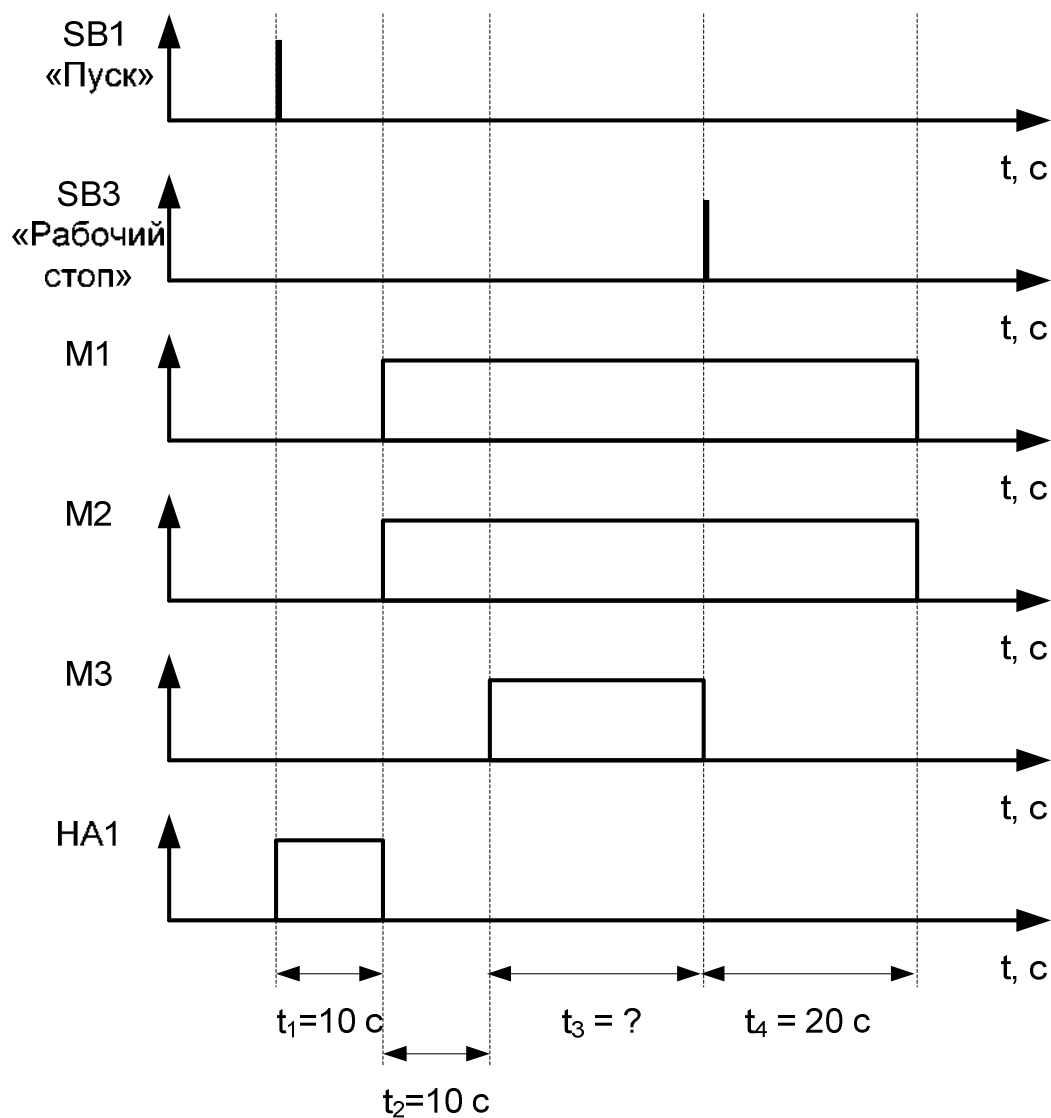


Рисунок 6.2 - Временная диаграмма для режима работы «Рабочий стоп»

