

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В. И. Пантелеев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

МОДЕРНИЗАЦИЯ КРУГЛОПИЛЬНОГО ОТРЕЗНОГО АВТОМАТА

Руководитель	_____	к.т.н., доцент	<u>А. Н. Пахомов</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>А. С. Подберезкин</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Консультант:			
Руководитель отдела внедрения новой техники ООО «Элнис»	_____		<u>К.В. Размыслович</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>А. Н. Пахомов</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Общие сведения.....	4
1.1 Общие представления о круглопильных автоматах.....	4
1.2 Описание работы автомата отрезного круглопильного специального мод. 6МПЗ86Н001.....	5
2 Состав электрооборудования.....	13
2.1 Общепромышленные электродвигатели переменного тока серии АО2 и 4А.....	13
2.2 Программируемый логический контроллер Siemens Simatic S7- 1200.....	19
2.3 Частотный преобразователь DELTA 3.7 кВт VFD-037EL43A.....	26
2.4 Блоки питания MDR 24В 40 Вт и DR 24 В 100Вт.....	28
2.5 Устройство защиты электродвигателя МДТ.....	31
2.6 Щелевой датчик положения БВК261-24УХЛ4.....	32
2.7 Пульт управления.....	34
3 Разработка схем управления технологического процесса.....	36
3.1 Принципиальные схемы электроприводов.....	36
3.2 Принципиальные схемы цепей питания.....	37
3.3 Схемы подключения ПЛК.....	38
4 Алгоритм работы автомата в различных режимах.....	42
4.1 Подробное описание технологического процесса.....	42
4.2 Ручной режим работы автомата.....	43
4.3 Автоматический режим работы автомата.....	45
4.4 Последовательность работы автомата при автоматическом режиме.....	47
5 Используемое программное обеспечение.....	49
6 Программа для отрезного круглопильного автомата.....	51
6.1 Main (OB1).....	57
6.2 General (FC1).....	59
6.3 Cycle (FC2).....	69
6.4 Table (FC3).....	74
7 Описание панели оператора Weintek MT807iP.....	77
Заключение.....	80
Список использованных источников.....	81

## ВВЕДЕНИЕ

Темой моей квалификационной работы стала модернизация автомата отрезного круглопильного мод. 6МПЗ86Н001, который находится в литейном производстве завода ООО «КраМЗ».

Задачей данного автомата является распиливание цилиндрических слитков разных диаметров на нужные длины для дальнейшей обработки. Но из-за устаревшего оборудования систем управления не было возможным использовать данный станок в полном объеме. Поэтому было принято решение модернизировать систему управления. С этой задачей занималась фирма ООО «ЭЛНИС», которая сотрудничает с заводом.

ООО «ЭЛНИС» владеет знаниями в области автоматизации оборудования любой сложности. Основными направлениями фирмы является:

- техническое обслуживание электрооборудования;
- пусконаладочные работы перед вводом в эксплуатацию электрооборудования;
- модернизация значительно устаревшего электрооборудования;
- проектирование, изготовление, а так же внедрение АСУТП.

В итоге нами была разработана схема управления отрезным круглопильным автоматом, а так же написана программа для ПЛК Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C, который шел совместно с сигнальными модулями SM 1223 и SM 1221.

## **1 Общие сведения**

### **1.1 Общие представления о круглопильных автоматах.**

Круглопильные автоматы – станки с автоматическим управлением, в котором отрезной инструмент представлен диском с режущими кромками в виде зубцов, расположенных по окружности [2]. В круглопильных станках-автоматах не только сама обработка, но также загрузка и выгрузка разрезаемого материала и полученных заготовок происходит автоматически, без участия людей. Самый первый цикл запускается оператором, которым же осуществляется наладка всех параметров процесса, необходимых для правильной работы, после чего все операции производятся автоматически.

Круглопильные автоматы способны производить следующие виды обработки металла:

- профильное отрезание;
- контурная резка;
- отрезание под углом в  $45^\circ$

Типы круглопильных автоматов и их особенности:

- Станки-автоматы с качающейся бабкой тип круглопильного оборудования, в котором дисковая пила приближается к заготовке по дуге. Бабка, подача которой осуществляется за счет ее собственного качания, может быть расположена как перпендикулярно к продольной оси заготовки, так и подаваться под наклоном, либо поворачиваться вокруг оси разрезаемого материала. В некоторых круглопильных автоматах с качающейся бабкой отрезание под углом может осуществляться за счет поворотного стола.

- Круглопильные автоматы колонного типа производят резку материала за счет инструментальной бабки, перемещающейся по стойкам, по вертикальной оси в направлении сверху вниз. Существует два варианта исполнения данного типа станков – одностоечный и двухстоечный. Ко второму типу относятся крупногабаритные круглопильные автоматы с тяжелым режимом

резания. Некоторые модификации этого оборудованию оснащаются бабками, которые поворачиваются вместе со стойками на определенный угол.

- Вертикальный круглопильный станок с подачей инструментальной бабки снизу вверх имеет прорезь в рабочем столе, через которую и осуществляется резание. Чтобы обеспечить возможность осуществления металлообработки под углом, бабка со стойкой и столом должны вращаться вокруг одной оси, либо нескольких.

- Инструментальная бабка может находиться над рабочим столом, под ним, двигаться в горизонтальном и вертикальном направлении. Встречаются круглопильные автоматы, в которых бабка располагается на кронштейне. Такая конструкция имеет большое количество степеней свободы вращения.

Другие виды станков для круглопильной обработки, распространенные в производстве:

- с маятниковой инструментальной бабкой;
- с фронтальным резанием;
- с несколькими дисками или несколькими бабками и т. д.

## **1.2 Описание работы автомата отрезного круглопильного специального мод. 6МП386Н001**

Автомат отрезной круглопильный специальный мод. 6МП386Н001 (рисунок 1.1) предназначен для разрезания сегментными пильными дисками круглых слитков из алюминия и его сплавов согласно технической характеристики станка. Отрезка заготовок на автомате производится только под углом  $90^{\circ}$  к оси разрезаемого слитка.

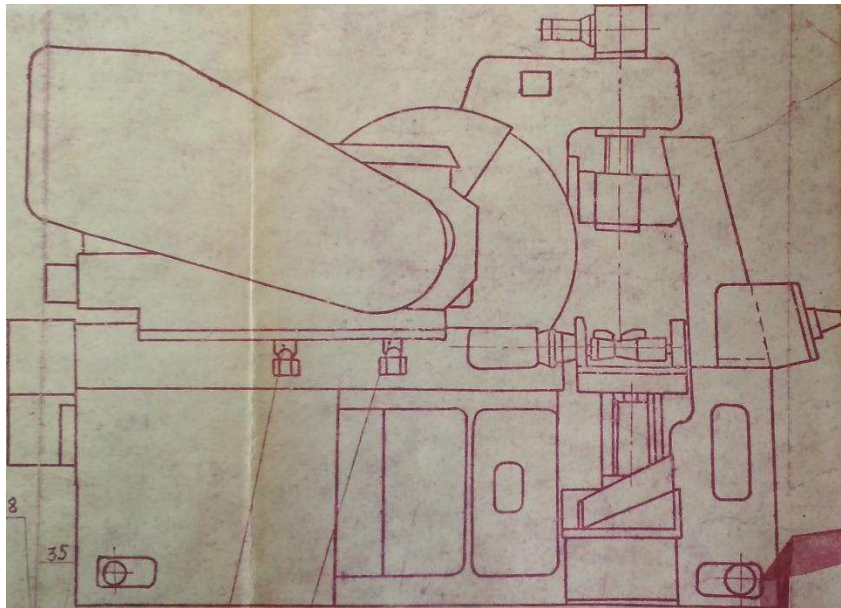


Рисунок 1.1 – Автомат отрезной круглопильный специальный мод. 6МП386Н001

Автомат состоит из следующих основных узлов: станины, бабки пильного диска, механизма зажима материала, промежуточного рольганга, механизма подачи материала, узла сортировки, а также гидрооборудования, электрооборудования, охлаждения и смазки (рисунок 1.2).

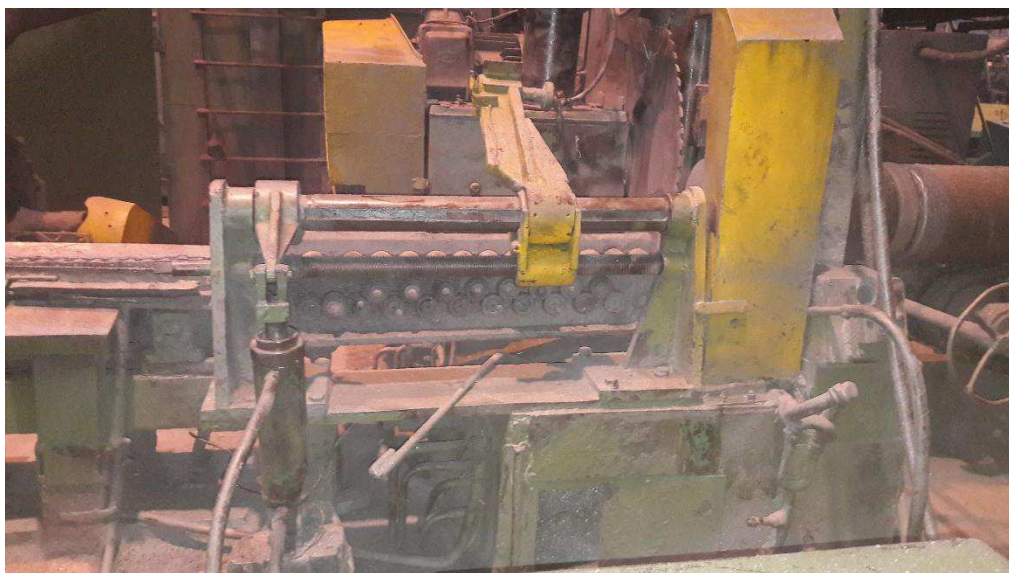


Рисунок 1.2 – Автомат отрезной круглопильный специальный

Станина служит базой для монтажа всех основных узлов автомата. В верхней части станины имеются направляющие, по которым перемещается

бабка пильного диска. Другие горизонтальные плоскости верхней части станины служат для крепления механизма зажима, рольганга и гидropульта. С правой стороны к станине крепится приставная станина. В нижней части станины имеются сплошные литые отверстия, предназначенные для транспортировки автомата.



Рисунок 1.3 – Бабка пильного диска

Бабка пильного диска (рисунок 1.3) представляет литой корпус, в котором монтируется шпиндель приводной вал. На корпусе установлена подмоторная плита с электродвигателем, перемещением которой производится натяжение клиновых ремней, передающих вращение от электродвигателя на шкив приводного вала. Пильный диск крепится на шпинделе при помощи прижимной шайбы четырьмя винтами. Шпиндель и связанный с ним посредством косозубой шестеренной пары приводной вал, смонтирован на подшипниках качения. Смазка подшипников производится разбрызгиванием масла от вращающейся зубчатой передачи. Смазка направляющих осуществляется от лубрикатора, закрепленного на основной станине. Регулировка зазора в направляющих бабки производится клином.





Рисунок 1.4 – Механизм зажима материала

Механизм зажима материала (рисунок 1.4) состоит из колонны, гидроцилиндра, зажимной губы и призмы. Зажимная губа связана посредством винта, коромысла и других промежуточных элементов со штоком гидроцилиндра. На нужную высоту губа устанавливается перемещением винта, получающего его перемещение от гайки, которая вращается от электродвигателя через червячный редуктор. При разжатии материала губа должна отходить от слитка на 40 мм. Если материал не зажат, то рабочая подача не происходит, что обеспечивается сливом масла из гидроцилиндра, в результате чего давление в системе падает и срабатывает напорный золотник.





Рисунок 1.5 – Механизм подачи материала

Механизм подачи материала (рисунок 1.5) состоит из станины (приставная), ворошителя, совершающей возвратно-поступательное движение при помощи гидроцилиндра и отсекающей материал, осуществляющих зажим от гидроцилиндра.

Промежуточный рольганг представляет собой сварную раму коробчатой формы, в боковых стенках которой на подшипниках качения смонтированы ролики, получающие вращение от электродвигателя через одноступенчатый редуктор.



Рисунок 1.6 – Узел сортировки

Сталкиватель отходов (рисунок 1.6) предназначен для отделения испорченных или не той длины изделий от нужных. Узел состоит из сварного корпуса, на котором крепится плита с закрепленной на ней лопастью, соединенную со штоком пневмоаппарата, крепящегося при помощи кронштейна к той же плите. Когда с рольганга нужно отделить испорченный материал от должного, лопасть толкает испорченный материал в емкость, расположенную слева от рольганга по направлению движения слитка.

Гидропривод автомата состоит из гидростанции, на панели которой установлена основная гидроаппаратура и гидроцилиндров, осуществляющих необходимые перемещения узлов и отдельных звеньев автомата. Гидростанция соединена с исполнительными органами (гидроцилиндры, гидродвигатель) трубопроводом. Гидропривод выполняет следующие движения в цикле работы автомата:

- а) захват и подачу разрезаемого материала в зону резания;
- б) зажим и разжим разрезаемого материала;
- в) подвод бабки пильного диска к разрезаемому материалу, рабочую подачу и быстрый отвод бабки в исходное положение;



г) вращение роликов рольганга для удаления заготовок;

Электрооборудование. Пусковая предохранительная и другая электроаппаратура находится в электрошкафу и в нише станины. На пульте управления (рисунок 1.7) размещены пусковые кнопки, переключатели, выключатели местного освещения, амперметр.



Рисунок 1.7 – Пульт управления автоматом

Кроме того, с правой стороны станины расположена кнопочная станция для настройки зажимной губы на необходимый диаметр разрезаемого материала.

Охлаждение и смазка пильного диска осуществляется подводом масляного тумана к диску. Бачек с маслом установлен на боковой стенке станины с правой стороны. Уровень масла контролируется по маслоуказателю. Подача масляного тумана на пильный диск может осуществляться как непрерывно, так и периодически переключателем охлаждения на пульте управления. Масляный туман подается через нагнетательный трубопровод, шланг и распределитель, смонтированный в кожухе пильного диска. От распределителя отводятся две трубки, охватывающие диск с двух сторон. Распределитель с трубками может устанавливаться в любое положение, необходимое для наилучшего попадания струи на зубья диска. Количество подаваемого масла регулируется краном и должно составить от 80 до 500 г в час, в зависимости от твердости разрезаемого материала.

Удаление стружки. Стружка удаляется сжатым воздухом, который подается во время работы автомата непрерывно.

В таблице 1.1 приведены основные характеристики круглопильного отрезного автомата.

Таблица 1.1 – Технические характеристики автомата

Наибольший диаметр разрезаемой заготовки, мм	500
Число подач бабки пильного диска	бесступенчатое регулирование
Пределы подач бабки пильного диска, мм/мин	200 – 2000
Скорость отвода бабки пильного диска, м/мин	4
Количество шпинделей, шт	1
Частота вращения шпинделя, об/мин	453
Скорость резания, м/мин	2030
Расстояние от низа основания автомата до опорной поверхности для заготовки (без подкладок), мм	800
Наибольшая длина хода бабки пильного диска, мм	630
Длина отрезаемой заготовки, мм	300 – 1200
Скорость продвижения материала нарезку, м/мин	4 – 6
Скорость удаления отрезаемых заготовок, м/мин	5 – 11
Производительность гидронасосов, м/мин	18/70
Рабочее давление в гидросистеме, кг/см <sup>2</sup>	25 – 28
Наибольший вес отрезаемой заготовки, кг	690
Габаритные размеры автомата (длина * ширина * высота), мм	3510*4810*2410
Масса автомата (общая), кг	12550

Примечание: на станке имеется возможность производить нарезку слитка диаметром 530 мм непереточенным (новым) пильным диском или пильным диском с минимальным числом переточек не более 4 – 5.

## **2. Состав электрооборудования**

По требованию и рекомендациям литейного цеха автомат отрезной круглопильный имеет следующие оборудование:

- асинхронные электродвигатели привода пильного диска, гидростанции, регулировки по высоте губы зажима и стружкоудаления, а также двигатели для подающего и промежуточного рольгангов;
- программируемый логический контроллер;
- частотный преобразователь;
- блоки питания;
- устройство защиты электродвигателя;
- автоматические выключатели, контакторы, тепловые и промежуточные реле, переключатели и другое оборудование.

Ниже будет описано подробное описание электрооборудования автомата.

### **2.1 Общепромышленные электродвигатели переменного тока серии АО2 и 4А**

Серия АД общего назначения А2 и АО2 была разработана в 1957 – 1959 гг. и имела девять габаритов (внешних диаметров сердечников статора) с высотами оси вращения от 90 до 280 мм [4]. В АД этой серии впервые были применены обмоточные провода с тонкослойной эмалевой изоляцией и новые для того времени виды электроизоляционных материалов. Шкала мощностей АД соответствовала дополнительному ряду рекомендаций МЭК и состояла из 19 ступеней в диапазоне от 0,6 до 100 кВт. Помимо основного исполнения в серии был предусмотрен ряд модификаций и специализированных исполнений.

Двигатели АО2 с 3 по 9 габаритов имеет закрытое обдуваемое исполнение со станиной и щитами из чугуна имеет номинальное напряжение:

- 220, 380, 660 – 3-5 габаритов
- 220/380, 380/660 – 6-9 габаритов

M1 – электродвигатель привода пильного диска АО2-92-6, 75 кВт, 980 об/мин, основного исполнения (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Электродвигатель АО2-92-6, 75 кВт, 980 об/мин

Асинхронный двигатель общего назначения серии АО2 основного исполнения предназначается для продолжительного номинального режима работы S1 по ГОСТ 183-74 от сети трехфазного переменного тока частотой 50 Гц. Номинальные данные (мощность, напряжение, частота вращения, коэффициент мощности, КПД) относятся к номинальным значениям климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70 и нижним значениям температуры окружающего воздуха: — 20°С при эксплуатации в рабочем состоянии и — 45°С при эксплуатации в нерабочем состоянии (эксплуатационное хранение).

Двигатель АО2-92-6 – это двигатель закрытого обдуваемого исполнения со станиной и щитами из чугуна, 9-го габарита, 2-й длины сердечника статора, шестиполюсный. Характеристики двигателя приведены в таблице 2.1.

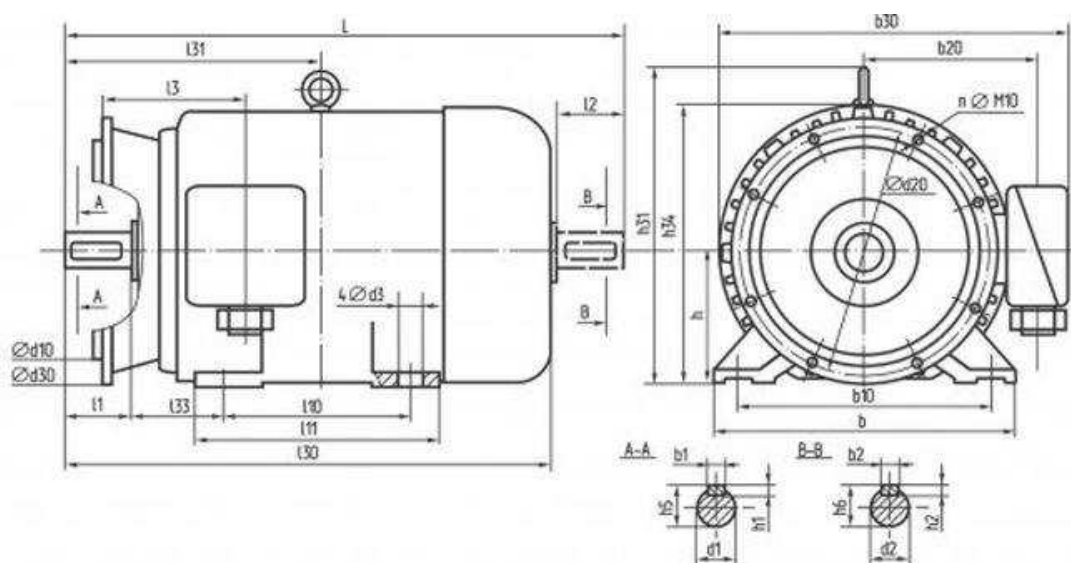
Таблица 2.1 – Основные технические характеристики электродвигателя АО2-92-6

Мощность, кВт	Скольжение, %	КПД, %	cos φ	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$	Масса, кг	Степень защиты
75	2	92,5	0.92	1,8	1	1,1	7	625	IP44



Таблица 2.2 – Габаритно-присоединительные размеры электродвигателя

АО2-92-6



<i>L</i> , <i>мм</i>	<i>l1</i> , <i>мм</i>	<i>l2</i> , <i>мм</i>	<i>l3</i> , <i>мм</i>	<i>l10</i> , <i>мм</i>	<i>l11</i> , <i>мм</i>	<i>l30</i> , <i>мм</i>	<i>l31</i> , <i>мм</i>	<i>l33</i> , <i>мм</i>	<i>b</i> , <i>мм</i>	<i>b1</i> , <i>мм</i>	<i>b2</i> , <i>мм</i>	<i>b10</i> , <i>мм</i>	<i>b20</i> , <i>мм</i>
1167	140	142	399,5	419	510	1025	539,5	190	547	20	18	457	658
<i>b30</i> , <i>мм</i>	<i>h</i> , <i>мм</i>	<i>h1</i> , <i>мм</i>	<i>h2</i> , <i>мм</i>	<i>h5</i> , <i>мм</i>	<i>h6</i> , <i>мм</i>	<i>h31</i> , <i>мм</i>	<i>h34</i> , <i>мм</i>	<i>d1</i> , <i>мм</i>	<i>d2</i> , <i>мм</i>	<i>d3</i> , <i>мм</i>	<i>d10</i> , <i>мм</i>	<i>d20</i> , <i>мм</i>	<i>d30</i> , <i>мм</i>
684	280	12	11	74,5	64	622	552	70	60	22	225	500	275

М2 – Электродвигатель струкоудаления 4А132М2У3, 11 кВт, 2910 об/мин, основного исполнения (рисунок 2.2).