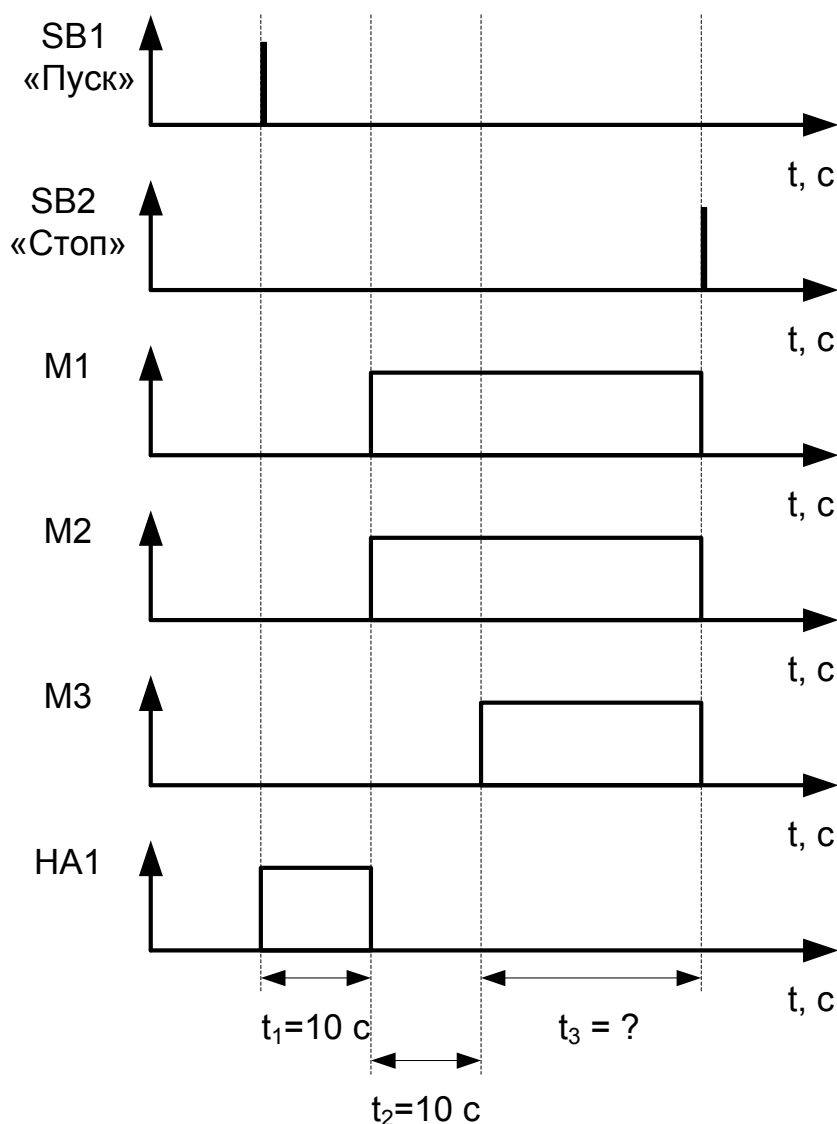
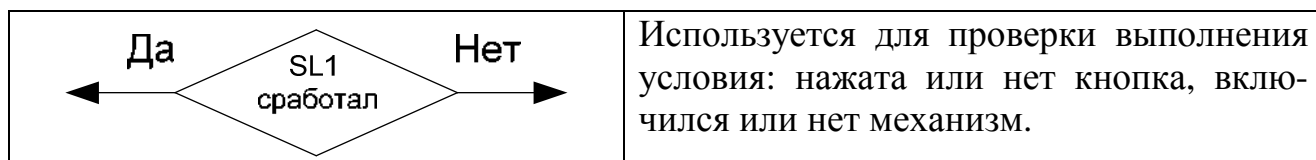


Рисунок 6.3 – Временная диаграмма для режима «Общий стоп»

Блок-схема работы технологического процесса должна наглядно показывать алгоритм его работы. Для этого используются специальные обозначения тех или иных действий. Все они представлены в таблице 6.1[3].

Таблица 6.1 – Обозначения, используемые в блок-схемах

Обозначение	Описание
Начало	Данное обозначение используется в начале и конце алгоритма работы технологического процесса
Включение HA1	Используется для совершения действий: включения и выключения механизмов.



На рисунке 6.4 показан пример блок-схемы для линии предварительной очистки зерна. В представленной блок-схеме показаны все возможные варианты работы технологического процесса. Ситуация «Авария» может возникнуть в любой момент работы линии предварительной очистки зерна после нажатия на кнопку SB2 «Пуск».

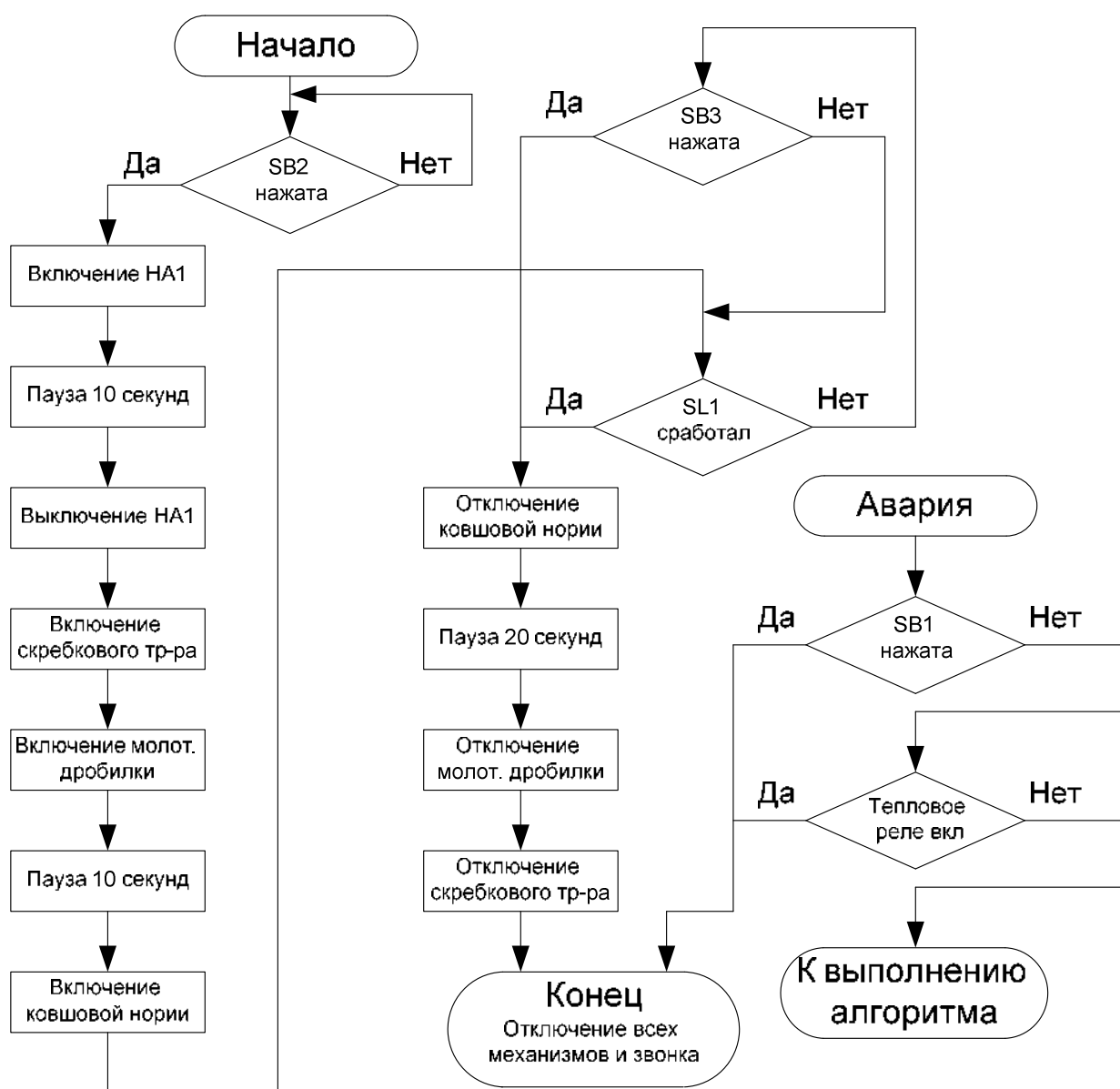


Рисунок 6.4 – Блок-схема работы линии предварительной очистки зерна

## 7. СОСТАВЛЕНИЕ СМЕТЫ НА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО ШКАФА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Расчет производится при наличии смет на предлагаемое электрооборудование, которым комплектуется проектируемый шкаф управления. Стоимость электрооборудования взята с официальных сайтов дистрибьюторов. Для примера возьмем логику управления шкафа на базе программируемого реле ПР114. Как видим, в первой колонке таблицы 7.1 указано наименование комплектующих шкафа управления. В зависимости от варианта задания, комплектация шкафа управления будет разной. Во 4-5 колонке таблицы отображена стоимость единицы электрооборудования и общая стоимость с учетом его количества. В 6-7 колонке указана примерная стоимость монтажа единицы электрооборудования. В 8 колонке указана суммарная стоимость оборудования с монтажом.

В таблице 7.1 также учитываются начисления на транспортно – складские расходы, которые составляют 10 % от общей стоимости оборудования шкафа. При стоимости монтажа электрооборудования шкафа управления также необходимо учитывать неучтенные материалы на монтаж, которые составляют 6 % от стоимости всего монтажа. В результате итоговая сумма денежных средств, необходимых для покупки и сборки шкафа управления будет являться суммой итоговых столбцов 5 и 7 таблицы 7.1.

Представленная смета не учитывает стоимость электроприводов линии, а также трудозатрат на разработку, в зависимости от варианта, схемы управления и алгоритма работы механизмов.

Таблица 7.1 - Смета на электрооборудование системы автоматизации.

Наименование оборудования	Ед. изм.	Кол.	Стоимость оборудо- вания, руб.		Стоимость монта- жа, руб.		Итого, руб.
			Ед.	Всего	Ед.	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8
Программируемое реле ОВЕН ПР114	шт	1	5546	5546	3500	3500	9046
Магнитный пускатель ПМЛ-110004 (I <sub>н</sub> =10А)	шт	2	431	862	250	500	1362
Магнитный пускатель ПМЛ-210004 (I <sub>н</sub> =25А)	шт	1	700	700	250	250	950
Автоматический вы- ключатель ВА47-29 (I <sub>н</sub> =8А) характеристика С	шт	1	230	230	200	200	430
Автоматический вы- ключатель ВА47-29 (I <sub>н</sub> =5А) характеристика С	шт	1	230	230	200	200	430
Автоматический вы- ключатель ВА47-29 (I <sub>н</sub> =25А) характеристика С	шт	2	230	460	200	400	860
Автоматический вы- ключатель ВА-101 2П 2А В 4,5кА характеристика В	шт	1	183	183	200	200	383
Реле тепловое РТЛ- 1010 (I <sub>т.р.</sub> =3,8-6,0А)	шт	1	496	496	150	150	646
Реле тепловое РТЛ- 1021 (I <sub>т.р.</sub> =13-19А)	шт	1	496	496	150	150	646
Реле тепловое РТЛ- 1008 (I <sub>т.р.</sub> =2,4-4,0А)	шт	1	496	496	150	150	646
Селекторный переключатель трехпозицион- ный серии PSA010KD334S SA1	шт	1	1030	1030	150	150	1180
Кнопка управления с самовозвратом Емас серии В Ø 22 SB1- SB9	шт	9	225	2025	150	1350	3375
Светосигнальная арма- тура AD-22DS	шт	3	100	1400	150	450	1850
Концевые выключатели	шт	1	1534	1534	800	800	2334

Emas серия L1K13MP11							
Промежуточные миниатюрные реле Finder /40.52.8.230.0000 Реле с 2-мя перекидными контактами ~230В АС, 8А	шт	4	284	1136	150	600	1736
Шкаф нерж. сталь с МП, Rittal	шт	1	3066	9198	500	1500	10698
Кабель ПВЗ-1х1	м.	100	6.44	644	20	2000	2644
Кабель ВВГнг-LS 4х2,5	м.	40	52,9	2116	40	1600	3716
Итого				28782		14150	
Начисление на транспортно – складские расходы от стоимости оборудования, 10 %				2878			
Материалы на монтаж, не учтенные, 6 %						849	
Итого				31660		14999	
Всего на автоматизацию							<b>46659</b>

## 8. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.

1. На основании выданного задания, который состоит из описания технологической линии производства и технологических требований, необходимо разработать шкаф автоматического управления с его логикой работы. Для этого необходимо разобраться в технологии производства. Выделить технологические требования, уточняющие процесс работы, а также самому выдвинуть требования безопасности и надежности для успешного функционирования разработанного шкафа управления.