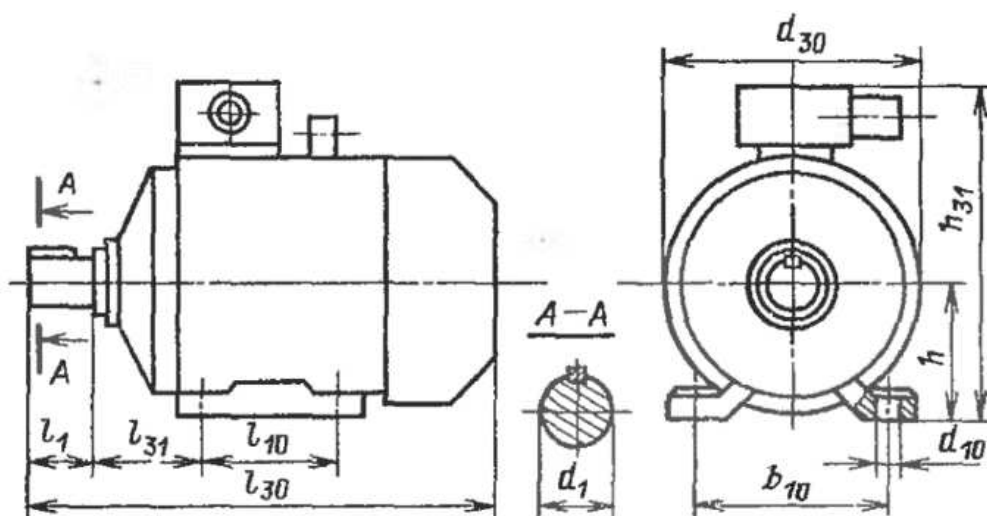


Рисунок 2.2 – Электродвигатель 4А132М2У3

Серия 4А является массовой серией асинхронных двигателей, созданных на применение в различных областях промышленности. Они охватывают диапазон номинальных мощностей от 0,06 до 400 кВт и выполнена на 17 высотах вращения от 50 до 355 мм. Принятый ряд мощностей двигателей соответствует ГОСТ 13267-73. Габаритные, установочные и присоединительные размеры АД регламентированы ГОСТ 18709-73.

Асинхронные двигатели серии 4А основного исполнения предназначены для работы от сети трехфазного переменного тока частотой 50 Гц.

Данный электродвигатель изготовлен на номинальное напряжение 220/380 В, произведен выпуск с тремя выводными концами. Исполнение АД по степени защиты имеет IP44 (ГОСТ 17494-72), способу монтажа – IM1081 (ГОСТ 2479-79) и способу охлаждения – ICA0141 (ГОСТ 20459-75). Технические характеристики и размеры электродвигателя приведены в таблицах 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 – Основные технические характеристики электродвигателя  
4А132М2У3

Мощность, кВт	Скольжение, %	КПД, %	cos φ	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$
11	3,1	88	0,9	2,2	1	1,6	7,5

Таблица 2.4 – Габаритно-присоединительные размеры электродвигателя  
4А132М2У3

Число полюсов	Габаритные размеры, мм			Установочные и присоединительные размеры, мм							Масса, кг
	$l_{30}$	$h_{31}$	$d_{30}$	$l_1$	$l_{10}$	$l_{31}$	$d_1$	$d_{10}$	$b_{10}$	$h$	
2	530	350	302	80	178	89	38	12	216	132	93

М3 – Электродвигатель гидростанции АО2-52-6, 7,5 кВт, 970 об/мин, основного исполнения (рисунок 2.3).

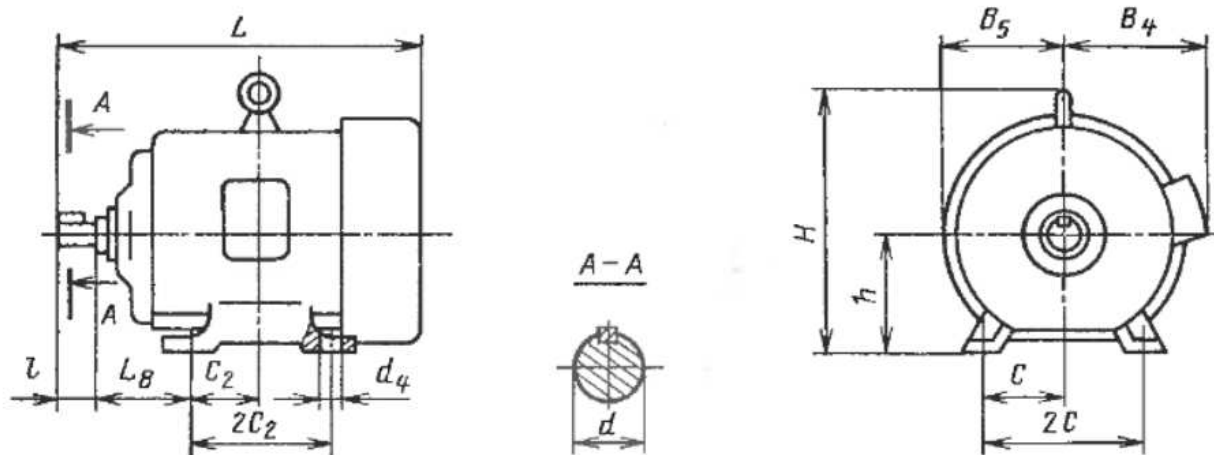


Рисунок 2.3 – Электродвигатель АО2-52-6

Электродвигатели серии АО2 основного исполнения предназначается для продолжительного номинального режима S1 от сети трехфазного тока частотой 50 Гц.

Двигатель типа АО2-52-6 – двигатель закрытого обдуваемого исполнения со станиной и щитами из чугуна, 5-го габарита, 2-й длины сердечника статора, шестиполюсный и исполнению IM1081 по ГОСТ 2479-79. Технические данные двигателя по ГОСТ 183-74 указаны в табл. 2.5.

Таблица 2.5 – Основные технические характеристики электродвигателя АО2-52-6

Мощность, кВт	Скольжение, %	КПД, %	cos φ	$\frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\min}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_n}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{I_n}{I_{\text{ном}}}$
7,5	3,5	87	0,82	1,8	1	1,3	6,5

Габаритные, установочные и присоединительные размеры двигателя указаны в табл. 2.6

Таблица 2.6 – Габаритно-присоединительные размеры электродвигателя  
АО2-52-6

Число полюсов	Габаритные размеры, мм				Установочные и присоединительные размеры, мм						
	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>2B<sub>5</sub></i>	<i>B<sub>4</sub></i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>L<sub>8</sub></i>	<i>2C<sub>2</sub></i>	<i>2C</i>	<i>d<sub>4</sub></i>	<i>h</i>
6	576	361	330	238	80	38	108	210	254	12	160

Электродвигатель приводит в движение гидронасос, погруженный под уровень масла для предотвращения гидросистемы от подсоса воздуха.

М5 – Электродвигатель для промежуточного рольганга АОЛ2-31-4, 2,2 кВт, 1410 об/мин, основного исполнения.

М6 – Электродвигатель регулировки по высоте губы зажима АОЛ2-21-4, 1,1 кВт, 1400 об/мин, основного исполнения.

М7 – Электродвигатель для подающего рольганга АОЛ2-31-4, 2,2 кВт, 1410 об/мин, основного исполнения.

Электродвигатели серии АОЛ2 основного исполнения предназначается для продолжительного номинального режима S1 от сети трехфазного тока частотой 50 Гц. Данный двигатель от воздействия окружающей среды имеет закрытое обдуваемое исполнение со станиной и щитами из алюминиевого сплава, 2-го габарита, 1-ой длины сердечника статора, четырёхполюсный.

Технические характеристики для двигателя М5 и М7 приведены в таблице 2.7, для М6 – таблица 2.8.

Таблица 2.7 – Основные технические характеристики электродвигателя  
АОЛ2-31-4

Мощность, кВт	Скопление, %	КПД, %	cos φ	$\frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\min}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_n}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{I_n}{I_{\text{ном}}}$
2,2	4,7	82,5	0,83	2,2	1,5	1,8	7

Таблица 2.8 – Основные технические характеристики электродвигателя

АОЛ2-21-4

Мощность, кВт	Скольжение, %	КПД, %	cos φ	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$
1,1	7	78	0,8	2,2	1,5	1,8	7

## 2.2 Программируемый логический контроллер Siemens Simatic S7-1200

Программируемые логические контроллеры ПЛК – это автомат, управляемый программой, с множеством входов, которые подключены к объекту с помощью датчиков управления [5]. Выходы подключены к устройствам исполнения команд. В конструкции контроллера важным составляющим элементом является микропроцессор. Его задача – собирать информацию, преобразовывать и хранить ее для возможности дальнейшей выработки команд управления. Одним из главных достоинств программируемого контроллера становится то, что он функционирует в режиме реального времени. Ранее релейные контроллеры имели громоздкие габаритные размеры, выполняли простейшие операции переключения. Их логическая структура была монолитной, не изменяемой. Пришедшие на смену ПЛК-контроллеры отличались компактными размерами, алгоритм управления поднялся на новый, сложный уровень исполнения. Появился процесс свободного программирования.

Также программируемый контроллер ПЛК характеризуется простотой в контакте с пользователем. Это выражается в действиях по программированию самого ПЛК по принципиальной схеме, по логическим уравнениям и при помощи базового алгоритмического языка. Прибор адаптирован для функционирования в негативных условиях производства, используя в своем активе оптическую электронную развязку входов/выходов от внешних электроцепей. Это стало возможно благодаря наличию приспособленности контроллера к более

широкому спектру условий эксплуатации. В достоинства программируемых контроллеров входят мобильность программного обеспечения за счет унифицирования языков программирования, широкие функциональные возможности, оперативная смена модульных узлов, рабочий режим в реальном времени, возможность ремонта и системной интеграции.

ПЛК работает по циклическому принципу. В самом начале цикла ПЛК сканирует состояния входов, на которые поступают сигналы от датчиков и устройств. Затем в соответствии с алгоритмом программы происходит вычисление состояния выходов. В конце рабочего цикла контроллер устанавливает каждый выход в состояние, которое было определено (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Принцип работы ПЛК

Указанные этапы цикла выполняются последовательно – это означает, что изменения состояний входов не будут «замечены» контроллером во время выполнения программы. По этой причине одним из важнейших параметров ПЛК является время реакции. Если оно окажется больше, чем минимальный период изменения состояний входов, некоторые события, происходящие в системе, будут «пропущены» контроллером (рисунок 2.5).

Также стоит учесть, что и датчики реагируют на изменения в системе не мгновенно. Поэтому полное время реакции системы управления складывается из времени реакции ПЛК и времени реакции датчиков.





Рисунок 2.5 – Цикл работы ПЛК

Время реакции системы — время с момента изменения состояния системы до момента выработки соответствующей реакции (принятия решения).

SIEMENS SIMATIC S7-1200 – новый модульный контроллер, который отличается современным дизайном, высокой производительностью, широким набором возможностей и предназначен для решения задач автоматизации начального уровня. Производитель позиционирует его как Basic Controller (базовый контроллер) подчеркивая, что это микроПЛК, хотя по формальным критериям он выходит за рамки этой ниши. Базовая конфигурация предполагает процессорный блок с 14–24 входами/выходами и расширение не более чем восемью блоками ввода/вывода, что в совокупности позволяет подключить до 51 аналогового или до 284 дискретных входов/выходов. Это полностью оправдало бы помещение контроллера в разряд микроПЛК, если бы не одно «но»: он может работать с распределенной периферией, соответствующей стандартам PROFIBUS DP и PROFINET IO, в качестве «мастера» и имеет адресное пространство 1000 байт, что потенциально позволяет ему принять до 8000 цифровых или до 500 аналоговых каналов. В сочетании с рабочей памятью 50–150 килобайт (в зависимости от модели ЦПУ), где хранится исполняемая программа (данные можно сохранять на внешнем носителе с объемом памяти до 2 гигабайт).

С точки зрения набора поддерживаемых функций S7-1200 имеет единую среду написания программ, язык программирования стандарта МЭК 61131-3,

библиотеки и интерфейсы работы с аппаратной частью, общая интегрированная диагностическая система, встроенный параметрический веб-сервер, а также S7-1200 имеет 16 логических соединений для организации сетевых коммуникаций средствами операционной системы через встроенный порт Ethernet. То есть можно создать сеть из 16 контроллеров SIMATIC, операторских панелей, персональных компьютеров, и обмен информацией будет происходить асинхронно, независимо от исполнения алгоритмов управления оборудованием, заложенных пользователем.

К центральному процессору (CPU) программируемого контроллера S7-1200 могут быть подключены коммуникационные модули (CM) и платы (CB); сигнальные модули (SM) и сигнальные платы (SB) ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов. Совместно с ними используются 4-канальный коммутатор Industrial Ethernet (CSM 1277) и модуль блока питания (PM 1207) (рисунок 2.6).

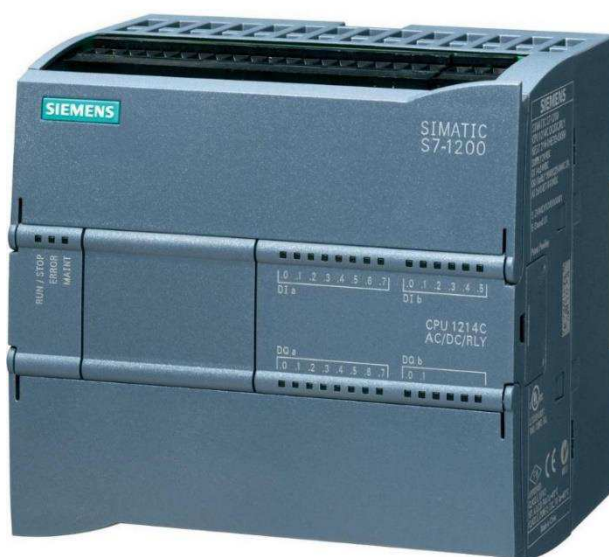


Рисунок 2.6 – ПЛК SIEMENS SIMATIC S7-1200 CPU 1214C 6ES7214-1BG40-0XB0

Для ПЛК S7-1200 имеющий центральный процессор (CPU) 1214C допускает подключение до трех коммуникационных модулей и установку одной сигнальной платы (SB) ввода-вывода. Дополнительно к CPU 1214C может подключаться до 8 сигнальных модулей (SM).

Сигнальные модули (модули расширения) позволяют адаптировать контроллер к требованиям решаемой задачи. Они позволяют увеличивать количество входов и выходов, с которыми работает центральный процессор. Сигнальные модули устанавливаются справа от центрального процессора. Подключение к внутренней шине контроллера выполняется с помощью выдвижных штекеров, вмонтированных в каждый модуль SM. Подключение внешних цепей производится через съемные терминальные блоки с контактами под винт. В состав сигнальных модулей входят 8- и 16-канальные модули ввода и вывода дискретных сигналов, 16- и 32-канальные модули ввода-вывода дискретных сигналов, 4- и 8-канальные модули ввода и 2- и 4-канальные модули вывода аналоговых сигналов, а также модуль ввода-вывода аналоговых сигналов с 4 входами и 2 выходами (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Сигнальные модули SM 1223 6ES7223-1PL32-0XB0 и SM 1221 6ES7221-1BF32-0XB0 соответственно

Данный вид процессора оснащен двумя аналоговыми входами (0-10 В), набором дискретных входов и выходов, а также блоком питания датчиков с выходным напряжением 24 В. Подключение внешних цепей выполняется через съемные терминальные блоки с контактами под винт.

В контроллер внедрена поддержка управления перемещением на базе открытого стандарта PLSopen. Поддерживается не только импульсное управление шаговыми двигателями без обратной связи, но и сетевое подключение

приводов с инкрементальными датчиками положения. Более того, имеется возможность подключить привода, управляемые аналоговым сигналом плюс-минус десять вольт, а инкрементальный датчик подключить непосредственно на «быстрые» входы контроллера. Настройка управления перемещением выполнена в виде удобных технологических объектов, которые снабжены вложенными экранами с полным набором параметров и описаний, таблицей технологических переменных, которые можно использовать в своей программе, и интегрированной диагностической системой, которая встраивается в штатную диагностику и облегчает использование технологических функций.

Помимо достоинств самого оборудования важный фактор – функциональность и удобство программной среды разработки. Обычно предлагается использовать отдельные ПП для программирования контроллеров, средств операторского интерфейса и сетевого обмена данными. Объединение проектов всех компонентов системы для их совместной работы – достаточно трудоемкий этап. При дальнейшей отладке системы внесение изменений в проект одного устройства может повлечь за собой необходимость изменения программы всех других, работающих совместно. На это обычно уходит много времени, причем в процессе этой работы легко допустить ошибки. Комплексный подход к параметрированию и программированию систем автоматизации на основе серии контроллеров SIMATIC S7 1200 позволяет сделать разработку проекта эффективной, упростить дальнейшую отладку и диагностику неисправностей. Подготовка проекта производится в единой программной среде TIA Portal. В ней, как в единой программной платформе, удалось совместить всё, что необходимо для работы со всеми компонентами автоматизации SIEMENS на всех этапах работы с проектом. Разработка проектов для контроллеров и устройств распределенного ввода/вывода, конфигурирование систем человеко-машинного интерфейса и SCADA-систем, параметрирование сетевых компонентов и модулей связи, отладка программных алгоритмов управления, а также ввод в эксплуатацию приводов – все это объединено в общую структуру программного обеспечения и имеет унифицированный

пользовательский интерфейс. Это не только ускоряет работу, но и позволяет создавать прозрачные решения, простые в обслуживании и диагностике, которые легко расширять или трансформировать.

В программном пакете существуют как стандартные инструкции для создания алгоритмов управления, так и специальные блоки управления перемещением на основе стандарта PLCopen и ПИД-регулирования. Эти блоки снабжены удобными механизмами пошагового конфигурирования и графическими экранами для диагностики и настройки. В стандартный набор пользовательских библиотек уже включены коммуникационные блоки для организации обмена данными по протоколам Modbus и USS. Также существует возможность создания собственных библиотек для упрощения многократного использования сходных по функциональности частей проекта и обмена ими между различными разработчиками. Если раньше в библиотеку можно было поместить только законченные фрагменты программного кода, то теперь понятие «библиотечный элемент» стало гораздо шире. Можно сохранять в библиотеке для последующего использования программы аппаратные конфигурации (как отдельные модули, так и целые станции) со всеми настройками, графические объекты. Есть возможность использовать библиотечные элементы в качестве типов, когда элемент не просто вставляется в проект как копия, а сохраняет связь с исходным объектом и позволяет организовать автоматическую синхронизацию изменений в копиях при редактировании исходного компонента.

TIA Portal предоставляет широкие возможности для удаленной совместной работы над проектом. Специальный механизм, построенный по принципу прокси-объекта, позволяет разделить проект на блоки и проводить независимую работу над отдельными компонентами. Причем этот труд могут выполнять разные специалисты в разных точках земного шара. На последнем этапе происходит автоматическая «склейка» проекта в единое целое. Для предварительной отладки в TIA Portal включены разнообразные симуляторы, которые позволяют отладить как программу ПЛК, так и работу операторского интер-

фейса на панели управления без использования реального оборудования. Причем возможна как отдельная эмуляция (ПЛК и компьютер; операторская панель и компьютер), так и полная эмуляция комплекса (ПЛК и операторская панель) в недрах персонального компьютера без использования реального оборудования.

Степень защиты контроллера S7-1200 – IP20, что предполагает монтаж в шкафу или ином защитном корпусе и работает в диапазоне температур от 0 до +50 °С и только центральный процессор имеет диапазон от -20 до +60 °С. Допускается крепление как на 35-миллиметровую рейку, так и на плоскую монтажную панель. Винтовые клеммы «отстегиваются» вместе с кабелями, что позволяет в случае выхода оборудования из строя оперативно произвести замену, не откручивая две дюжины проводов. Загрузка программы возможна и с компьютера, и через съемную карту памяти, что опять-таки максимально упрощает и ускоряет замену отказавшего устройства.

### **2.3 Частотный преобразователь DELTA 3.7 кВт VFD-037EL43A**

Преобразователи частоты Delta VFD-EL предназначены для решения сложных задач с применением привода переменного тока [6]. Например, таких как: управление скоростью насосов и вентиляторов малой мощности, ленточных транспортеров, вращателей, небольших механико-обрабатывающих станков, фасовочно-упаковочных аппаратов, швейных машин, намоточно-размоточных узлов, навивочных машин, миксеров и т.д., - для эффективного использования в небольших системах, не требующих от частотного преобразователя сложного управления и высоких характеристик.

Отличительные особенности преобразователя частоты Delta VFD-EL:

- выходная частота: 0,1-600 Гц;
- допускается плотная установка приборов за счет высокоэффективного охлаждения;
- компактная конструкция, монтаж на DIN-рейку;
- простота в обслуживании и вводе в эксплуатацию;



- векторный и скалярный режимы управления асинхронными двигателями, вольт-частотное управление с формированием характеристики V/f по трем точкам;

- ПИД-регулятор;

- встроенная функция многонасосного (многодвигательного) режима работы;

- встроенный РЧ-фильтр класса В;

- встроенный RS-485 (MODBUS);

- коммуникационные адаптеры для сетей ProfiBus, DeviceNet, LonWork и CANopen.

При эксплуатации частотных преобразователей VFD-EL должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура воздуха в помещении при плотной установке от -10 °С до +40°С, при установке на DIN-рейку от -10 °С до +50 °С;

- относительная влажность <90%, без образования конденсата;

- атмосферное давление 86~106 кПа;

- допустимая вибрация <20Гц: 9.80 м/с<sup>2</sup> (1G) максимум; 20 ~ 50Гц: 5.88 м/с<sup>2</sup> (0.6G) максимум.

Технические характеристики преобразователя приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Технические характеристики частотного преобразователя

DELTA 3.7 кВт VFD-037EL43A

Класс напряжения		460 В
Ном. мощность двигателя (кВт)		3,7
Ном. мощность двигателя (л. с.)		5,0
Выход	Полная мощность (кВт)	6,8
	Ном. выходной ток (А)	8,2
	Выходное напряжение (В)	3-х фазное, от 0 до напряжения питания
	Выходная частота (Гц)	0,1-600
	Несущая частота ШИМ (кГц)	2-12

Таблица 2.10 – Технические характеристики частотного преобразователя  
DELTA 3.7 кВт VFD-037EL43A (продолжение)

Вход	Ном. входной ток (А)	9,0
	Напряжение, частота	3 фазы, 380-480 В, 50/60 Гц
	Допустимое отклонение напряжения	+/- 10%(342~528В)
	Допустимое отклонение частоты	+/- 5%(47~63Гц)
Охлаждение		Вентилятор
Масса (кг)		1,9



- 1 – Крышка терминалов ввода (R/L1, S/L2, T/L3)
- 2 – Панель управления
- 3 – Корпус
- 4 – Съёмная крышка
- 5 – Крышка терминалов вывода (U/T1, V/T2, W/T3)

Рисунок 2.8 – Частотный преобразователь DELTA 3.7 кВт VFD-037EL43A

#### 2.4 Блоки питания MDR 24В 40 Вт и DR 24 В 100Вт

Компания Mean Well основана в 1982 году, а в Россию источники питания поставляются с 2000 года [7]. За 12 лет присутствия на рынке России источники питания Mean Well завоевали доверие у наших потребителей и стали самыми популярными на рынке источниками питания в модульном исполне-

нии. Такая популярность связана с широким ассортиментом продукции и оптимальным на сегодняшний день для российского рынка соотношением цена/качество. Одним из перспективных направлений развития Mean Well считает модули питания для промышленной и домашней автоматизации.

Импульсные источники питания MDR производства Mean Well представляют собой промышленный AC-DC сетевой преобразователь серии MDR с одним выходом стабилизированного выходного напряжения 24 В. Особенностью источников питания этой серии является низкое собственное энергопотребление: менее 0,75 Вт при работе без нагрузки. Модули имеют светодиодный индикатор включения, подстройку выхода в диапазоне 0...20% от номинала для компенсации падения напряжения на проводах к нагрузке. Дополнительно источник питания выдает сигнал «Выходное напряжение в норме» для включения дополнительных внешних цепей.



Рисунок 2.9 – Блок питания MDR-40-24

Блок питания Mean Well MDR-40-24 (рисунок 2.9) используется совместно с электромеханическим оборудованием и различными бытовыми устройствами. Он поддерживает регулировку напряжения и защищает под-

ключенные компоненты от импульсных скачков, коротких замыканий и перегрузок. Стабильность подачи питания осуществляется за счет малого уровня потерь.

Основные характеристики блока питания MDR-40-24:

- входное напряжение AC 85...264 В;
- входное напряжение DC 120...370 В;
- выходная мощность 40 Вт;
- выходное напряжение 24 В;
- выходной ток до 1.7 А;
- тип стабилизации: по напряжению;
- конструктивное исполнение: на DIN рейку;
- напряжение изоляции вход-выход 3 кВ;
- КПД 88 %;
- шум 150 мВ;
- рабочая температура -20...70 °С;
- температура хранения -40...85 °С.

Блок питания Mean Well DR-100-24 (рисунок 2.10) позволяет наладить стабильное энергоснабжение электроприборов мощностью до 100.08 Вт. Благодаря встроенному преобразователю напряжения импульсного типа, устройство может функционировать как при наличии постоянного, так и переменного тока на входе.



Рисунок 2.10 – Блок питания DR-100-24

Встроенная защита от короткого замыкания, перегрузки и перегрева свидетельствует о высокой надежности оборудования. Также предусмотрена двойная изоляция class II, исключающая необходимость в организации заземления. Модель отличается простотой монтажа, что обусловлено универсальностью исполнения, позволяющего реализовать установку источника электропитания на DIN-рейку.

Технические характеристики DR-100-24:

- входное напряжение 88-264 VAC;
- мощность 100.8 Вт;
- количество выходов 1.00;
- выходное напряжение 24 VDC;
- для установки на DIN-рейку;
- изоляция вход -> выход 1000 VAC;
- температурный диапазон -20 +60°C

## **2.5 Устройство защиты электродвигателя МДТ**

Устройство защиты электродвигателя МТД (монитор тока двигателя) (рисунок 2.11) предназначено для измерения тока, а также защитного отключения электродвигателей в сети переменного тока 50 Гц, напряжением 220/380 В и номинальными токами нагрузки от 5 до 250 А [8].

МТД комплектуются тремя тороидальными датчиками тока. Возможны настройка по заводским уставкам и автоматическая настройка на номинальный ток электродвигателя (5...250А), что позволяет применять МТД для защиты любых электродвигателей мощностью до 100 кВт. Содержит два выходных реле для работы с реверсивной нагрузкой или для работы и предупредительной сигнализации (пуск оборудования, аварийный режим и т.п.).

МТД защищает электрооборудование от аварийных ситуаций:

- превышение номинального тока в 4 раза;
- перегрузка недопустимой продолжительности;
- недогрузка по току;

- обрыв фазы по току.

При этом конкретные величины уставок срабатывания задаются на месте эксплуатации вручную или автоматически. Информация о настройках сохраняется при отключении питания.

На передней панели МТД расположены – 4-х разрядный цифровой индикатор, кнопки программирования и управления режимами, индикаторы режимов работы и состояния выходных реле.



Рисунок 2.11 – Устройство защиты электродвигателя МТД с тремя тороидальными датчиками тока

## 2.6 Щелевой датчик положения БВК261-24УХЛ4

Бесконтактные путевые переключатели серии БВК (рисунок 2.12) предназначены для контроля положения механизма или отдельных его узлов и рассчитаны для управления электромагнитными реле и бесконтактными логическими элементами [9].

В основу работы бесконтактных переключателей положен принцип управляемого генератора. Срабатывание переключателей производится введением в щель алюминиевой пластины и происходит в момент нахождения переднего фронта переключающей пластины за осью симметрии чувствительного элемента.



Бесконтактные переключатели БВК находят широкое применение в станках, автоматических линиях, кузнечно-прессовом оборудовании, литейных машинах, конвейерах и т. д.

Бесконтактные путевые переключатели предназначены для контроля положения механизмов и отдельных узлов. Корпуса переключателей изготавливаются из полиамидных материалов. Заливочный компаунд на основе смолы ЭД-20.



Рисунок 2.12 – Щелевой датчик положения БВК261-24УХЛ4

Технические характеристики щелевого датчика:

- Размеры: 78x44x76 мм;
- Ширина щели: 5 мм;
- напряжение питания от 20,4 В до 26,4 В;
- ток нагрузки не более 250 мА;
- выходное напряжение на нагрузке сопротивлением 91 Ом в сработанном состоянии при номинальном напряжении питания не менее 22,8 В;
- остаточное напряжение на нагрузке сопротивлением 1 кОм при номинальном напряжении питания, в несработанном состоянии не более 1,5 В;
- время переключения не более 0,1 мкс;
- частота срабатывания не менее 1 кГц;
- мощность, потребляемая переключателем при номинальном напряжении питания, в не сработанном состоянии, не более 0,45 Вт;
- диапазон рабочих температур: -10...+45°C;

- степень защиты: IP65

## 2.7 Пульт управления

Пульт управления автоматом (рисунок 2.13) содержит:

- переключатель с ключом для включения и отключения установки, кнопки управления автоматом, переключатели включения ручного или автоматического режима работы автомата;

- сигнальные лампы управления, режима работы, внештатных и аварийных ситуаций;

- панель оператора Weintek MT8071iP сенсорный, для обзора всего технологического процесса

- амперметр электродвигателя бабки пильного диска

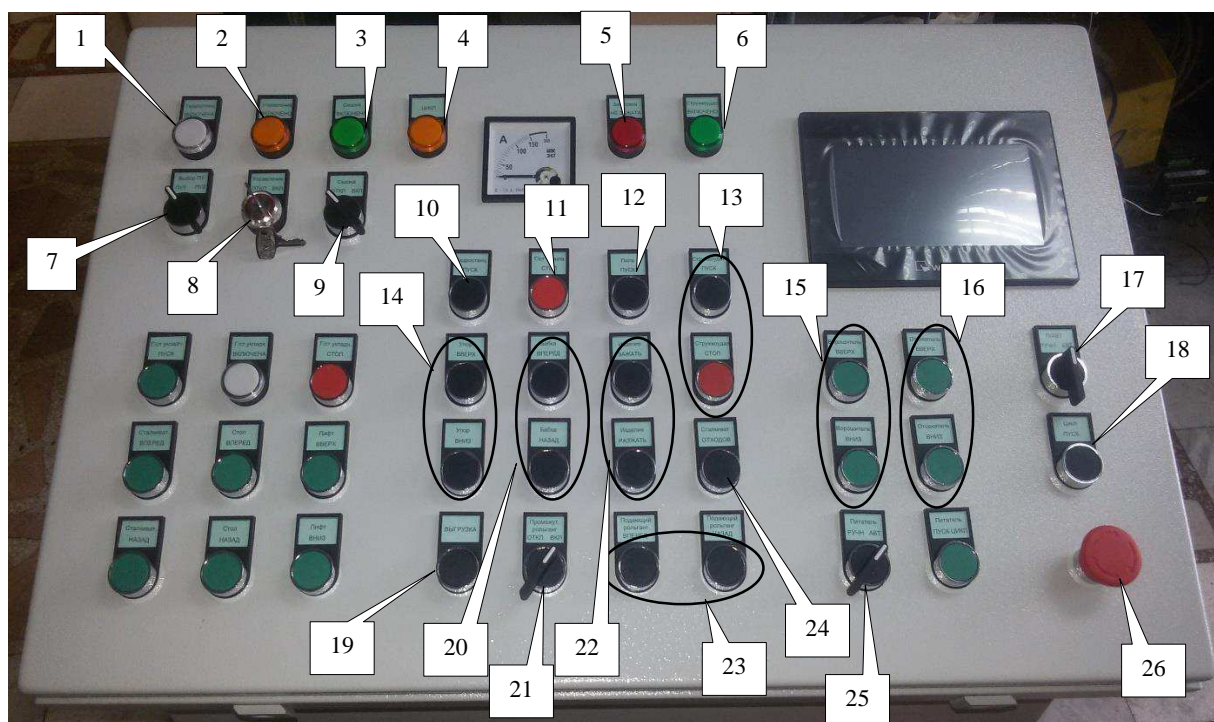


Рисунок 2.13 – Пульт управления

На рисунке 2.13 приведены следующие обозначения:

- 1 – Лампа «Гидростанция включена»;
- 2 – Лампа «Управление включено»;
- 3 – Лампа «Смазка включена»;
- 4 – Лампа «Цикл»;

- 5 – Лампа «Заготовка не зажата»;
- 6 – Лампа «Стружкоудаление включено»;
- 7 – Переключатель «Выбор ПУ» (ПУ1, ПУ2);
- 8 – Переключатель с ключом «Управление» (ВКЛ, ОТКЛ);
- 9 – Переключатель «Смазка» (ВКЛ, ОТКЛ);
- 10 – Кнопка «Гидростанция пуск»;
- 11 – Кнопка «Гидростанция пила стоп»;
- 12 – Кнопка «Пила пуск»;
- 13 – Кнопки «Стружкоудаление» (ПУСК, СТОП);
- 14 – Кнопки «Упор» (ВВЕРХ, ВНИЗ);
- 15 – Кнопки «Ворошитель» (ВВЕРХ, ВНИЗ);
- 16 – Кнопки «Отсекатель» (ВВЕРХ, ВНИЗ);
- 17 – Переключатель режима работы (РУЧНОЙ, П/АВТОМАТ, АВТОМАТ);
- 18 – Кнопка «Цикл пуск»;
- 19 – Кнопка «Выгрузка»;
- 20 – Кнопки «Бабка» (ВПЕРЕД, НАЗАД);
- 21 – Переключатель «Промежуточный рольганг» (ОТКЛ, ВКЛ);
- 22 – Кнопки «Изделие» (ЗАЖАТЬ, РАЗЖАТЬ);
- 23 – Кнопки «Подающий рольганг» (ВПЕРЕД, НАЗАД);
- 24 – Кнопка «Сталкиватель отходов»;
- 25 – Переключатель «Питатель» (РУЧНОЙ, АВТОМАТ);
- 26 – Кнопка «Аварийное отключение».

### 3 Разработка схем управления технологического процесса

#### 3.1 Принципиальные схемы электроприводов

Принципиальная схема подключения двигателей представлена на листах №1-2 графической части. Для автоматической защиты двигателей от перегрузок и токов короткого замыкания установлены трехполюсные автоматические выключатели: для пилы М1 – ВА-303 3Р 225А, обозначенный Q1; для стружкоудаления М2 – ВА 101-3Р-032А-С (Q2); для гидростанции М3 и подающего рольганга М7 – ВА 101-3Р-020А-С (Q3 и Q7) соответственно; для промежуточного рольганга М5 – ВА 101-3Р-010А-С (Q5) и губы зажима М6 – ВА 101-3Р-006А-С, имеющий обозначение Q6. Так же для дополнительной защиты, кроме электроприводов М1 и М7, установлены тепловые реле, обозначенные FR2, FR3, FR5, FR6. Для привода (М1) используется прямой пуск через контактор КМ103-185А-220В-11 (КМ1), для приводов М2 и М3 используются малогабаритные контакторы КМ103-025А-220В-11 (КМ2 и КМ3), для промежуточного рольганга М5 используется контактор КМ103-009А-220В-11 (КМ5), для привода губы зажима М6 используются контакторы КМ103-009А-220В-11 (КМ6.1 и КМ 6.2), причем первый предназначен для прямого пуска, второй – для реверсивного.

Обозначения ХМ1, ХМ2, ХМ3, ХМ5, ХМ6, ХМ7 имеют клеммники для монтажа и их соединения с внешним оборудованием, чтобы обеспечить работоспособность схемы.

На каждую фазу двигателя М1 установлены тороидальные датчики тока (ТТ5-ТТ7), которые подключены к устройству защиты электродвигателя U2. Для измерения рабочего тока пилы, на фазу В подключён измерительный трансформатор тока ТТ4. Для защиты амперметров (Р1 и Р2) от больших пусковых токов используется контакт промежуточного реле КТ, которым управляет ПЛК.

Автоматический выключатель F1 с фазы В питает МТД, он же с фазы А подает напряжение на контактор К1 и катушку КМ1. Параллельно катушкам

КМ1, КМ2, КМ3, КМ4, КМ5, КМ6.1 и КМ6.2 подключены помехозащищающие RC-цепочки для сглаживания и ограничения коммутационного перенапряжения.

Двигатель подающего рольганга подключен через преобразователь частоты VFD037EL43A (U3). Преобразователь (ПЧ) предназначен для изменения скорости подачи материала в зону резания.

ПЧ запрограммирован так, что при замыкании контакта К4, двигатель М7 подает заготовку в зону резания с пониженной скоростью (частота и напряжение в два раза меньше номинального), замыкая контакт К5 привод вращается с той же скоростью, но в другую сторону.

### **3.2 Принципиальные схемы цепей питания**

Схемы питания отрезного круглопильного автомата приведены на листах №2-5 графической части.

На схеме листа №2 указаны две используемые фазы А и С, которые являются продолжением питания схемы. Фаза С разветвляется на пять ветвей. Все они защищены двух- и однополюсными автоматическими выключателями F2, F3, F4, F6, F7 ВА101 на номинальный ток 3 и 6 А. С F2 идет питание ПЛК на 220 В. Питание источников постоянного тока G1-G3 производится напряжением 220 В, путем соединения клемм питания к фазе С через автоматические выключатели F3, F4 и F5. На выходе имеем постоянное напряжение 24 В. С блока питания G1 идет питание входов на ПЛК, с G2 питает на схеме листа №4 гидроаппараты: выгрузки Y1, бабки пильного диска вперед и назад (Y2 и Y3), зажима Y4, разжима Y5, упора вверх и вниз (Y6 и Y7). С источника постоянного тока G3 питает на схеме листа №5 гидроаппараты: ворошителя вверх и вниз (Y8 и Y9), отсекателя вверх и вниз (Y10 и Y11) и разгрузки Y12. Для пуска гидроаппаратов используются замыкающие контакты 4, 7 реле К7-К13 и К15-К19, управление которыми производится с промежуточного реле ПР-102 напряжением 220 В подаваемым с ПЛК. К контакту 2 автоматического выключателя F6 подключена розетка на DIN рейку Раp 10-3-ОП. К контактам

2 и 4 автоматического выключателя F7 подключен трансформатор ОСМ1-0,4 кВА. Напряжение трансформатора на первичной обмотке 380В, на вторичной – 220В. Выходное напряжение с трансформатора по линиям L0 и L1 используется для питания: на схеме листа №2 переключатели с ключом (SA2.1 и SA2.2), кнопок аварийной остановки (S1.1 и S1.2), и промежуточного реле (K2); на схеме №3 переключателя ПУ (SA1), промежуточного реле K3, перекидные контакты которого включают ПУ1 или ПУ2, блока питания G4 для панели оператора U5. Через контакт K2 линия L1 замыкается с линией L2, он же на схеме листа №3 контактами 6, 3 промежуточного реле K3 включает лампы управления Н1.1 или Н1.2 в зависимости от выбора ПУ. Та же линия (L1) на схеме листа №4 питает кнопки S13.1 и S13.2, нажатием одной из которых дает питание и работу пневмоаппарата сталкивателя отходов Y20. Параллельно при замыкании контактов 4,7 промежуточного реле K14 подключается пневмоаппарат смазки Y19.

На схеме листа №12 с блока питания G1 запитан коммутатор U4 модели EDS-205 MOXA.

### **3.3 Схемы подключения ПЛК**

Схемы подключения ПЛК отрезного круглопильного автомата приведены на листах 6-12 графической части. Из них листы №6-7 непосредственно самого ПЛК, листах №8-11 – два модуля дискретных входов и выходов DI16xDO16, лист №12 – модуль дискретных входов DI8.

На конструкции ПЛК: L1, N, PE обозначают питающую фазу (120-240 В), нейтраль и защитное заземление. 1M – общий минус для дискретных входов I0.0-I1.5. Так же 1M связан с 1L и 2L, они являются общим минусом для дискретных выходов Q0.0-Q0.5. Питание входных кнопок и выходных ламп осуществляется линиями 24P1 и 24 P2 для пультов управления ПУ1 и ПУ2 соответственно. Ниже приведены функции кнопок и соответствующих им входов:

- I0.0 и I0.1 – S2.1, S2.2 и S3.1, S3.2: пуск и стоп гидростанции отрезного станка соответственно;

- I0.2 – S4.1, S4.2: пила пуск;

- I0.3 и I0.4 – S5.1, S5.2 и S6.1, S6.2: стружкоудаление пуск и стоп;

- I0.5 и I0.6 – S7.1, S7.2 и S8.1, S8.2: упор поднять и опустить;

- I0.7 и I1.0 – S9.1, S9.2 и S10.1, S10.2: бабка пильного диска вперед и назад;

- I1.1 и I1.2 – S11.1, S11.2 и S12.1, S12.2: изделие зажать и разжать;

- I1.3 – S14.1, S14.2; выгрузка изделия;

- I1.4 и I1.5 – S15.1, S15.2 и S16.1, S16.2: подающий рольганг вперед и назад.

Для следующих выходов приведены следующие действия:

- O0.0 – H2.1, H2.2: лампа гидростанция отрезного станка включена;

- O0.2 – H4.1, H4.2: лампа смазка включена;

- O0.3 – H5.1, H5.2: лампа цикл идет;

- O0.4 – H6.1, H6.2: лампа заготовка не зажата;

- O0.5 – H7.1, H7.2: лампа стружкоудаление включено.