2. На основании технологического процесса, выданного преподавателем, разработать, в зависимости от варианта, логику управления линии.

Для начала в пояснительной записке студенту необходимо сделать подробное описание работы линии производства. При этом за студентом остается право вносить свои изменения в описание и работу линии, которые кардинально не меняют технологию производства, а лишь уточняют. На странице 17 в разделе 2.3 методического указания дан подробный пример описания технологии производства. Технология производства представляется на листе 1 графической части курсовой работы на формате А3. Образец представлен в приложении на рисунке П4. При этом весь графический материал представлен в рамке, образец штампа которой представлен в приложении на рисунке П2 и П3.

3. После подробного описания технологии производства, необходимо произвести выбор электрооборудования, входящего в линию производства на основании технической литературы. В данной главе приводится информация, касающиеся производительности оборудования, технические характеристики, размеры, фотографии и рисунки.

На листе 1 графической части курсовой работы указывается в табличной форме спецификация на электрооборудования, в которой отображается мощность электрооборудования и производительность механизмов линии.

4. Данный раздел является основным. В нём осуществляется разработка логики управления механизмов линии в зависимости от технологических тре-

бований, требований безопасности и надёжности. В зависимости от варианта задания алгоритм построения логики управления будет разным. Для первых вариантов логика управления реализуется на базе релейно-контактных схем, для вторых вариантов – на базе логических элементов, применительно к программируемым реле ПР114 и программному продукту OWEN Logic, для третьих вариантов – на базе ПЛК 160 в программной оболочке CoDeSys на языке релейных диаграмм LD, а для четвёртых – на ПЛК 160 в программной оболочке CoDeSys на языке CFC. Независимо от вариантов задания, студент обязан представить подробное описание разработанной им логики управления. Пример описания логики управления представлен на страницах пособия: для релейно-контактных – в разделе 2.3 на страницах 21-24, для ПР114 – в разделе 3.3 на страницах 45-50, для языка LD и CFC - в разделе 4.3 на страницах 70-78.

На основании составленной логики управления необходимо разработать блок схему работы механизмов линии, в которой учитывались бы все требования предъявляемые технологией производства, а также аварийные режимы работы. Пример блок схемы представлен в главе 6 на рисунке 6.4.

5. Необходимо разработать принципиальную электрическую схему управления технологической линией, которая включает в себя силовую часть с электродвигателями и цепь управления. Данная принципиальная схема должна быть на листе 2 графической части курсовой работы. Пример показан в приложении: для релейно-контактных схем – на рисунке П5, для ПР114 – на рисунке П7, для ПЛК160 - на рисунке П6.

6. Расчёт и выбор автоматических выключателей и аппаратуры управления. В данном разделе рассчитываются автоматические выключатели, магнитные пускатели и тепловые реле для каждого из двигателей, а также групповой автоматический выключатель. Методика расчёта и пример приведены в главе 5. При выборе пускозащитной аппаратуры следует выбирать современное оборудование из каталогов год издания, которых не позднее 2015 года. Результаты расчёта необходимо свести в таблицы.

7. Для правильной настройки логики управления механизмов линии не-



обходимо знать время работы, как в целом линии, так и отдельных механизмов. Для этого необходимо произвести расчёт времени работы механизмов технологической линии, методика расчёта. Если в линии существуют приёмные и выгрузные бункера, то время расчёта механизмов будет определяться их ёмкостью. Методика расчёта времени работы механизмов в линии представлена в главе 6.

8. В заключении необходимо составить смету на электрооборудование разработанного шкафа управления (глава 7). Информация представляется в табличной форме. В ней указано стоимость каждого элемента шкафа управления (см. таблицу 7.1).

9. Графическая часть курсовой работы выполняется на листе формата А3. Она состоит из следующих чертежей:

а) Технологическая схема. На ней изображена линия производства, на которой показано стрелками движение продукта, спецификация механизмов с указанием их мощностей (приложение П4).

б) Принципиальная электрическая схема. На ней должна быть отображена цепь управления с силовой частью и спецификация всех входящих в неё элементов (кнопок, датчиков, магнитных пускателей, тепловых реле, автоматических выключателей). Разработанная принципиальная электрическая схема должна иметь 2 режима работы: автоматический – основной режим работы и ручной – режим пуско-наладочных работ. Для отображения работы механизмов необходимо предусмотреть световую индикацию (приложения П5...П7.).

в) Монтажная электрическая схема. Данная схема должна содержать чертёж передней стенки шкафа управления, где размещены кнопки, переключатель режимов работы и сигнальные лампы, а также чертёж задней стенки шкафа управления, где размещена вся пуско-защитная аппаратура, программируемые устройства, реле времени, промежуточные реле и клеммные колодки.

г) Для вариантов с ПР и ПЛК на отдельном чертеже должен быть показан скриншот разработанной программы управления в зависимости от задания в OWEN Logic или в CoDeSys (приложение П8).