На схеме листа №8-9 приведен модуль дискретных входов и выходов SM 1223. M, 1M, 2M – общий минус для входов. 1L-4L – питание выходов для реле на 220 В. Ниже приведены функции переключателей, кнопок и связанные с ними входы:

- I2.0 – SA3.1, SA3.2: переключатель включения/отключения смазки диска;

- I2.1 – SA4.1, SA4.2: переключатель включения/отключения промежуточного рольганга;

- I2.2 и I2.3 – S17.1, S17.2 и S18.1, S18.2: ворошитель вверх и вниз;

- I2.4 и I2.5 – S19.1, S19.2 и S20.1, S20.2: отсекаль вверх и вниз;

- I2.6 – SA5.1, SA5.2: переключатель включения/отключения режима питателя автомат.

- I3.0 – SA6.1.1, SA6.1.2: переключатель включения режима автомат;

- I3.1 – SA6.2.1, SA6.2.2: переключатель включения ручного режима;
- I3.2 – S22.1, S22.2: включение цикла работы;

К входам I3.5-I3.7 подключены щелевые датчики положения пильной бабки впереди SQ1, пильной бабки в исходном SQ2 и если деталь зажата SQ3 соответственно.

Для приведенных ниже выходов при включении приводят к действиям:

- O2.0 – КТ: включение промежуточного реле защиты амперметров при включении привода бабки пильного диска;
- O2.1 – К1: включение промежуточного реле бабки пильного диска через катушку КМ1;
- O2.2 – КМ2: включение катушки стружкоудаления и тепловой защиты FR2;
- O2.3 – КМ3: включение катушки гидростанции отрезного станка и тепловой защиты FR3;
- O2.5 – КМ5: включение катушки промежуточного рольганга и тепловой защиты FR5;
- O2.6 – КМ6.1: включение катушки губы зажима вниз, тепловой защиты FR6 и нормально-замкнутого контакта реле КМ6.2;
- O2.7 – КМ6.2: включение катушки губы зажима вверх, тепловой защиты FR6 и нормально-замкнутого контакта реле КМ6.1;
- O3.0 – К7: включения промежуточного реле выгрузки;
- O3.1 – К8: включения промежуточного реле бабки пильного диска вперед;
- O3.2 – К9: включения промежуточного реле бабки пильного диска назад;
- O3.3 – К10: включения промежуточного реле зажима;
- O3.4 – К11: включения промежуточного реле разжима;
- O3.5 – К12: включения промежуточного реле упора вверх;
- O3.6 – К13: включения промежуточного реле упора вниз;
- O3.7 – К14: включения промежуточного реле смазки.



Перейдем к схемам №10-11. Здесь модуль дискретных входов/выходов представлен того же типа, как в прошлом пункте. Подключение модуля произведено аналогично модулю, рассмотренному ранее. Отличие в том, что не подключены 3L и 4L, так как это не нужно. Ко входу I4.0 подключен механический концевой датчик положения заготовки у упора SQ4. К входам I4.1-I4.6 подключены щелевые датчики положения: I4.1 и I4.2 – упор вверху SQ5 и упор внизу SQ6 соответственно; I4.3 и I4.4 – ворошитель вверху SQ7 и ворошитель внизу SQ8; I4.5 и I4.6 – отсекаТЕЛЬ вверху SQ9 и отсекаТЕЛЬ внизу SQ10. Параллельно от линии 24P к входам I5.2-I5.7 модуля подключены контакты катушек (KM1, KM2, KM3 – 13, 14), контакт устройства защиты двигателя (U2 – 1, 2) и контакты теплового реле (FR2, FR3, FR5, FR6 – 97, 98), причем все контакты теплового реле подключены ко входу I5.7.

Для приведенных ниже выходов при включении приводят к действиям:

- O4.0 – K15: включения промежуточного реле ворошителя вверх;
- O4.1 – K16: включения промежуточного реле ворошителя вниз;
- O4.2 – K17: включения промежуточного реле отсекателя вверх;
- O4.3 – K18: включения промежуточного реле отсекателя вниз;
- O4.4 – K19: включения промежуточного реле разгрузки;
- O4.5 – K4: включения промежуточного реле подающего рольганга вперед;
- O4.6 – K5: включения промежуточного реле подающего рольганга назад.

На схеме листа №12 графической части показано включение модуля дискретных входов SM1221. Входы PE и 1M имеют аналогичное назначение, как модули описанные ранее. К входам I6.0 и I6.1 от линии 24P и параллельно ей подключены кнопки движения губы вверх S31 и движения губы вниз S32 соответственно. Оставшиеся дискретные входы не подключены и остаются в резерве.

## **4 Алгоритм работы автомата в различных режимах**

### **4.1 Подробное описание технологического процесса**

Перед началом работы нужно, чтобы автоматические выключатели Q1-Q7 и F1-F7 были включены.

Затем проходит подготовка к работе. На главном пульте управления переключателем «Выбор ПУ» выбираем пульт, на котором будет происходить дальнейшее управление отрезным автоматом. На пульте управления переключателем с ключом «Управление» переводим в режим ВКЛ, загорается лампа «Управление включено», происходит питание ПУ и системы управления (выходы модулей ПЛК, пневмоаппаратов, реле и т. д.). После включения управления производится включение:

- гидростанции отрезного станка;
- пилы;
- смазки;
- стружкоудаления.

Так же при подготовке переключатель «Питатель» переводим в положение «Ручной» для управления ворошителем и отсекателем. Положение переключателя питателя «Автомат» и кнопка «Питатель пуск цикл» не используется из-за нехватки оборудования.

Далее происходит работа отрезным автоматом. Ворошителем поднимаем изделия, чтобы они покатались и уперлись об отсекающий диск. Отсекателем перебрасываем одно изделие на подающий рольганг и одновременно блокируем другим изделиям перекатиться на подающий рольганг. Далее опускаем упор и подающим рольгангом ведем изделие в зону резания до упора. После губой зажима зажимаем изделие, если изделие не удалось зажать, кнопками, находящиеся на станине автомата, регулируем высоту губы зажима так, чтобы изделие зажалось. Как изделие зажали, поднимаем упор вверх и движением бабки пильного диска вперед распиливаем материал. После разрезки изделия возвращаем бабку пильного

диска назад в исходное положение и выгружаем распиленный материал с зоны резания на промежуточный рольганг, который ведет изделие на другой станок для последующей обработки. Если изделие испорчено или не той длины, то ее с промежуточного рольганга сталкиваем в специальную тару.

При аварийных и внештатных ситуаций нажимаем кнопку аварийной остановки и технологический процесс полностью останавливается.

## 4.2 Ручной режим работы автомата

В таблице 4.1 приведены механизмы автомата и условия их работы в ручном режиме.

Таблица 4.1 – Ручной режим работы

Ручной режим работы автомата. Управление включено, ключ включен на ручной режим.		
Механизм	Условие включения	Условие отключения
Гидростанция отрезного станка	Нажатие кнопки «Гидростанция пуск»	Нажатие кнопки «Г/ст пила стоп»
Ворошитель	Нажатие кнопки «Ворошитель вверх»	Отпустить кнопку «Ворошитель вверх»
	Нажатие кнопки «Ворошитель вниз»	Отпустить кнопку «Ворошитель вниз»
Отсекатель	Нажатие кнопки «Отсекатель вверх»	Отпустить кнопку «Отсекатель вверх»
	Нажатие кнопки «Отсекатель вниз»	Отпустить кнопку «Отсекатель вниз»
Подающий рольганг	Нажатие кнопки «Подающий рольганг вперед»	Отпустить кнопку «Подающий рольганг вперед»
	Нажатие кнопки «Подающий рольганг назад»	Отпустить кнопку «Подающий рольганг назад»

Таблица 4.2 – Ручной режим работы (продолжение)

Упор	Нажатие кнопки «Упор вверх»	Отпустить кнопку «Упор вверх»
	Нажатие кнопки «Упор вниз»	Отпустить кнопку «Упор вниз»
Губа зажима	Нажатие кнопки «Губа вверх»	Отпустить кнопку «Губа вверх»
	Нажатие кнопки «Губа вниз»	Отпустить кнопку «Губа вверх»
Зажим детали	Нажатие кнопки «Изделие зажать»	Отпустить кнопку «Изделие зажать»
	Нажатие кнопки «Изделие разжать»	Отпустить кнопку «Изделие разжать»
Пила	Нажатие кнопки «Пила пуск»	Нажатие кнопки «Г/ст пила стоп»
Стружкоудаление	Нажатие кнопки «Стружкоудаление пуск»	Нажатие кнопки «Стружкоудаление стоп»
Бабка пильного диска	Нажатие кнопки «Бабка вперед»	Отпустить кнопку «Бабка вперед»
	Нажатие кнопки «Бабка назад»	Отпустить кнопку «Бабка назад»
Смазка	Переключатель в положение «Вкл»	Переключатель в положение «Откл»
Выгрузка	Нажатие кнопки «Выгрузка»	Отпустить кнопку «Выгрузка»
Промежуточный рольганг	Переключатель в положение «Вкл»	Переключатель в положение «Откл»
Сталкиватель отходов	Нажатие кнопки «Сталкиватель отходов»	Отпустить кнопку «Сталкиватель отходов»

Примечание: одновременное нажатие кнопок упора вверх и вниз, бабки пильного диска вперед и назад, изделие зажать и разжать, стружкоудаления

пуск и стоп, подающий рольганга вперед и назад, ворошителя вверх и вниз и отсекаателя вверх и вниз приведет к блокировке для защиты оборудования.

### 4.3 Автоматический режим работы автомата

В таблице 4.3 приведены механизмы круглопильного отрезного автомата и условия их работы в автоматическом режиме.

Таблица 4.3 – Автоматический режим работы

Автоматический режим работы автомата. Управление включено, ключ включен на автоматический режим.		
Механизм	Условие включения	Условие отключения
Гидростанция отрезного станка	Нажатие кнопки «Гидростанция пуск»	Нажатие кнопки «Г/ст пила стоп»
Ворошитель	Нажатие кнопки «Ворошитель вверх»	Отпустить кнопку «Ворошитель вверх»
	Нажатие кнопки «Ворошитель вниз»	Отпустить кнопку «Ворошитель вниз»
Отсекатель	Нажатие кнопки «Отсекатель вверх»	Отпустить кнопку «Отсекатель вверх»
	Нажатие кнопки «Отсекатель вниз»	Отпустить кнопку «Отсекатель вниз»
Подающий рольганг	Вперед, если упор внизу, деталь не зажата	Заготовка у упора, нажатие кнопки «Подающий рольганг назад», переключатель на «Ручной»
	Нажатие кнопки «Подающий рольганг назад»	Отпустить кнопку «Подающий рольганг назад»

Таблица 4.4 – Автоматический режим работы (продолжение)

Упор	Вверх, если нажата кнопка «Цикл пуск», пильная бабка в исходном, деталь зажата, нажата кнопка «Пила пуск»	Нажата кнопка «Упор вниз», переключатель на «Ручной»
	Вниз, если бабка в исходном, деталь не зажата, заготовка не у упора	Нажата кнопка «Упор вверх», переключатель на «Ручной»
Губа зажима	Нажатие кнопки «Губа вверх»	Отпустить кнопку «Губа вверх»
	Нажатие кнопки «Губа вниз»	Отпустить кнопку «Губа вверх»
Зажим детали	Зажим, если нажата кнопка «Пила пуск», нажата кнопка «Цикл пуск», пильная бабка в исходном	Нажата кнопка «Изделие разжать», переключатель на «Ручной»
	Разжим, если бабка в исходном	Нажата кнопка «Изделие зажать», переключатель на «Ручной»
Пила	Нажатие кнопки «Пила пуск»	Нажатие кнопки «Г/ст пила стоп»
Стружкоудаление	Нажатие кнопки «Стружкоудаление пуск»	Нажатие кнопки «Стружкоудаление стоп»
Бабка пильного диска	Вперед, если нажата кнопка «Пила пуск», если нажата кнопка «Цикл пуск», пильная бабка в исходном, деталь зажата	Пильная бабка впереди, нажата кнопка «Бабка назад», переключатель на «Ручной»
	Назад, если нажата кнопка «Пила пуск», пильная бабка впереди, деталь зажата, пильная бабка не в исходном	Нажата кнопка «Бабка вперед», переключатель на «Ручной»

Таблица 4.5 – Автоматический режим работы (продолжение)

Смазка	Бабка пильного диска идет вперед	Бабка пильного диска не идет вперед
Промежуточный рольганг	Переключатель в положение «Вкл»	Переключатель в положение «Откл»
Сталкиватель отходов	Нажатие кнопки «Сталкиватель отходов»	Отпустить кнопку «Сталкиватель отходов»

Переключатель ставиться в положение автомат, перед нажатием кнопки «Цикл пуск» нужно чтобы были соблюдены следующие условия:

- гидростанция отрезного станка включена;
- бабка пильного диска в исходном состоянии;
- стружкоудаление включено;
- включена пила;
- деталь зажата.

#### **4.4 Последовательность работы автомата при автоматическом режиме**

При запуске работы автомата в автоматическом режиме, нужно чтобы были соблюдены все условия для работы и ход работы должен проходить в строгой последовательности, во избежание аварийных ситуаций. В таблице 4.6 приведена последовательность работы круглопильного автомата в автоматическом режиме.

Таблица 4.6 – Последовательность работы автомата при автоматическом режиме

Шаг	Условие	Действие
1. Step 1. M 10.1	Соблюдены все условия, нажата кнопка «Цикл пуск»	Бабка пильного диска вперед, упор вверх
2. Step 2. M 10.2	Бабка пильного диска впереди	Бабка пильного диска назад

Таблица 4.7 – Последовательность работы автомата при автоматическом режиме (продолжение)

3. Step 3. M 10.3	Бабка пильного диска в исходном	Разжим детали, выгрузка отрезного материала
4. Step 4. M 10.4	Деталь не зажата	Через одну секунду упор вниз
5. Step 5. M 10.5	Упор внизу	Подающий ролик вперед
6. Step 6. M 10.6	Заготовка у упора	Конец цикла, возврат на Step 1



## 5 Используемое программное обеспечение

В ходе реализации проекта автоматизации отрезного круглопильного автомата были применены следующие программные обеспечения:

- TIA Portal V13 (Totally Integrated Automation Portal) – программное обеспечение нового поколения формирует интегрированную рабочую среду для быстрого и удобного решения задач автоматизации. Структура TIA Portal основывается на передовой архитектуре объектно-ориентированного программного обеспечения и централизованного управления данными, Эта программа дает получить высокий уровень эффективности разработки практически всех проектов автоматизации, основываясь на функциональных возможностях использованного набора инструментальных средств. Она значительно сокращает затраты и время на конфигурацию и организацию взаимодействия между контроллерами, проводами, приборами и системами человеко-машинного интерфейса, значительно ускоряет разработку комплексных проектов автоматизации [10].

- EasyBuilder PRO – программное обеспечение, имеющий функцию как визуальный редактор проектов для панелей оператора Weintek, который взаимодействует с периферийными устройствами, как HMI и PLC. HMI не только оснащены RS-232/RS-485 (2-х и 4-х проводные) и Ethernet (10/100 М Base-T) портами, но и поддерживают более чем 250 коммуникационных драйверов для подключения к большому количеству предоставленных на рынке ПЛК, сервоприводов, инверторов, регуляторов температуры, сканеров штрих-кодов и так далее. Эти особенности позволяют использовать HMI в промышленных средах и могут быть идеальным решением для мониторинга и контроля системы.

EasyBuilder PRO удобен тем, что имеет функцию замены SD карты памяти или USB накопителя без отключения сети питания и программист может без труда заменить устройство памяти.

В EasyBuilder PRO существует четыре порядка создания проекта:

- 1) создание нового проекта;

- 2) сохранения и компилирования проекта;
- 3) имитация работы в Off-line и On-line режимах;
- 4) загрузки проекта в панель оператора.

## **6 Программа для отрезного круглопильного автомата**

CPU поддерживает следующие виды блоков, позволяющие создать эффективную структуру пользовательской программы:

- организационные блоки (ОВ) определяют структуру программы. Некоторые ОВ имеют предопределенное поведение и стартовые события, но можно также создавать ОВ со своими собственными стартовыми событиями;

- функции (FC) и функциональные блоки (FB) содержат программный код, соответствующий конкретным задачам или комбинациям параметров. Каждая функция и каждый функциональный блок предоставляет в распоряжение набор входных и выходных параметров для совместного использования данных с вызываемым блоком. FB использует также связанный с ним блок данных (называемый экземплярным DB) для сохранения данных о состоянии во время исполнения, которые могут быть использованы другими блоками в программе;

- блоки данных (DB) хранят данные, которые могут быть использованы программными блоками.

Также CPU имеет три режима работы:

- режим STOP;
- режим STARTUP;
- режим RUN.

Светодиоды состояния на передней стороне CPU показывают текущий режим работы.

В режиме STOP CPU не выполняет программу, можно создавать проект.

В режиме STARTUP один раз выполняются ОВ запуска (если имеются). События, связанные с прерываниями, на этапе запуска режима RUN не обрабатываются.

В режиме RUN многократно выполняется цикл сканирования. События, связанные с прерываниями, могут возникнуть и быть обработаны в любых точках внутри программного цикла. В режиме RUN нет возможности загрузить проект.

CPU поддерживает теплый пуск для перехода в режим RUN. При теплом пуске не производится полное стирание памяти. При теплом пуске все несохраняемые системные и пользовательские данные инициализируются. Сохраняемые системные и пользовательские данные сохраняются. При полном стирании рабочая память, а также все сохраняемые и несохраняемые области памяти стираются, а загрузочная память копируется в рабочую. Полное стирание не очищает диагностический буфер или постоянно хранимые значения IPадресов.

Исполнение программы пользователя начинается одним или несколькими необязательными организационными блоками (ОВ), которые после перехода в режим RUN обрабатываются один раз, затем следует один или более ОВ программного цикла, которые обрабатываются циклически. ОВ может быть также поставлен в соответствие прерывающему событию, которое может быть стандартным событием или событием-ошибкой; затем он исполняется, когда происходит соответствующее событие.

В программе TIA (Totally Integrated Automation) Portal V13 выбираем из каталога контроллер Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC и добавляем сигнальные модули SM 1223 DC (две штуки) и SM 1221 DC, исходя из технических требований (количество входов/выходов, возможность расширения) (рисунок 6.1).

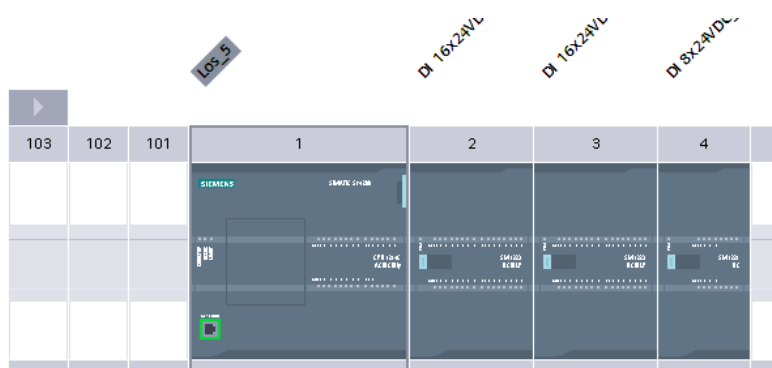


Рисунок 6.1 – Добавление контроллера и сигнальных модулей

Указываем IP адрес для связи компьютера с контроллером (рисунок 6.2).

**IP protocol**

Set IP address in the project

IP address:

Subnet mask:

Use router

Router address:

IP address is set directly at the device

Рисунок 6.2 – Создание IP подключения связи

Открываем таблицу тэгов, добавляем адреса входов %Ix.x и выходов %Ox.x (рисунок 6.3).

Input							
	Name	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...	Comment
1	Г/ст. отр Пуск	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S2
2	Г/ст. отр Стоп	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S3
3	Пила Пуск	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S4
4	Стр.Удалене Пуск	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S5
5	Стр.Удалене Стоп	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S6
6	Упор Поднять	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S7
7	Упор Опустить	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S8
8	Бабка Вперед	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S9
9	Бабка Назад	Bool	%I1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S10
10	Изделие Зажать	Bool	%I1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S11
11	Изделие Разжать	Bool	%I1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S12
12	Выгрузка	Bool	%I1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S14
13	Подающ.рольг. Вперед	Bool	%I1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S15
14	Подающ.рольг. Назад	Bool	%I1.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S16
15	Резерв_1	Bool	%I1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Резерв_2	Bool	%I1.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Смазка диска	Bool	%I2.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SA3
18	Пром.рольг	Bool	%I2.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SA4
19	Ворошитель Вверх	Bool	%I2.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S17
20	Ворошитель Вниз	Bool	%I2.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S18
21	Отсекатель Вверх	Bool	%I2.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S19
22	Отсекатель Вниз	Bool	%I2.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S20
23	Питатель автомат	Bool	%I2.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SA5
24	Питатель Пуск Цикл	Bool	%I2.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S21
25	Автомат	Bool	%I3.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SA6.1
26	Ручной	Bool	%I3.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SA6.2
27	Цикл Пуск	Bool	%I3.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S22
28	Г/ст.укл Пуск	Bool	%I3.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S23
29	Г/ст.укл Стоп	Bool	%I3.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S24
30	Пильн.бабка Впереди	Bool	%I3.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ1
31	Пильн.бабка в Исходном	Bool	%I3.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ2
32	Деталь не Зажата	Bool	%I3.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ3
33	Заготовка у Упора	Bool	%I4.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ4
34	Упор Вверху	Bool	%I4.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ5
35	Упор Внизу	Bool	%I4.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ6

Рисунок 6.3 – Таблица входных тэгов

36		Ворошитель Вверху	Bool	%I4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ7
37		Ворошитель Внизу	Bool	%I4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ8
38		Отсекатель Вверху	Bool	%I4.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ9
39		Отсекатель Внизу	Bool	%I4.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ10
40		Отпиливание тимплета	Bool	%I4.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ11
41		Заготовка на под рольг	Bool	%I5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ12
42		Заготовка отсут/замедлен	Bool	%I5.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SQ13
43		КМ1_пила	Bool	%I5.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КМ1
44		КМ2_стр.удал.	Bool	%I5.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КМ2
45		КМ3_г/ст.отр	Bool	%I5.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КМ3
46		КМ4	Bool	%I5.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КМ4
47		U2	Bool	%I5.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	U2
48		FR2_RF6	Bool	%I5.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FR2_RF6
49		Губа Вверх	Bool	%I6.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S31
50		Губа Вниз	Bool	%I6.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S32

Рисунок 6.4 – Таблица входных тэгов (продолжение)

1		Г/ст отр. Включена	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	H2
2		Г/ст укл. Включена	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	H3
3		Смазка Включена	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	H4
4		Лампа Цикл	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	H5
5		Заготовка НЕ зажата	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	H6
6		Стр. удал. Включено	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	H7
7		резерв_out_1	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8		резерв_out_2	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9		КТ	Bool	%Q2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КТ
10		Пила	Bool	%Q2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Пила
11		Стружкоудаление	Bool	%Q2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Стружкоудаление
12		Г/ст отр. станка	Bool	%Q2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КМ3_Г/ст отр. станка
13		Г/ст укладчика	Bool	%Q2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КМ4
14		Промеж. рольганг	Bool	%Q2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КМ5
15		Губа зажима Вниз	Bool	%Q2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КМ6.1
16		Губа зажима Вверх	Bool	%Q2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	КМ6.2
17		К7_Выгрузка	Bool	%Q3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18		К8_Бабка Вперед	Bool	%Q3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19		К9_Бабка Назад	Bool	%Q3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20		К10_Зажим	Bool	%Q3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21		К11_Разжим	Bool	%Q3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22		К12_Упор Вверх	Bool	%Q3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23		К13_Упор Вниз	Bool	%Q3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24		К14_Смазка	Bool	%Q3.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25		К15_Ворошитель Вверх	Bool	%Q4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26		К16_Ворошитель Вниз	Bool	%Q4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27		К17_Отсекатель Вверх	Bool	%Q4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28		К18_Отсекатель Вниз	Bool	%Q4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29		К19_Разгрузка	Bool	%Q4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30		К4_Подаяющ.рол. Вперед	Bool	%Q4.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31		К5_Подаяющ.рол. Назад	Bool	%Q4.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32		К6_Подаяющ.рол. Быстро	Bool	%Q4.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рисунок 6.5 – Таблица выходных тэгов

Для инициализации процесса создаем блоки (рисунок 6.6).

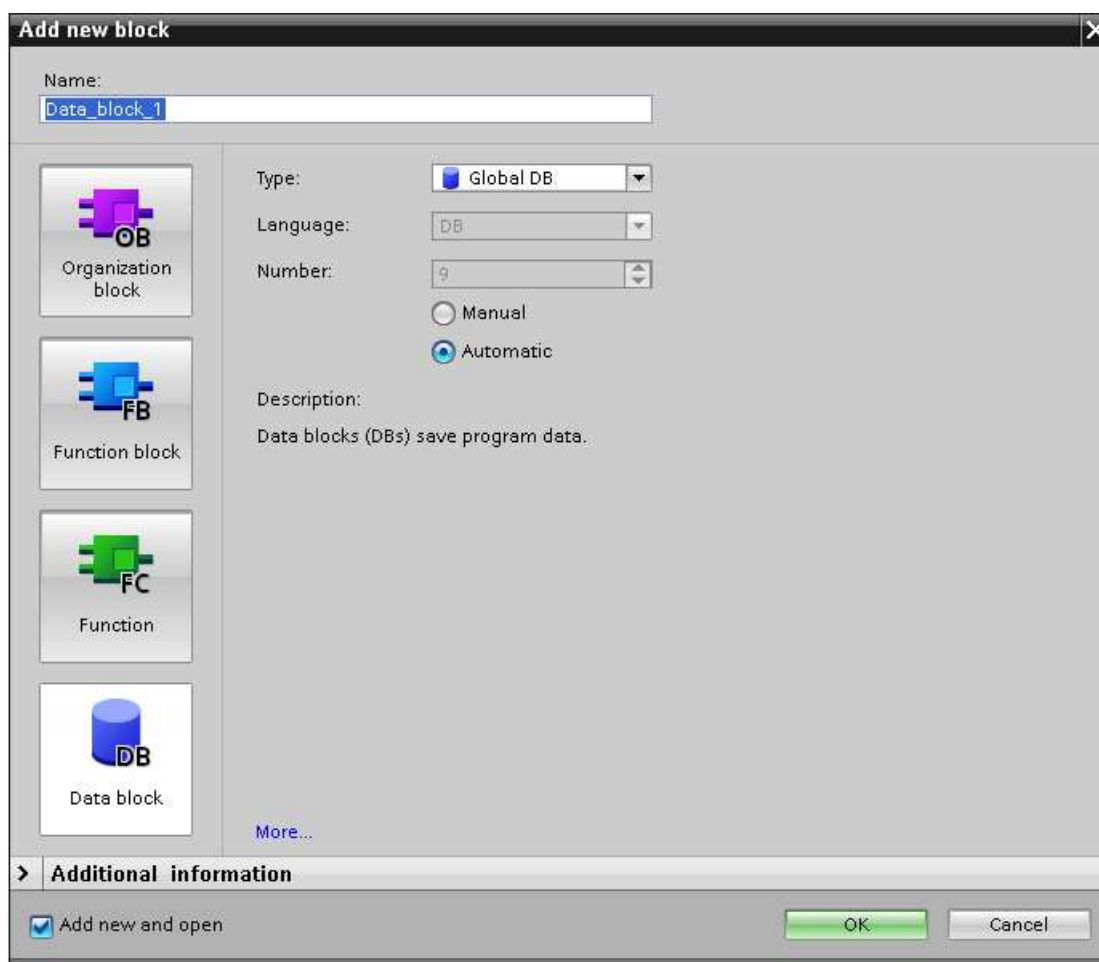


Рисунок 6.6 – Создание блоков программы

Для создания OB, FB, FC и глобальных DB используем диалоговое окно "Add new block [Добавить новый блок]", которое открывается через "Program blocks [Программные блоки]" в дереве проекта. Когда создаем кодовый блок, выберем язык программирования для этого блока. Не выбираем язык программирования для DB, так как он только хранит данные.

В качестве языка программирования можно выбрать цепную логическую схему (ladder logic, LAD), называемую также контактным планом, или функциональную блоксхему (Function Block Diagram, FBD), называемую также функциональным планом. В данном случае выбираем цепную логическую схему LAD.

LAD – это графический язык программирования. Это представление основано на схемах электрических соединений (рисунок 6.7).



Рисунок 6.7 – Пример графического языка программирования

Контакты LAD бывают замыкающими и размыкающими. Их можно соединять друг с другом, создавая свою собственную комбинационную логику (рисунок 6.8).



Рисунок 6.8 – Замыкающий и размыкающий контакты LAD соответственно

Команда для выхода катушки реле записывает значение в выходной бит.

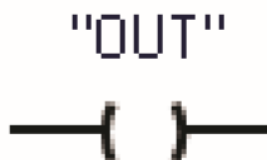


Рисунок 6.9 – Выходная катушка LAD

Выходная катушка LAD (рисунок 6.9) так же имеет установку и сброс одного бита:

- если S (Set [Установить]) активизирован, то значение данных на адресе OUT устанавливается в 1. Если S не активизирован, то OUT не изменяется;

- если R (Reset [Сбросить]) активизирован, то значение данных на адресе OUT устанавливается в 0. Если R не активизирован, то OUT не изменяется.





Рисунок 6.10 – Команды LAD установки и сброса

## 6.1 Main (OB1)

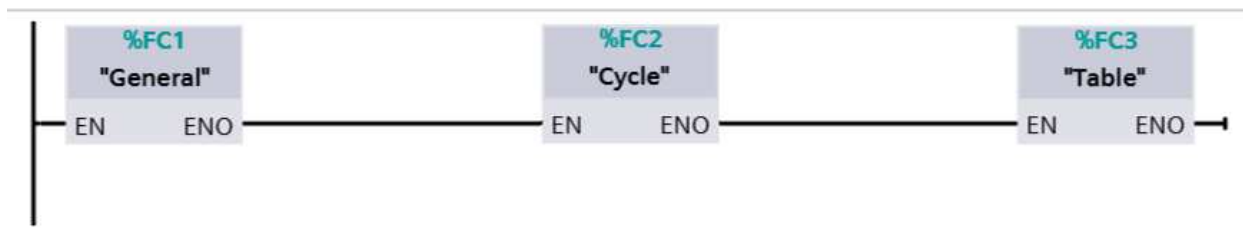


Рисунок 6.11 – Организационные блоки

ОВ (рисунок 6.11) управляют исполнением программы пользователя. Каждый ОВ должен иметь уникальный номер. Некоторые номера ниже 200 зарезервированы для определенных ОВ. Все остальные ОВ должны обладать номерами больше 200. Исполнение организационного блока инициализируется определенными событиями в CPU. ОВ не могут вызывать друг друга или вызываться из FC или FB. Только стартовое событие, например, диагностическое прерывание или интервал времени, может запустить исполнение ОВ. CPU обрабатывает ОВ в соответствии с их классами приоритета, причем в первую очередь обрабатываются ОВ с более высоким классом приоритета. Самым низким классом приоритета является 1 (для главного программного цикла), а наивысшим классом приоритета является 27 (для ошибок, связанных с временем).

ОВ управляют следующими процессами:

- ОВ программного цикла исполняются циклически, когда CPU находится в режиме RUN. Основной блок программы является ОВ программного цикла. Он содержит команды для управления вашим приложением, и из него вызываются другие пользовательские блоки. Допустимы несколько ОВ про-

граммного цикла, они выполняются в порядке номеров. ОВ 1 является стандартным блоком. Другие ОВ программного цикла должны быть обозначены как ОВ 200 или выше;

- ОВ запуска выполняются один раз, когда режим работы CPU меняется из STOP в RUN, при запуске в режим RUN и в случае предписанного перехода из STOP в RUN. Затем начинается исполнение ОВ программного цикла. Допустимы несколько ОВ запуска. Стандартным блоком является ОВ 100. Все остальные ОВ должны иметь номера, начиная с 200;

- ОВ прерываний с задержкой исполняются с определенным запаздыванием после события, сконфигурированного в команде запуска прерывания (SRT\_DINT). Время задержки указывается во входном параметре расширенной команды SRT\_DINT. ОВ прерываний с задержкой прерывает нормальное исполнение циклической программы, когда истекает указанное время задержки. Вы можете сконфигурировать до 4 событий типа "Задержка времени" в любой момент, причем для каждого такого события допустим только один ОВ. ОВ прерываний с задержкой должен иметь номер 200 или выше;

- ОВ циклических прерываний исполняются через определенные интервалы времени. ОВ циклических прерываний прерывает исполнение циклической программы через интервалы, определенные пользователем, например, каждые 2 секунды. Вы можете сконфигурировать до 4 событий типа "Циклическое прерывание", причем для каждого такого события допустим только один ОВ. Этот ОВ должен иметь номер 200 или выше;

- ОВ аппаратных прерываний исполняются, когда происходит соответствующее событие в аппаратуре, например, нарастающий или падающий фронт на встроенном цифровом входе или событие, связанное с HSC. ОВ аппаратных прерываний прерывает нормальное исполнение циклической программы в ответ на сигнал от события в аппаратуре. Эти события определяются в свойствах конфигурации аппаратуры. Для каждого сконфигурированного события в аппаратуре допустим один ОВ. Этот ОВ должен иметь номер 200 или выше.

- ОВ ошибок времени исполняются при обнаружении такой ошибки. ОВ ошибок времени прерывает нормальное исполнение циклической программы, если превышено максимальное время цикла. Максимальное время цикла определяется в свойствах ПЛК. Для ошибок времени допустим исключительно ОВ 80. Вы можете определить, что должно произойти, если ОВ 80 отсутствует: игнорировать ошибку или перейти в STOP;

- ОВ диагностических прерываний исполняется, когда обнаруживается диагностируемая ошибка, и о ней поступает сообщение. ОВ диагностических прерываний прерывает нормальное исполнение циклической программы, если модуль, обладающий диагностическими свойствами, распознает ошибку (если диагностическое прерывание активизировано для этого модуля). Для диагностических прерываний допустим только ОВ 82. Если в программе нет ОВ 82, то вы можете настроить CPU, чтобы игнорировать ошибку или перейти в STOP.

## **6.2 General (FC1)**

Функция (FC) – это кодовый блок, который обычно выполняет определенную операцию с набором входных значений. FC сохраняет результаты этой операции в определенных местах памяти.

Можно использовать FC для выполнения следующих задач:

- стандартные и многократно выполняемые операции, например, математические расчеты;
- выполнения технологических функций, например, для отдельных процессов управления, использующих двоичную логику.

FC может также вызываться несколько раз в различных местах программы. Это повторное использование упрощает программирование часто повторяющихся задач.

У FC нет связанного с ним экземплярного блока данных (DB). FC использует стек локальных данных для временных данных, используемых для

расчета. Временные данные не сохраняются. Для длительного хранения данных выходная величина должна быть присвоена адресу в глобальной памяти, например, в М-памяти или в глобальном DB [11].

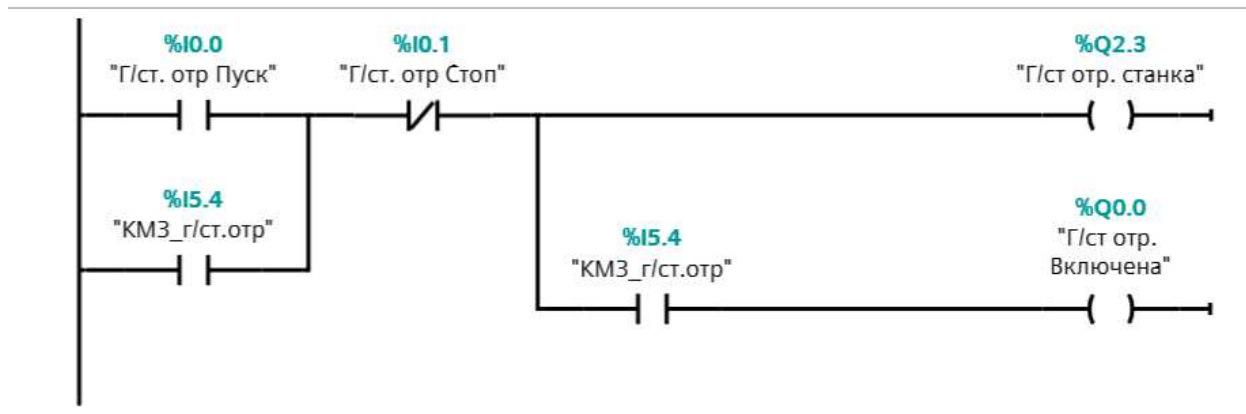


Рисунок 6.12 – Схема включения гидростанции отрезного станка

Включение гидростанции отрезного станка (рисунок 6.12) (O2.3) производится нажатием кнопки «Гидростанция пуск» (I0.0). Подтверждение работы осуществляется замыканием контакторов катушки КМ3 (I5.4) и включению лампы «Гидростанция включена» (O0.0). Остановка производится нажатием кнопки «Гидростанция и пила стоп» (I0.1).

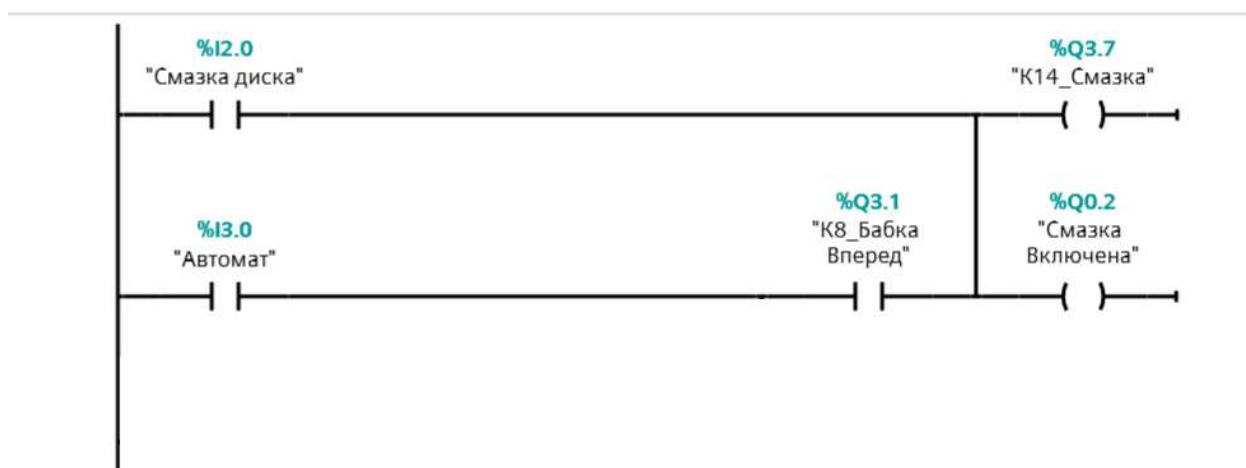


Рисунок 6.13 – Схема включения смазки диска

Включение промежуточного реле К14 смазки диска (O3.7) и лампы «Смазка включена» (O0.2) производится двумя способами: переключателем «Смазка диска» в положение ВКЛ (I2.0); включением режима «Автомат» (I3.0) и если бабка пильного диска движется вперед (O3.1) (рисунок 6.13).

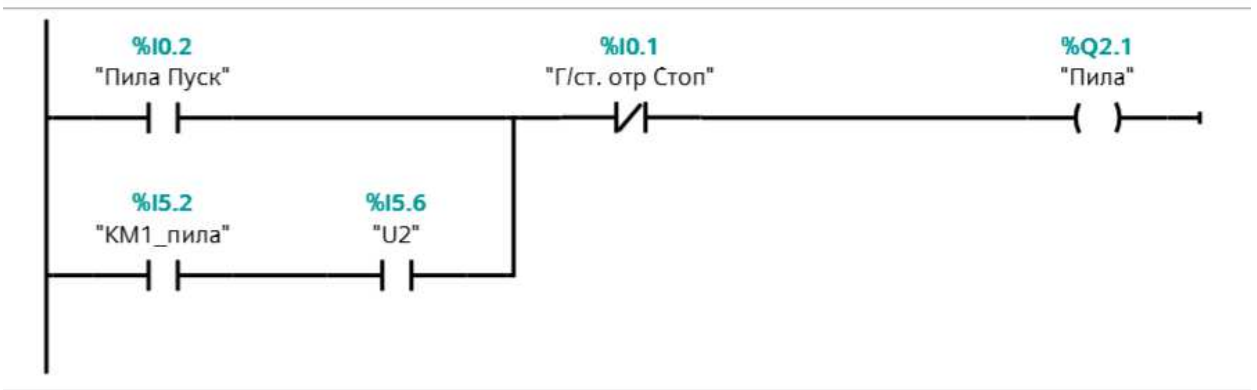


Рисунок 6.14 – Схема включения пилы

Пила (O2.1) включается путем нажатия кнопки «Пила пуск» (I0.2) и замыканию контакторов катушки KM1 (I5.2) и устройства защиты двигателя U2 (I5.6). Отключение производится нажатием кнопки «Гидростанция и пила стоп» (I0.1) (рисунок 6.14).

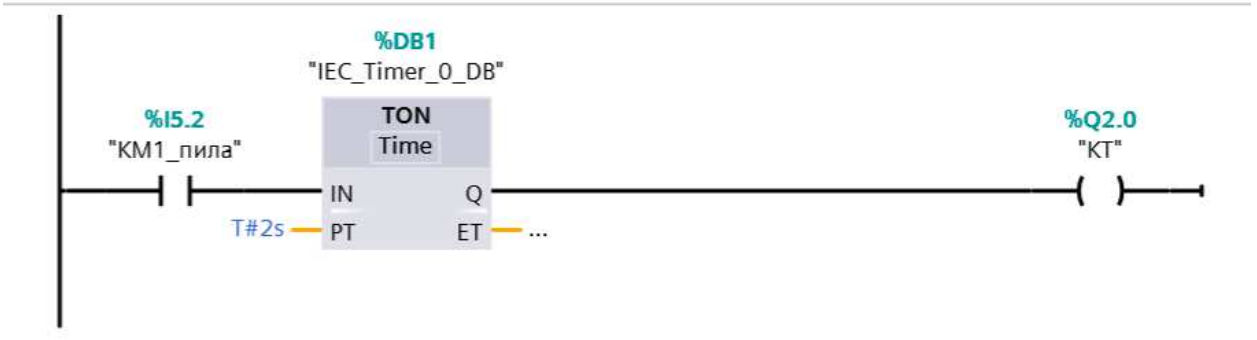


Рисунок 6.15 – Схема включения задержки на амперметр

Включение промежуточного реле КТ (O2.0) осуществляется замыканию контакторов катушки KM1 (I5.2). Через две секунды реле КТ отключается (рисунок 6.15).