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПЛК160

Конт.	Цепь	Питание
1	L	
2	N	
3	FG	
4	NC	
5	S/S	
6	S/S	
7	DI 1	Дискретные входы
8	DI 2	
9	DI 3	
10	DI 4	
11	DI 5	
12	DI 6	
13	DI 7	
14	DI 8	
15	DI 9	
16	DI 10	
17	DI 11	
18	DI 12	
19	DI 13	
20	DI 14	
21	DI 15	
22	DI 16	
23	NC	
24	NC	
25	NC	
26	NC	
27	AI 1C	Аналоговые входы
28	AI 1+	
29	AI 2C	
30	AI 2+	
31	AI 3C	
32	AI 3+	
33	AI 4C	
34	AI 4+	
35	AI 5C	
36	AI 5+	
37	AI 6C	
38	AI 6+	
39	AI 7C	
40	AI 7+	
41	AI 8C	
42	AI 8+	
Цепь		Разъем
Ethernet		RJ-45
RS-232 Debug		RJ-12
RS-232		RJ-12
USB Device		USB B

ПР110-220.8ДФ.4Р

Конт.	Цепь	Цепь	Разъем
1	220В	ПРОГ.	RJ12
2	220В		
Конт.	Цепь	Цепь	Конт.
3	Вход 1 (I1)	Вых. 1 (Q1A)	13
4	Общий 1-4 (N1)	Вых. 1 (Q1B)	15
5	Вход 2 (I2)	Вых. 2 (Q2A)	16
6	Вход 3 (I3)	Вых. 2 (Q2B)	18
7	Вход 4 (I4)	Вых. 3 (Q3A)	19
8	Вход 5 (I5)	Вых. 3 (Q3B)	21
9	Вход 6 (I6)	Вых. 4 (Q4A)	22
10	Вход 7 (I7)	Вых. 4 (Q4B)	24
11	Общий 5-8 (N2)		
12	Вход 8 (I8)		

Рисунок П.1 – Условно-графическое обозначение прибора ПЛК160 и ПР110-220.8ДФ.4Р

Таблица П.1 - Технические характеристики автоматических выключателей  
серии ВА47-29

Наименование параметра	Значение
Число полюсов	от 1 до 4
Наличие защиты от сверхтоков	во всех полюсах
Номинальное рабочее напряжение переменного тока $U_n$ , В	не более 400
Номинальное рабочее напряжение постоянного тока на один полюс, В	не более 48
Номинальная частота сети, Гц	50
Номинальный ток $I_n$ , А	0,5; 1; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63*
Номинальная отключающая способность, $I_{en}$ , А	4500
Характеристика срабатывания от сверхтоков**, тип	B, C, D*
Механическая износостойкость, циклов В-О	не менее 20000
Коммутационная износостойкость, циклов В-О	не менее 6000
Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89)	IP20
Максимальное сечение провода, присоединяемого к контактными зажимам, мм <sup>2</sup>	25
Наличие драг. металлов: серебро, г/полюс	не более 0,5
Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69	УХЛ4
Группа исполнения по ГОСТ 17516.1-90	M4
Основной режим работы	продолжительный
Масса одного полюса, кг	не более 0,103

					<b>ФЭЭМЭО 001.1302.027-АЭЗ</b>			
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Электрооборудование комбикормового цеха с разработкой щита автоматического управления линии предварительной обработки зерна	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов И.И.					Д		
Пров.	Николаенко С.А.							
Т.контр.								
Н.контр.	Николаенко С.А.				Принципиальная электрическая схема	Лист: 6      Листов: 6		
Утв.	Юськин С.В.					<b>КГАУ ФЭ-1302</b>		

Рисунок П.2 – Внешний вид основного штампа чертежа.

ФЭЭМЭО 001.1302.027-АЭЭ

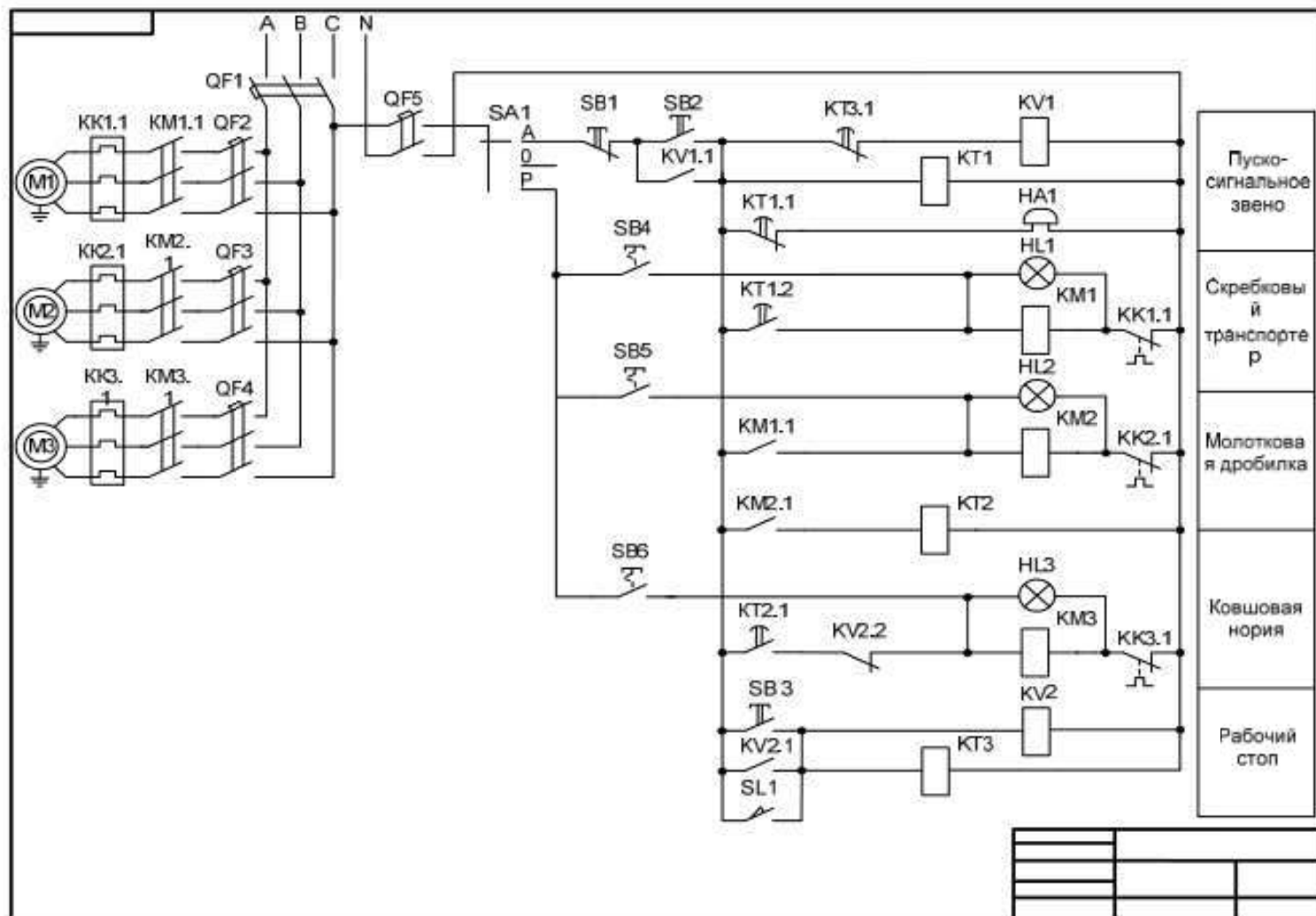
Рисунок П.3 – Внешний вид дополнительного штампа чертежа