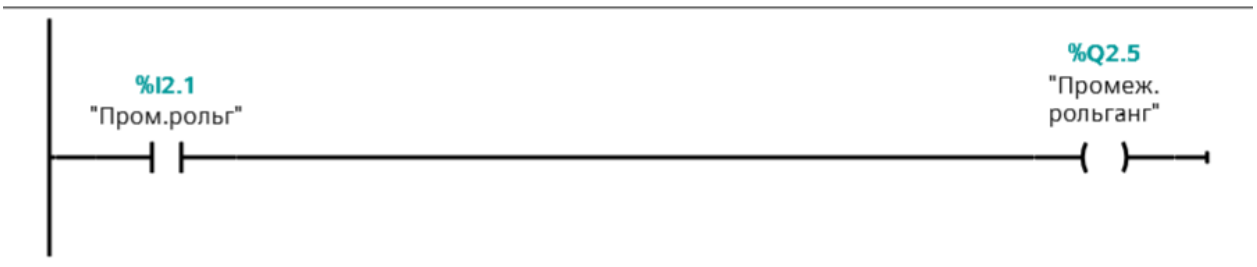


Рисунок 6.16 – Схема включения промежуточного рольганга

Переключателем «Промежуточный рольганг» в положение ВКЛ (I2.1) происходит включение промежуточного рольганга (O2.5) (рисунок 6.16).

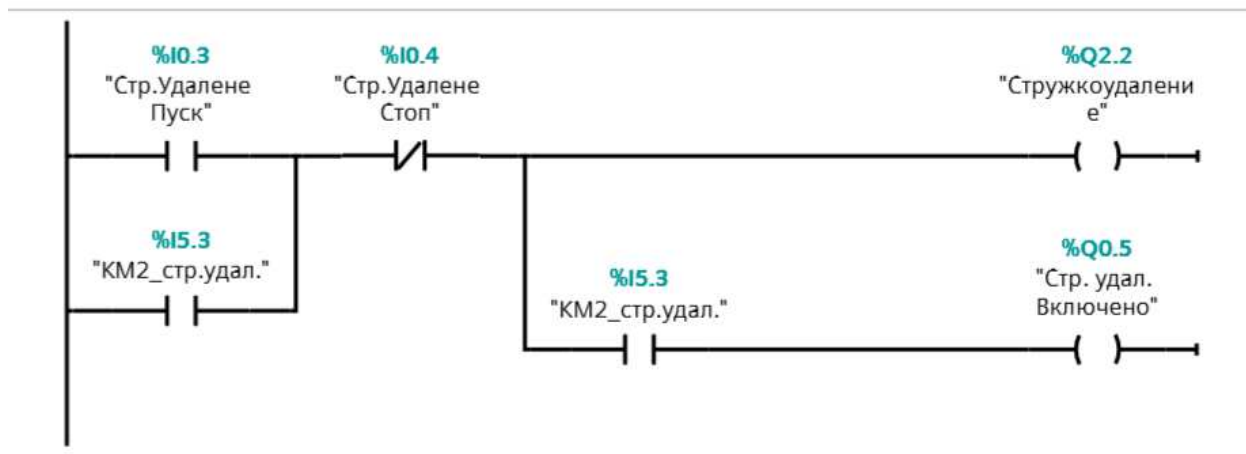


Рисунок 6.17 – Схема включения стружкоудаления

Включение стружкоудаления (O2.2) производится нажатием кнопки «Стружкоудаление пуск» (I0.3). Подтверждение работы осуществляется замыканием контакторов катушки KM2 (I5.3) и включению лампы «Стружкоудаление включено» (O0.5). Остановка производится нажатием кнопки «Гидростанция и пила стоп» (I0.4) (рисунок 6.17).

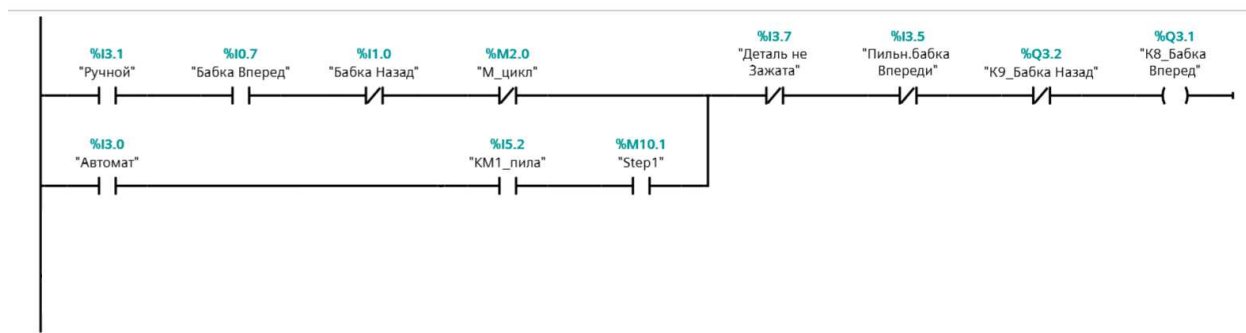


Рисунок 6.18 – Схема включения бабки пильного диска вперед

Осуществление движения бабки пильного диска вперед включением промежуточного реле K8 (O3.1) производится включением режима «Ручной» (I3.1) и нажатием кнопки «Бабка вперед» (I0.7), а так же при включении режима «Автомат» (I3.0), замыканию контакторов катушки KM1 (I5.2) и выполнения шага «Step1» (M10.1). Блокировка движения бабки пильного диска происходит при нажатии кнопки «Бабка назад» (I1.0), запущен «М цикл» (M2.0),

деталь не зажата (I3.7), бабка пильного диска впереди (I3.5) и работе промежуточного реле К9 (O3.2) (рисунок 6.18).

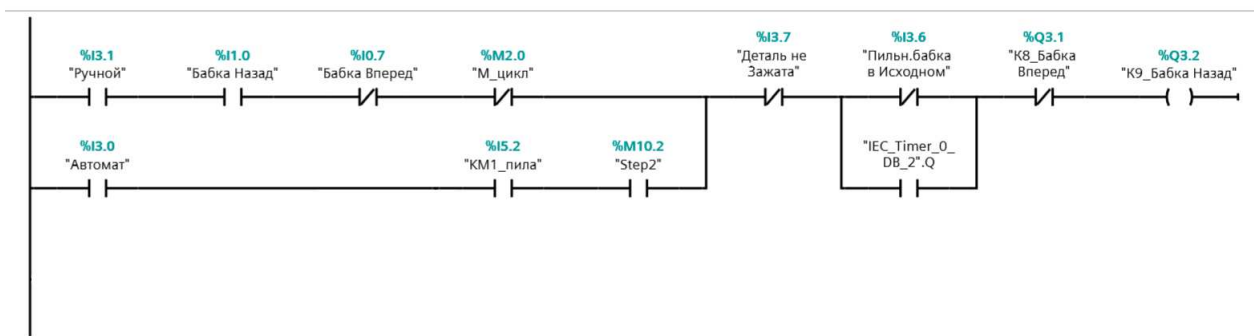


Рисунок 6.19 – Схема включения бабки пильного диска назад

Осуществление движения бабки пильного диска назад замыканием промежуточного реле К9 (O3.2) производится включением режима «Ручной» (I3.1) и нажатием кнопки «Бабка назад» (I1.0); при включении режима «Автомат» (I3.0), замыканию контакторов катушки КМ1 (I5.2) и выполнения шага «Step2» (M10.2); при замене пильного диска (DB8). Блокировка движения бабки пильного диска происходит при нажатии кнопки «Бабка вперед» (I0.7), запущен «М цикл» (M0.2), деталь не зажата (I3.7), бабка пильного диска в исходном состоянии (I3.6) и срабатывании промежуточного реле К8 (O3.1) (рисунок 6.19).

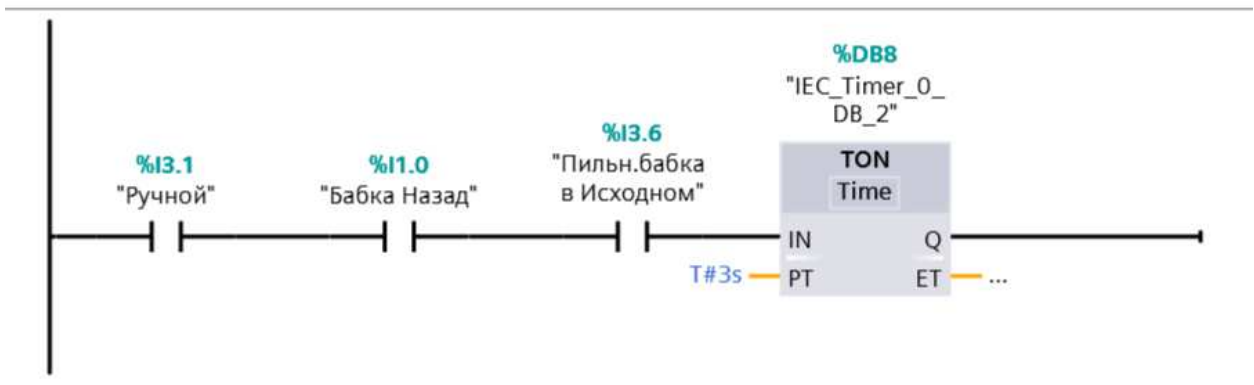


Рисунок 6.20 – Схема включения при условии смены пильного диска

Условие смены пильного диска (DB8) осуществляется при включении режима «Ручной» (I3.1), бабка пильного диска в исходном состоянии (I3.6) и при нажатии кнопки «Бабка назад» (I1.0) в течении трех секунд. Бабка отъезжает назад от исходного состояния для удобной замены диска (рисунок 6.20).



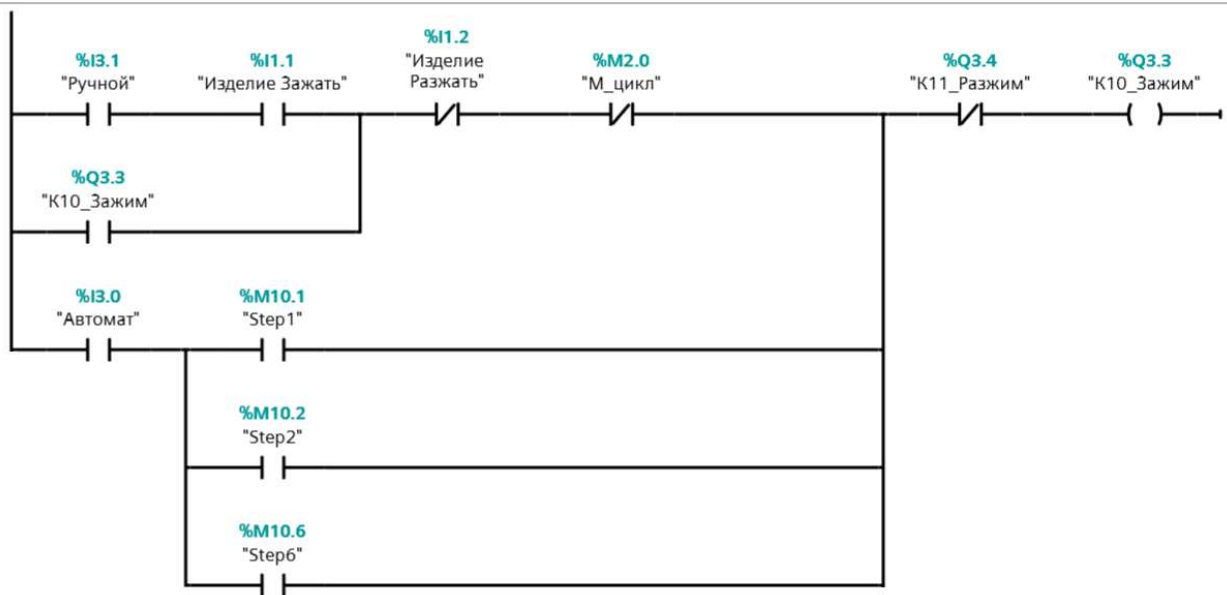


Рисунок 6.21 – Схема включения зажима

Зажим при срабатывании промежуточного реле К10 (О3.3) происходит при включении режима «Ручной» (I3.1) и нажатии кнопки «Изделие зажать» (I1.1); при включении режима «Автомат» (I3.0) и выполнению одного из условий «Step1» (M10.1), «Step2» (M10.2), «Step6» (M10.6). Блокировка зажатия осуществляется при нажатии кнопки «Изделие разжать» (I1.2), запущен «М цикл» (M2.0) и срабатывании промежуточного реле К11 (О3.4) (рисунок 6.21).

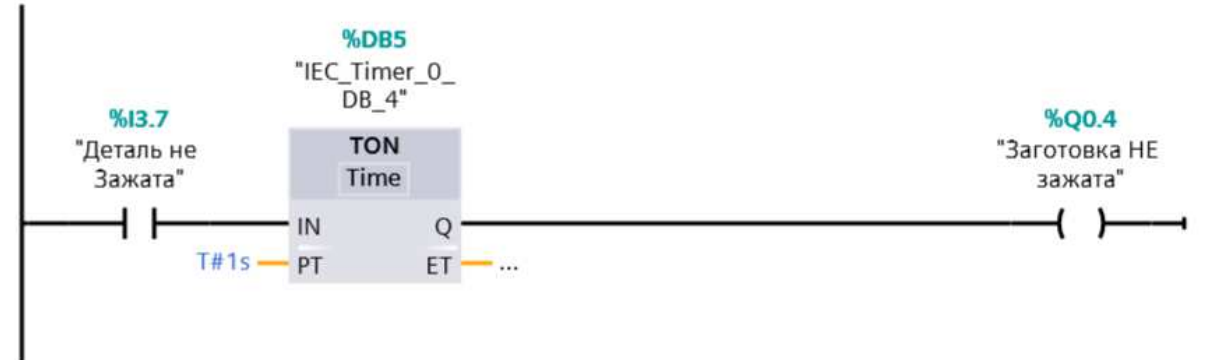


Рисунок 6.22 – Схема включения лампы «Заготовка не зажата»

При получении сигнала о том что деталь не зажата (I3.7), с помощью таймера (DB5) через одну секунду загорается лампа «Заготовка не зажата» (O0.4) (рисунок 6.22).

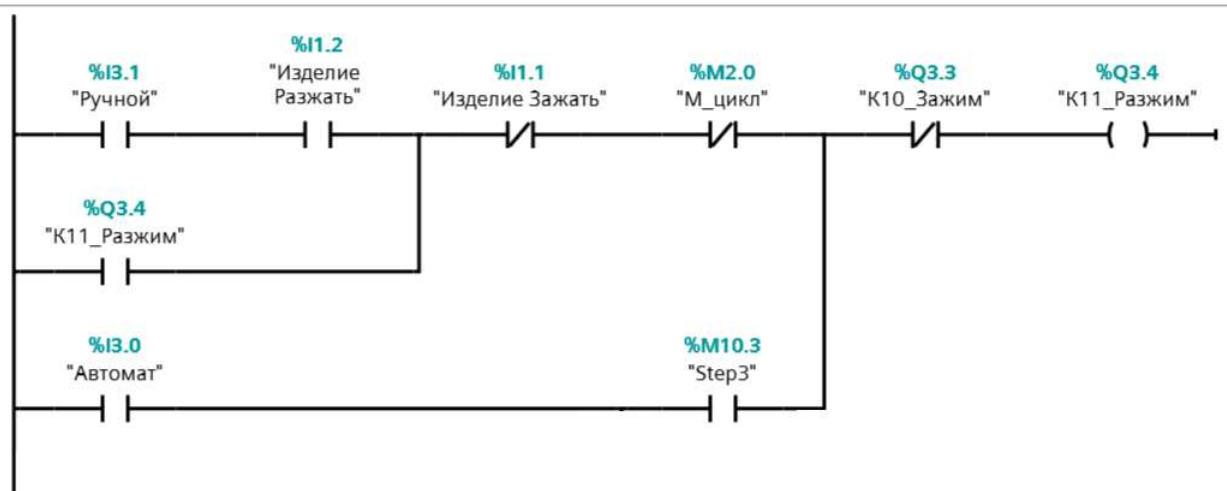


Рисунок 6.23 – Схема включения разжима

Разжим при работе промежуточного реле К11 (О3.4) происходит при включении режима «Ручной» (I3.1) и нажатии кнопки «Изделие разжать» (I1.2); при включении режима «Автомат» (I3.0) и выполнении шага «Step3» (M10.3). Блокировка разжатия осуществляется при нажатии кнопки «Изделие зажать» (I1.2), запуске «М цикл» (M2.0) и срабатывании промежуточного реле К10 (О3.3) (рисунок 6.23).

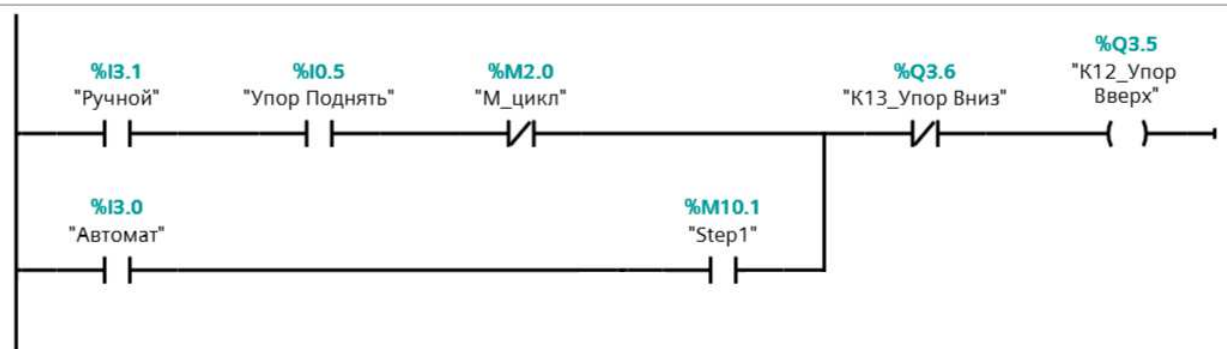


Рисунок 6.24 – Схема включения упора вверх

Упор вверх срабатыванием промежуточного реле К12 (О3.5) включается при включении режима «Ручной» (I3.1) и нажатии кнопки «Упор вверх» (I0.5), а так же при включении режима «Автомат» (I3.0) и выполнении шага «Step1» (M10.1). Блокировка включения упора вверх происходит если запущен «М цикл» (M2.0) и сработано промежуточное реле К13 (О3.6) (рисунок 6.24).

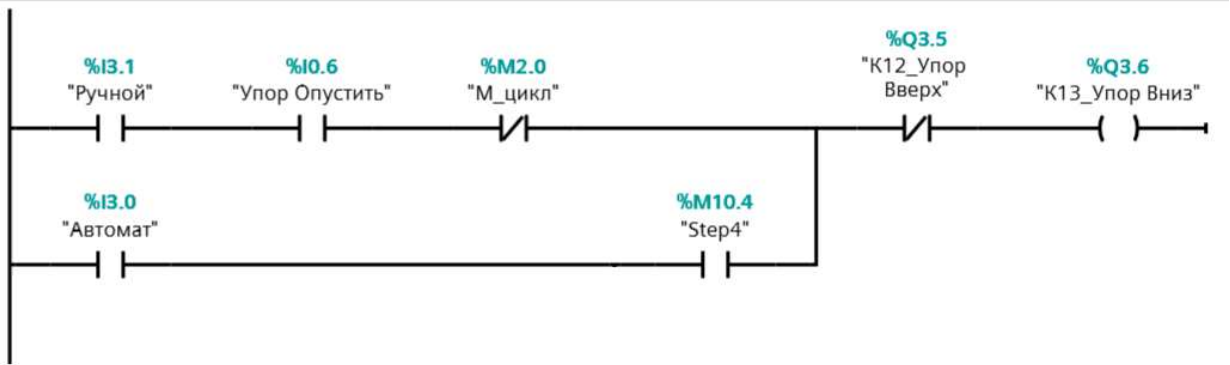


Рисунок 6.25 – Схема включения упора вниз

Включение упора вниз срабатыванием промежуточного реле К13 (О3.6) осуществляется при включении режима «Ручной» (I3.1) и нажатие кнопки «Упор вниз» (I0.6), а так же при включении режима «Автомат» (I3.0) и выполнения условия «Step4» (M10.4). Блокировка выполнения упора вниз производится если запущен «М цикл» (M2.0) и сработано промежуточное реле К12 (О3.5) (рисунок 6.25).