Таблица П.2 - Технические характеристики автоматических выключателей  
серии ВА88

Наименование	ВА88-32		ВА88-33		ВА88-35	ВА88-35	ВА88-37	ВА88-37	ВА88-40	ВА88-40	ВА88-43
Максимальный номинальный ток (базовый габарит) $I_{nm}$ , А	125		160		250	250	400	400	800	800	1600
Номинальный ток (уставка теплового расцепителя), $I_n$ , А	12,5, 16, 25, 32, 40	50, 63, 80, 100, 125	16, 25, 32, 40	50, 63, 80, 100, 125, 160	63, 80, 100, 125, 160, 200, 250	250·(0,4÷1)	250, 315, 400	400·(0,4÷1)	400, 500, 630, 800	800·(0,4÷1)	1000·(0,4÷1), 1250·(0,4÷1), 1600·(0,4÷1)
Уставка электромагнитного расцепителя $I_m$ , А	500	$10 \cdot I_n$	500	$10 \cdot I_n$	$10 \cdot I_n$	регул. (1,5÷12)· $I_n$	$10 \cdot I_n$	регул. (1,5÷12)· $I_n$	$10 \cdot I_n$	регул. (1,5÷12)· $I_n$	регул. (1,5÷12)· $I_n$
Расцепитель сверхтоков	тепловой и электромагнитный		тепловой и электромагнитный		тепловой и электромагнитный	электронный	тепловой и электромагнитный	электронный	тепловой и электромагнитный	электронный	электронный
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность $I_{cs}$ при 400В, кА	12,5		17,5		25	25	35	35	35	35	50
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность $I_{cu}$ при 400 В, кА	25		35		35	35	35	35	35	35	50
Номинальная наибольшая включающая способность $I_{cm}/\cos \phi$ при 400 В, кА	73,5/0,25		73,5/0,25		73,5/0,25	77/0,25	70/0,25	70/0,25	77/0,25	77/0,25	105/0,25
Механическая износостойкость циклов В-О, не менее	8500		7000		7000	7000	4000	4000	4000	4000	2500
Электрическая износостойкость циклов В-О, не менее	2500		2000		2000	2000	2000	2000	2000	2000	1500



Рисунок П.4 – Пример технологической схемы



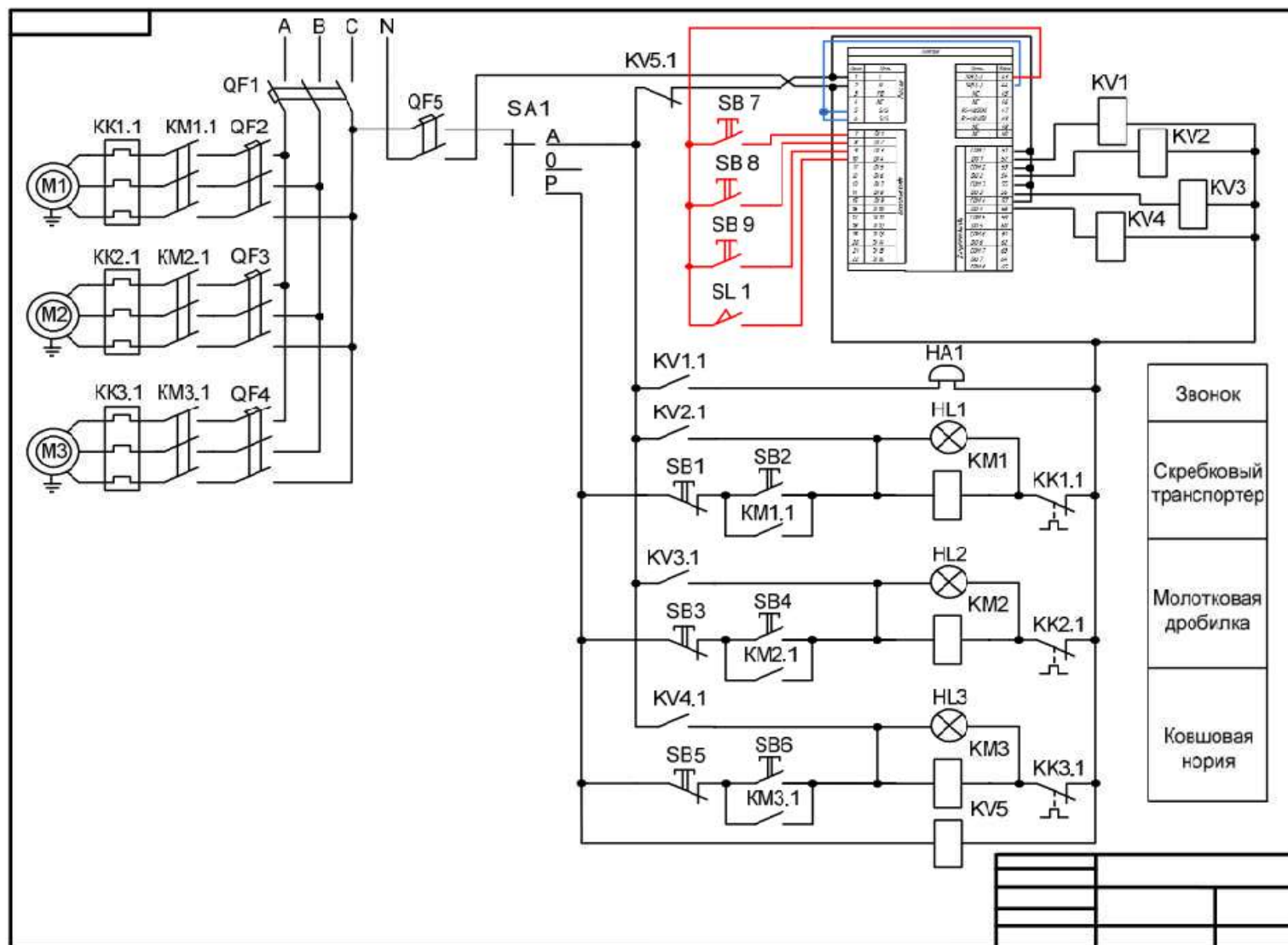


Рисунок П.6 – Пример принципиальной электрической схемы управления технологическим процессом на базе ПЛК 160

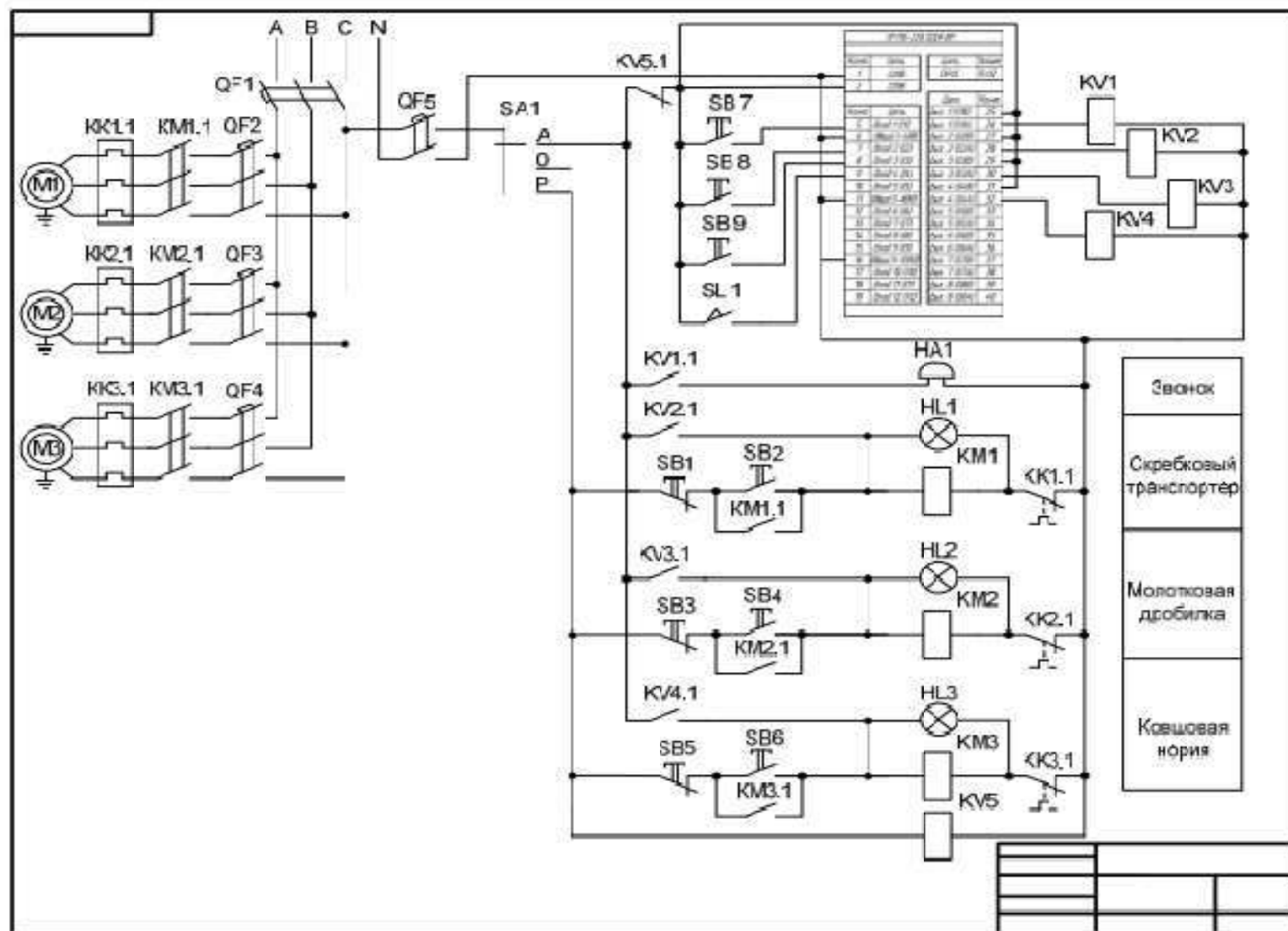


Рисунок П.7 – Пример принципиальной электрической схемы управления технологическим процессом на базе ПР114