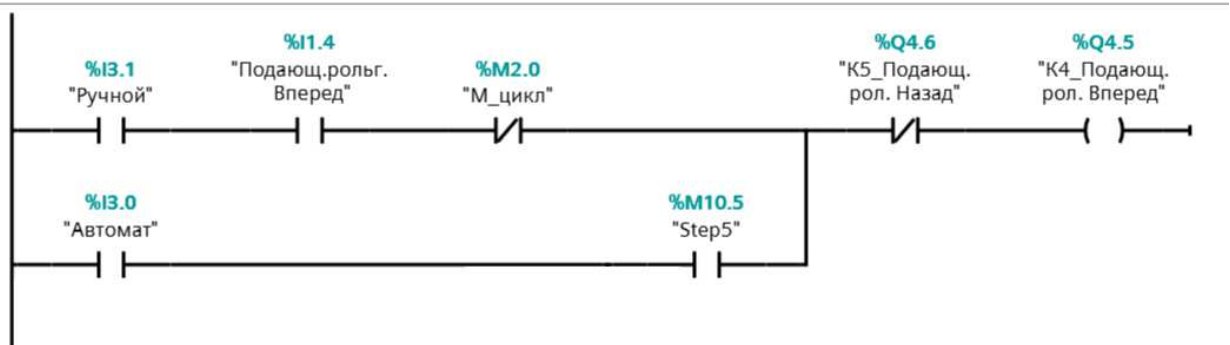


Рисунок 6.26 – Схема включения подающего рольганга вперед

Подающий рольганг вперед при срабатывании промежуточного реле К4 (О4.5) начинает работу при включении режима «Ручной» (I3.1) и нажатии кнопки «Подающий рольганг вперед» (I1.4), так же при включении режима «Автомат» (I3.0) и выполнения шага «Step5» (M10.5). Блокирование подающего рольганга вперед происходит если запущен «М цикл» (M2.0) и сработано промежуточное реле К5 (О4.6) (рисунок 6.26).



Рисунок 6.27 – Схема включения подающего рольганга назад

Подающий рольганг назад замыканием промежуточного реле К5 (О4.6) начинает работу при нажатии на кнопку «Подающий рольганг назад» (I1.5). Блокирование производится если запущен «М цикл» (M2.0) и сработании промежуточное реле К4 (О4.5) (рисунок 6.27).

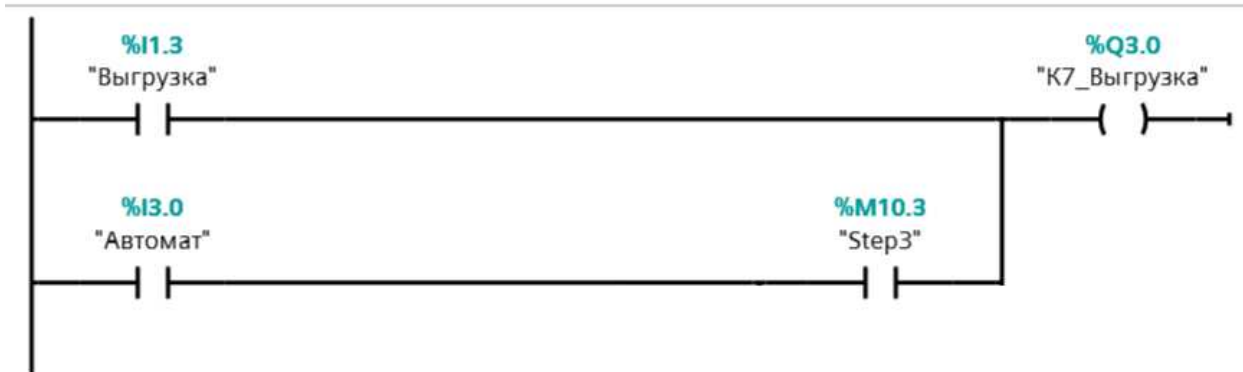


Рисунок 6.28 – Схема включения выгрузки

Выгрузка при срабатывании реле К7 (О3.0) происходит при нажатии кнопки «Выгрузка» (I1.3), а так же при включении режима «Автомат» (I3.0) и выполнения шага «Step3» (M10.3) (рисунок 6.28).

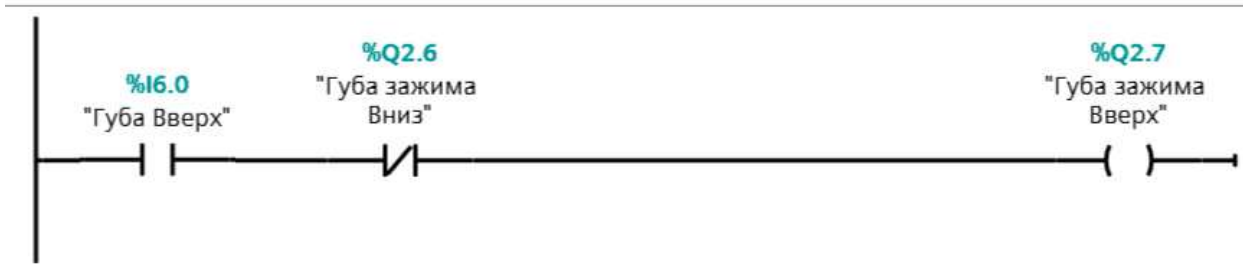


Рисунок 6.29 – Схема включения губы вверх

Губа вверх (O2.7) начинает работу при нажатии кнопки «Губа вверх» (I6.0). Работа блокируется при нажатии кнопки «Губа вниз» (O2.6) (рисунок 6.29).

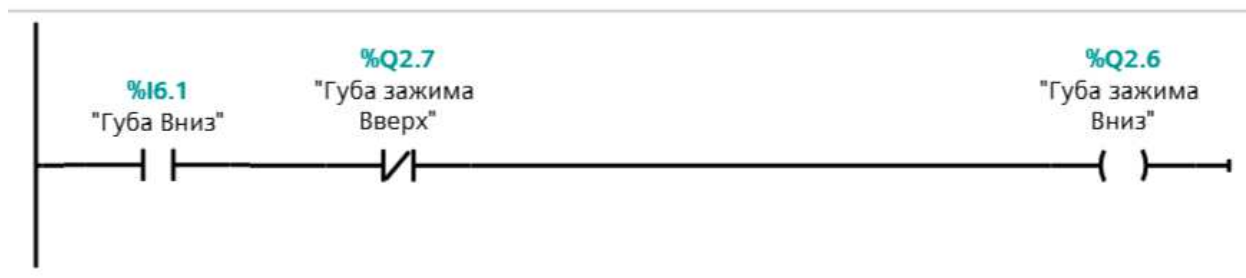


Рисунок 6.30 – Схема включения губы вниз

Губа вниз (O2.6) начинает работу при нажатии кнопки «Губа вниз» (I6.1). Работа блокируется при нажатии кнопки «Губа вверх» (O2.7) (рисунок 6.30).

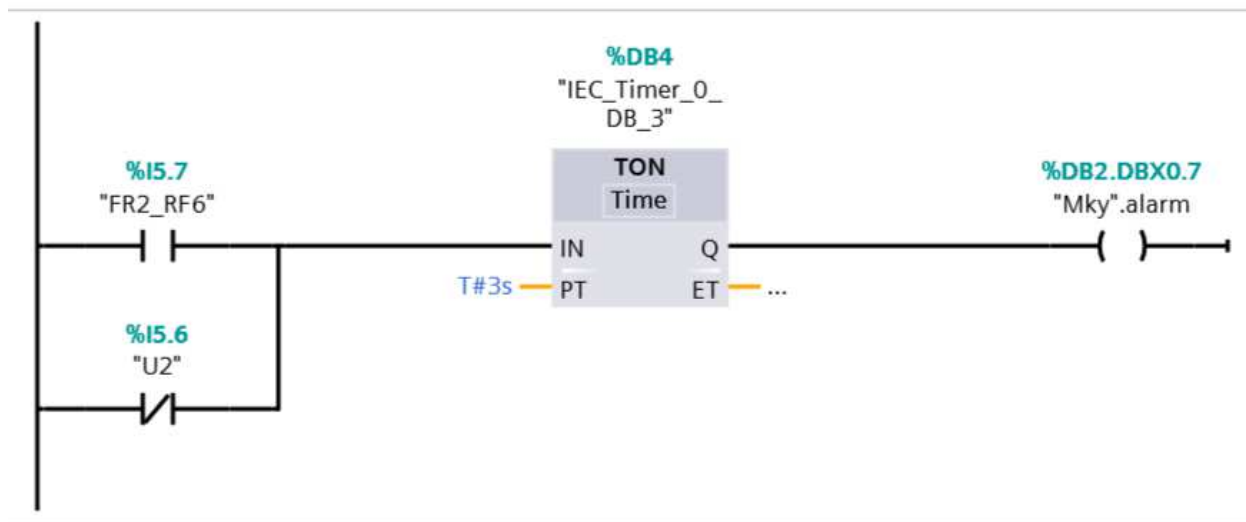


Рисунок 6.31 – Схема включения аварийной сигнализации

При замыкании контактов тепловых реле FR2-FR6 (I5.7) или отключения контактов устройства защиты двигателя U2 (I5.6) с помощью таймера (DB4) через три секунды на экране панели оператора появляется сообщение «Авария! Тепловые!» (рисунок 6.31).

### 6.3 Cycle (FC2)

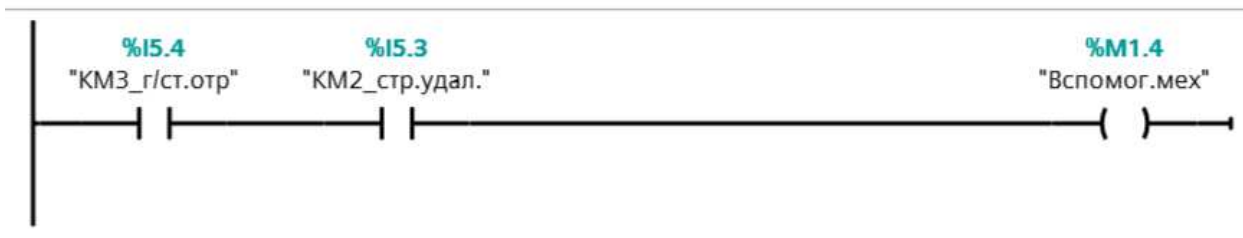


Рисунок 6.32 – Готовность вспомогательных механизмов

Готовность вспомогательных механизмов (M1.4) выполняется при замыкании контакторов катушки гидростанции отрезного станка КМ3 (I5.4) и стружкоужаления КМ2 (I5.3) (рисунок 6.32).



Рисунок 6.33 – Условия для реза

Условие для разрезания изделия (M2.1) выполняется при готовности вспомогательных механизмов (M1.4), бабка пильного диска в исходном состоянии (I3.6), деталь зажата (I3.7) и замыкании контакторов катушки пилы КМ1 (I5.2) (рисунок 6.33).

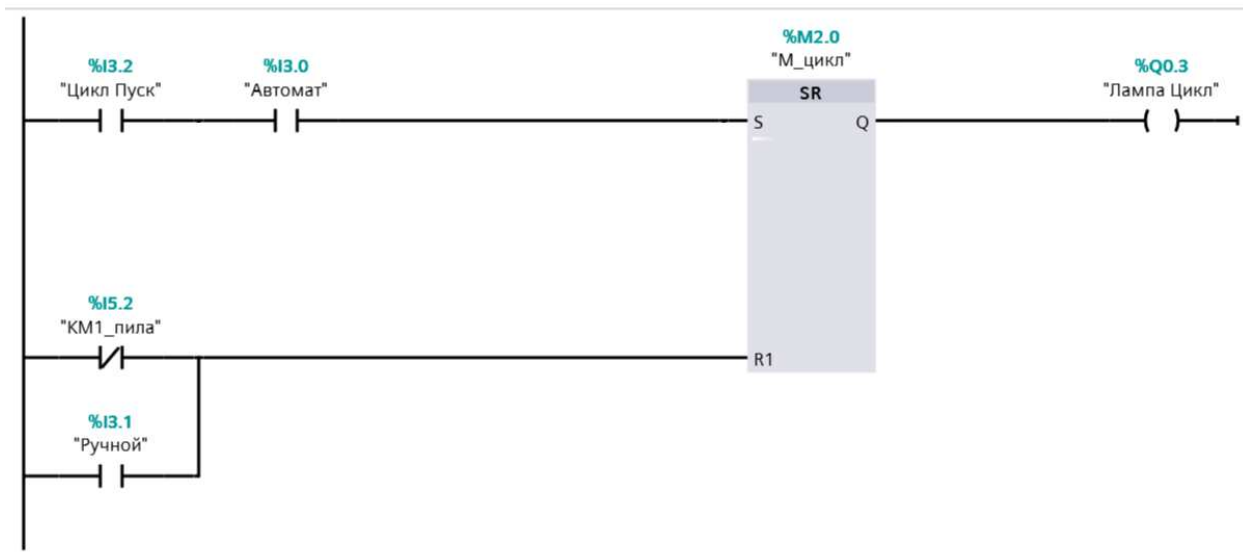


Рисунок 6.34 – Схема включения цикла

Включение цикла и лампы «Цикл» (O0.3) осуществляется при нажатии кнопки «Цикл пуск» (I3.2), включении режима «Автомат» (I3.0) и выполнении «М цикла» (M2.0) при замыкании контакторов катушки пилы KM1 (I5.2). Выключение цикла, лампы и соответственно «М цикла» производится при отключении пилы или включению режима «Ручной» (I3.1) (рисунок 6.34).

«М цикл» – это триггер с преимуществом сброса. Если сигналы установки (S) и сброса (R1) одновременно принимают значение истина, то выходной адрес OUT устанавливается в 0.



Рисунок 6.35 – Схема выполнения первого шага

Первый шаг (рисунок 6.35) (M10.1) выполняется при условии выполнения «М цикла» (M2.0), нажата кнопка «Цикл пуск» (I3.2), включен режим «Автомат» (I3.0), бабка пильного диска в исходном состоянии (I3.6), деталь зажата (I3.7), включена пила (I5.2). Для повторения цикла используется контакт шага «Step6» (M10.6), который замыкается при завершении предыдущего цикла.

При выполнении первого шага бабка пильного диска движется вперед, упор поднимается вверх.

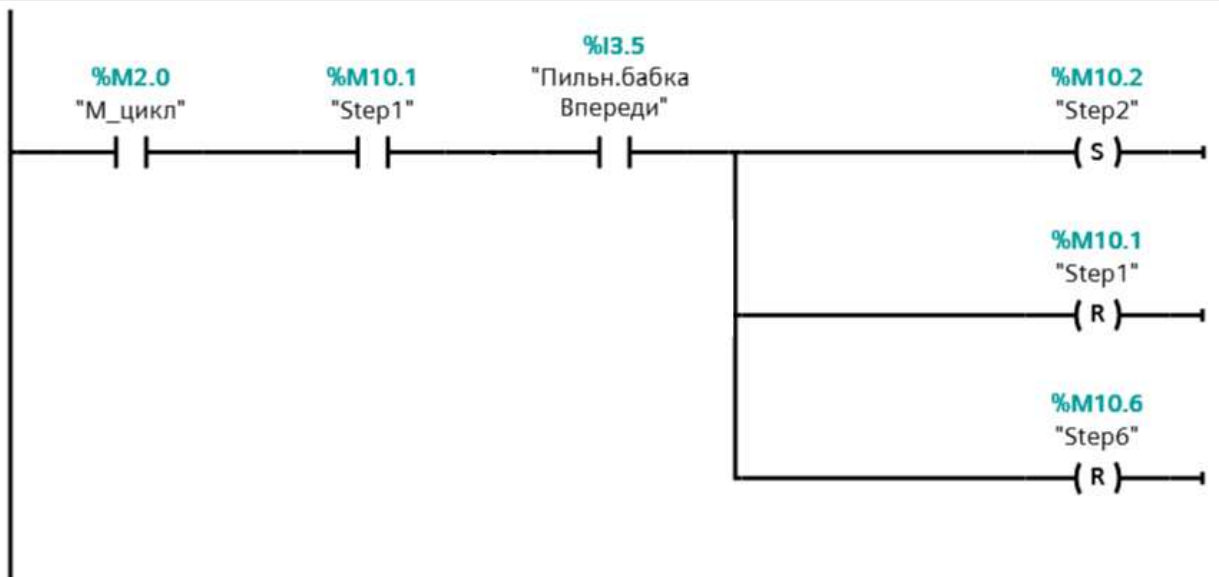


Рисунок 6.36 – Схема выполнения второго шага

Второй шаг (рисунок 6.36) (M10.2) выполняется при выполнении «М цикла» (M2.0), «Step1» (M10.1) и если бабка пильного диска впереди (I3.5). Шаг «Step1» и «Step6» заканчивают работу если пильная бабка впереди.

При выполнении второго шага бабка пильного диска движется назад.



Рисунок 6.37 – Схема выполнения третьего шага

Третий шаг (рисунок 6.37) (M10.3) начинается при выполнении «М цикла» (M2.0), «Step2» (M10.2) и если бабка пильного диска в исходном состоянии (I3.6).

При выполнении третьего шага деталь разжимается, выгружается распиленный материал.





Рисунок 6.38 – Схема выполнения четвертого шага

Второй шаг прекращается при выполнении третьего шага. Четвертый шаг (M10.4) начинается с помощью таймера (DB3) через одну секунду после того как выполняются условия: сработал «М цикл» (M2.0), выполнен «Step3» (M10.3), деталь не зажата (I3.7), включен режим «Автомат» (I3.0).

Четвертый шаг опускает упор вниз (рисунок 6.38).



Рисунок 6.39 – Схема выполнения пятого шага

Третий шаг прекращает свою работу при выполнении четвертого шага. Пятый шаг (M10.5) выполняется при: сработал «М цикл» (M2.0), выполнен «Step4» (M10.4), упор вниз (I4.2), деталь не зажата (I3.7).

Пятый шаг включает подающий рольганг вперед (рисунок 6.39).

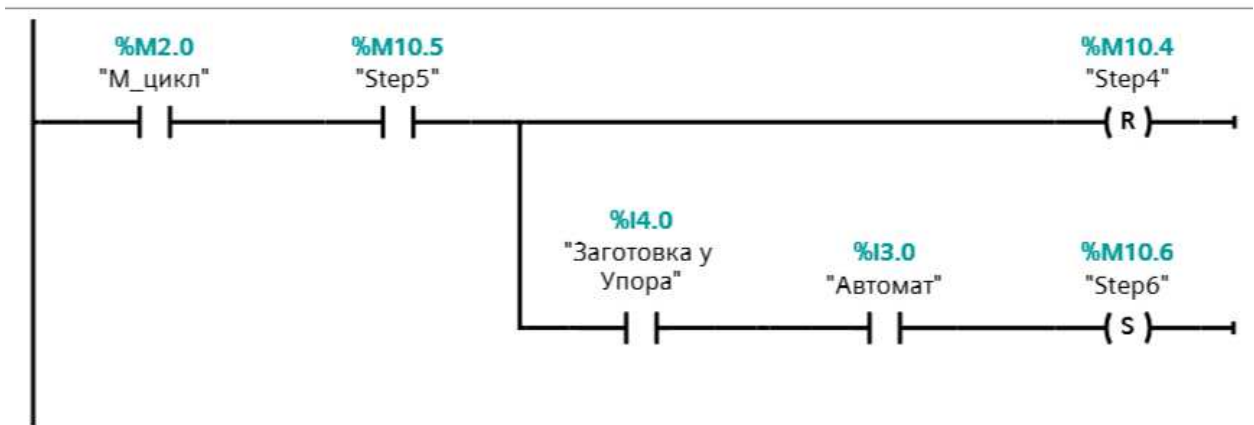


Рисунок 6.40 – Схема выполнения шестого шага

Четвертый шаг останавливается при выполнении пятого шага. Шестой шаг (M10.6) начинает работу при выполнении условий: сработал «М цикл» (M2.0), выполнен «Step5» (M10.5), заготовка у упора (I4.0), включен режим «Автомат» (I3.0).

Шестой шаг зажимает изделие, заканчивает цикл (рисунок 6.40).

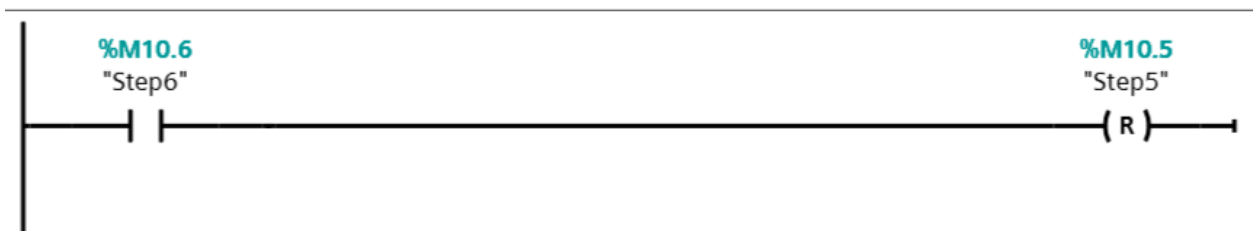


Рисунок 6.41 – Схема отключения пятого шага

При выполнении шестого шага, пятый шаг прекращается (рисунок 6.41).

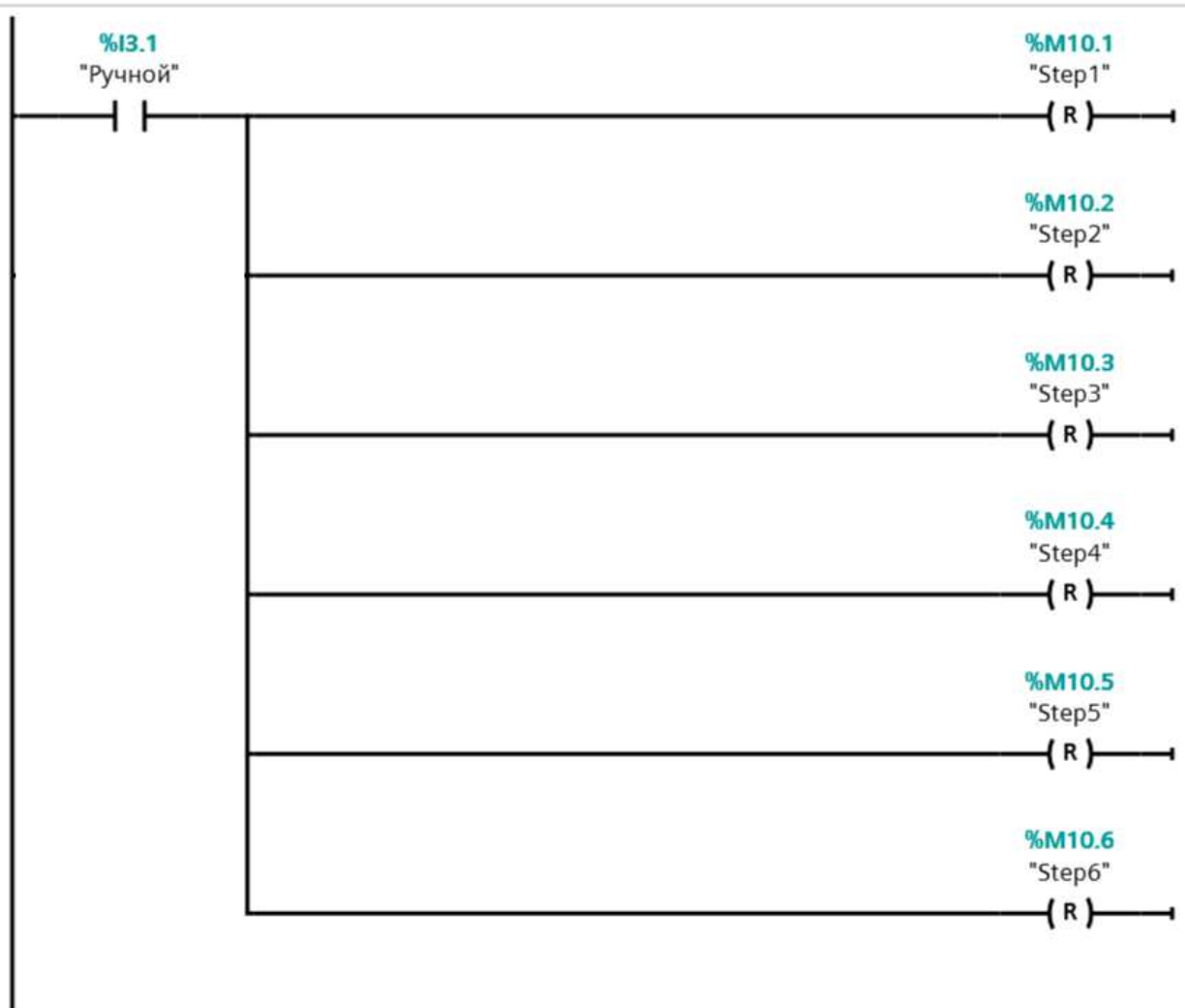


Рисунок 6.42 – Схема сброса всех шагов

При включении режима «Ручной» (I3.1) все шаги сбрасываются, работа станка останавливается (рисунок 6.42).

### 6.3 Table (FC3)



Рисунок 6.43 – Схема включения отсекателя вверх

Отсекатель вверх при срабатывании промежуточного реле К17 (О4.2) запускается при включении режима питателя «Ручной» (I2.6) и нажатием кнопки «Отсекатель вверх» (I2.4). Блокировка отсекаателя вверх происходит если отсекатель вверху (I4.5) и сработано промежуточное реле К18 (О4.3) (рисунок 6.43).



Рисунок 6.44 – Схема включения отсекаателя вниз

Отсекатель вниз срабатыванием промежуточного реле К18 (О4.3) начинает работу при включении режима питателя «Ручной» (I2.6) и нажатием кнопки «Отсекатель вниз» (I2.5). Блокировка отсекаателя вниз происходит если отсекатель внизу (I4.6) и сработано промежуточное реле К17 (О4.2) (рисунок 6.44).



Рисунок 6.45 – Схема включения ворошителя вверх

Включение ворошителя вверх срабатыванием промежуточного реле К15 (О4.0) осуществляется при включении режима питателя «Ручной» (I2.6) и нажатием кнопки «Ворошитель вверх» (I2.2). Блокирование ворошителя вверх происходит если ворошитель вверху (I4.3) и срабатывании промежуточного реле К16 (О4.1) (рисунок 6.45).



Рисунок 6.46 – Схема включения ворошителя вниз

Включение ворошителя вниз срабатыванием промежуточного реле К16 (О4.1) осуществляется при включении режима питателя «Ручной» (I2.6) и нажатием кнопки «Ворошитель вниз» (I2.3). Блокирование ворошителя вниз происходит если ворошитель внизу (I4.4) и срабатывании промежуточного реле К15 (О4.0) (рисунок 6.46).

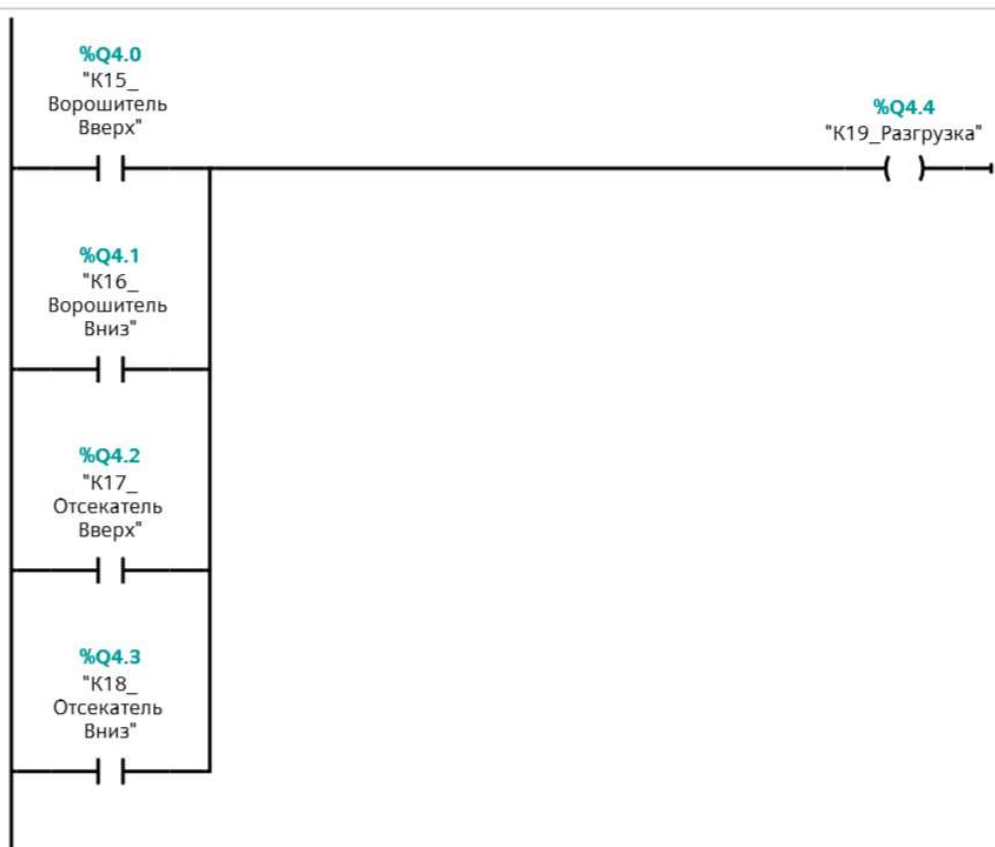


Рисунок 6.47 – Схема включения разгрузки гидростанции

Включение разгрузки гидростанции срабатыванием промежуточного реле К19 (О4.4) происходит при срабатывании одного из нескольких промежуточных реле (К15, К16, К17, К18) (рисунок 6.47).

## 7 Описание панели оператора Weintek MT807iP

В современных системах управления для создания визуализации технологических процессов зачастую применяют панели оператора Weintek. В основном панель оператора работает в паре с контроллером.

Панель оператора Weintek служит как человеко-машинный интерфейс. В ней отображается информация, получаемая с ПЛК, задается информация, нужная для ПЛК. Но, как в нашем случае, в панели оператора управляющий алгоритм не выполняется.

Для программирования панели оператора применяется пакет программирования Easy Builder PRO – это инструмент для создания систем визуализации. В случае с отрезным круглопильным автоматом с использованием стандартной библиотеки графических объектов высокого качества создана визуализация технологического процесса автомата, как показано на рисунке 7.1.

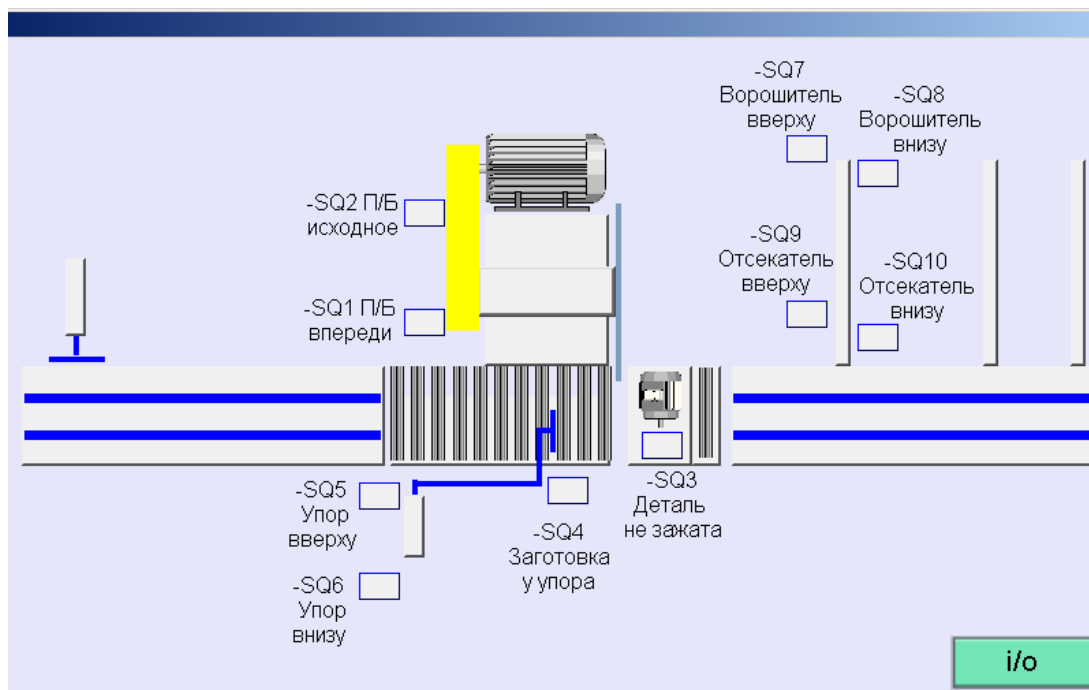


Рисунок 7.1 – Визуализация технологического процесса на панели оператора Weintek MT807iP

На экране операторской панели находятся индикаторы состояния, обозначенные SQ1-SQ10, которые при выполнении условия загораются зеленым цветом. Так же при движении бабки пильного диска, упора, выгрузки, губы

зажима, ворошителя, отсекателя и подающего рольганга на экране появляются индикаторы движения, обозначенные красной стрелкой. При включении тепловых реле в верхнем левом углу экрана появляется сообщение «Авария! Тепловые!». На рисунке 7.2 показана работа всех индикаторов.

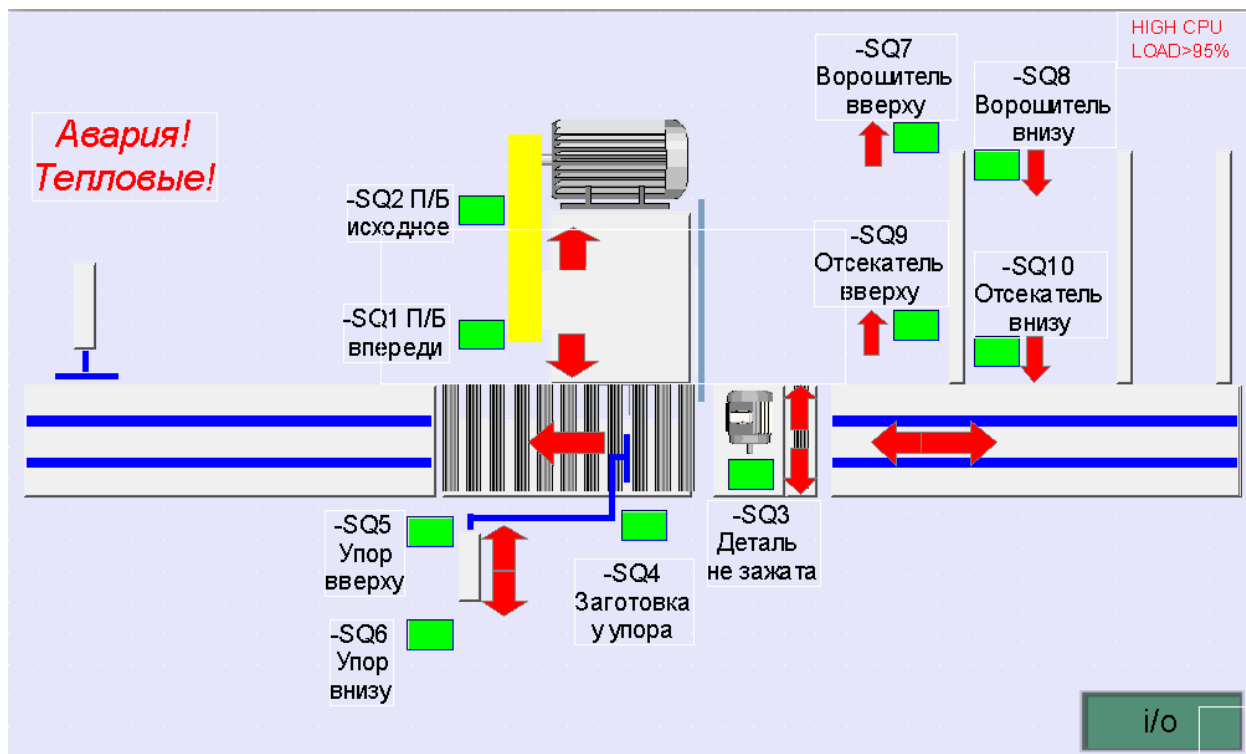


Рисунок 7.2 – Работа всех индикаторов панели оператора Weintek MT807iP

В таблице 7.1 перечислены основные характеристики панели оператора.

Таблица 7.1 – Технические характеристики Weintek MT807iP

Дисплей	Диагональ, дюйм	7
	Разрешение	800x480
	Тип матрицы	TFT
	Тип подсветки	LED
	Контрастность	500:1
	Цветность	16 М
	Яркость, кд/кв. м	300
	Угол обзора	120 <sup>0</sup> /140 <sup>0</sup> (вертикаль/горизонталь)
	Тип сенсора	Резистивный, 4-проводной
	Точность интерпретации нажатий	±2% по горизонтали/вертикали

Таблица 7.2 – Технические характеристики Weintek MT807iP (продолжение)

Дисплей	Продолжительность работы лампы подсветки, час	>30000
Системные характеристики	Операционная система	Проприетарная Linux-based OS
	Среда разработки проектов	EasyBuilder Pro
	Процессор	32-битный RISC Cortex-A8 600 МГц
	RAM	128 Мб
	Flash память	128 Мб
	RTC	Есть
Интерфейсы	Ethernet	1 x 10/100 Base-Tx
	USB	1 x USB 2.0 Host
	Последовательные порты	Com1: RS-232, Com2: RS-485
Требования к электропитанию	Рабочее напряжение	24 ± 20% В пост
	Развязка цепи питания	Есть
	Ток потребления	500 мА
Требования к окружающей среде	Рабочая температура	0 ~ 50°C
	Рабочая влажность	10 ~ 90% без конденсации
	Температура хранения	-20 ~ 60°C
Размеры и вес	Габаритные размеры, мм	200.3x146.3x34
	Вес нетто, кг	0.52



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данной работы была произведена модернизация устаревшей системы управления отрезного круглопильного автомата на новую современную систему ручного и автоматического управления, созданы два новых пульта управления.

В данной работе изложено:

- общее описание о круглопильных автоматах;
- состав и принцип работы оборудования;
- описание программируемых логических контроллеров и модулей Siemens;
- схемы подключения электроприводов, питание контроллера и оборудования, подключение оборудования к ПЛК и модулям;
- описание технологического процесса и режимы работы;
- описание программных обеспечений, как TIA Portal V13 и EasyBuilder PRO, а так же программа управления автоматом;
- описание операторской панели Weintek MT807iP.

На данный момент автомат работает на производстве. При поступлении нового оборудования будет производится дальнейшая работа по усовершенствованию автомата для упрощения работы персоналу, в тоже время профессиональной и точной обработки изделий.

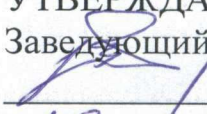
## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стандарт организации «Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности» – СФУ Красноярск, от 2014 № СТО 4.2-07-2014.
2. Круглопильные автоматы [Электронный ресурс] // Сайт «Черметком». – Режим доступа: <https://www.chermet.com/services/otreznaya-obrabotka/kruglopilnye-avtomaty/>.
3. Москаленко, В. В. Электрический привод: учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования / В. В. Москаленко. - Москва : Академия, 2005. - 366 с.
4. Справочник по электрическим машинам: В 2 т./С74 Под общ. ред. И. П. Копылова и Б. К. Клокова. Т. 1. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.: ил. ISBN 5-283-00500-3.
5. Универсальные контроллеры SIMATIC S7-1200 [Электронный ресурс] // Журнал «ИСУП». – Режим доступа: <http://isup.ru/articles/4/7502/>.
6. Преобразователи частоты серии VFD-EL [Электронный ресурс] // Журнал «Преобразователи частоты серии VFD-EL. Системное руководство». – Режим доступа: [https://saa.su/Manual/DELTA/VFD-EL\\_manual\\_rus.pdf](https://saa.su/Manual/DELTA/VFD-EL_manual_rus.pdf).
7. DIN-рейка плюс Mean Well: источники питания для промышленной и домашней автоматизации [Электронный ресурс] // Сайт «Компэл». – Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/na/2012/2/6-din-reyka-plyus-mean-well-istochniki-pitaniya-dlya-promyishlennoy-i-domashney-avtomatizatsii>.
8. Защита электродвигателей МДТ [Электронный ресурс] // Сайт «Воронежская энергетическая компания». – Режим доступа: <http://energy36.ru/catalog/zashchita-elektrodvigatelay-mtd>.
9. Датчик индуктивный щелевой [Электронный ресурс] // Сайт «Electro-gid». – Режим доступа: [http://moscow.electro-gid.ru/bvk261\\_24uhl4\\_datchik\\_induktivniy\\_schelevoiy\\_\\_g1434075.htm](http://moscow.electro-gid.ru/bvk261_24uhl4_datchik_induktivniy_schelevoiy__g1434075.htm).
10. Концепция TIA Portal [Электронный ресурс] // Сайт «Студопедия». – Режим доступа: <https://studopedia.info/1-31042.html>.
11. Программируемый контроллер S7-1200 [Электронный ресурс] // Журнал «Программируемый контроллер S7-1200. Системное руководство». – Режим доступа: [https://www.is-com.ru/files/simatic\\_s71200\\_system\\_manual\\_r.pdf](https://www.is-com.ru/files/simatic_s71200_system_manual_r.pdf).

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
  
В. И. Пантелеев  
«10» 106 2018 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

МОДЕРНИЗАЦИЯ КРУГЛОПИЛЬНОГО ОТРЕЗНОГО АВТОМАТА

Руководитель

 10.06.18г  
подпись, дата

к.т.н., доцент  
должность, ученая степень

А. Н. Пахомов  
инициалы, фамилия


Выпускник

 10.06.18г  
подпись, дата

А. С. Подберезкин  
инициалы, фамилия


Консультант:

Руководитель отдела  
внедрения новой техники  
ООО «Элнис»

 10.06.18  
подпись, дата

К. В. Размыслович  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 10.06.18г  
подпись, дата

А. Н. Пахомов  
инициалы, фамилия

Красноярск 2018