Рисунок П.8 – Пример разработанной программы управления технологическим процессом для ПЛК 160 язык программирования SFC.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин И.Ф., Кирилин И.И. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. – М.: Колос, 1987.
2. Карташов Б.А., Привалов А.С., Самойленко В.В., Татамиров Н.И. Компьютерные технологии и микропроцессорные средства в автоматическом управлении. Под ред. Б.А. Карташова. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 540 с: ил.
3. Николаенко С.А. Исследования влияния параметров электроозонирования на выживаемость тест-микроорганизмов / С.А. Николаенко, Д.С. Цокур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 09(103). С. 737 – 752. – IDA [article ID]: 1031409045. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/45.pdf>, 1 у.п.л.
4. Оськин С.В. Автоматизация технологических процессов: методические указания по выполнению контрольных работ для студентов з/о обучения / С.В. Оськин, Д.А. Овсянников, Д.П. Харченко, С.А. Николаенко, В.А. Дидыч. – Краснодар, РИО КубГАУ, 2009. – 42 с.: ил.
5. Оськин С.В. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Часть 1. Языки программирования. Лабораторный практикум /С.В. Оськин, Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, В.А. Дидыч, М.А. Карпов. – Краснодар, РИО КубГАУ, 2010. – 32 с.: ил.
6. Оськин С.В. Автоматизированный электропривод / С.В. Оськин, Н.И. Богатырев, С.М. Моргун. – Краснодар, ОАО «Кубанское полиграфическое объединение», 2014. – 212 с.: ил.
7. Николаенко С.А. Учебное пособие для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Автоматика» для студентов по направлению «Агроинженерия» / С.А. Николаенко, Д.С. Цокур, А.П. Волошин. – Краснодар, РИО КубГАУ, 2014. – 99 с.: ил.
8. Оськин С.В. Автоматизированный электропривод: учеб. пособие / С.В. Оськин. – Краснодар: Изд-во ООО «Крон», 2015. – 489 с.
9. Оськин С.В. Автоматика. Практикум по выполнению курсовой работы «Анализ и синтез линейной системы автоматического регулирования» / С.В. Оськин, Д.А. Овсянников, Д.П. Харченко, С.А. Николаенко, В.А. Дидыч. – Краснодар, РИО КубГАУ, 2009. – 32 с.: ил.
10. Оськин С.В. Компьютерное моделирование систем автоматического управления: практикум / С.В. Оськин, Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, А.П. Волошин. – Краснодар, РИО КубГАУ, 2010. – 43 с.: ил.
11. Оськин С.В. Лабораторный практикум по дисциплине «Автоматизация технологических процессов» Часть 1 /С.В. Оськин, С.А. Николаенко, А.П. Волошин, Д.С. Цокур. – Краснодар, РИО КубГАУ, 2013. – 87 с.: ил.
12. Оськин С.В. Программируемое реле EASY-719: учебн. пособие / С.В. Оськин, Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, А.П. Волошин. – Краснодар, РИО КубГАУ, 2010. – 40 с.: ил.

13. Николаенко С.А. Исследование качества регулирования концентрации озона в улье с использованием системы стабилизированного электроозонирования пчелиных семей / С.А. Николаенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – IDA [article ID]: 1031409046. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 09(103).
14. Николаенко С.А. Повышение продуктивности пчеловодства / С.А. Николаенко, Д.С. Цокур // «Механизация и электрификация сельского хозяйства», № 10 – 2015. – С. 13–16.
15. Харченко Д.П. Схемотехника. Внутреннее устройство и программирование PIC-микроконтроллеров: учебн. пособие / Д.П. Харченко, С.А. Николаенко, Д.С. Цокур, А.П. Волошин. – Краснодар, РИО КубГАУ, 2014. – 98 с.: ил.
16. Николаенко С.А. Автоматизация систем управления: учебн. пособие / С.А. Николаенко, Д.С. Цокур. – Краснодар, РИО КубГАУ, 2015. – 120 с.: ил.
17. Николаенко С.А. Автоматизация технологических процессов: учебн. пособие / С.А. Николаенко, Д.С. Цокур, Д.П. Харченко, А.П. Волошин. – Краснодар, Изд-во ООО «Крон», 2016. – 218 с.
18. <http://sesaga.ru/naznachenie-ustrojstvo-i-rabota-magnitnogo-puskatelya.html>
19. [dvp ss.htm](http://dvp.ss.htm)
20. [http://www.owen.ru/catalog/programmiruемое\\_rele\\_pr114/opisanie](http://www.owen.ru/catalog/programmiruемое_rele_pr114/opisanie)
21. [http://www.owen.ru/catalog/programmiruемij\\_logicheskij\\_kontroller\\_oven\\_plk160/opisanie](http://www.owen.ru/catalog/programmiruемij_logicheskij_kontroller_oven_plk160/opisanie)

Учебное издание

**Николаенко Сергей Анатольевич**

**Цокур Дмитрий Сергеевич**

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Учебное пособие

ISBN 978-5-9909547-8-6



Подписано в печать 01.09.2017 г

Формат 60х84 . Усл. печ. л. 6,8

Тираж 100 экз.

Заказ 100

Издательство ООО «Крон»

350044, г. Краснодар, ул. Алма-Атинская, 57, оф. 3