

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(национальный исследовательский университет)  
Институт «Политехнический»  
Факультет «Заочный инженерно-экономический»  
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой, к.т.н.,  
доцент

\_\_\_\_\_/А.Н. Шишков/

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201 \_\_ г.

**Проектирование системы электропривода механизма рольганга**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОМУ  
КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ**

**ЮУрГУ-13.03.02.2018.922.ВКП**

*Руководитель проекта:  
профессор, д.т.н.,*

\_\_\_\_\_/Погоуляев Ю.Д./

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201 \_\_ г.

*Автор проекта  
студент группы \_\_\_\_\_ ПЗ-576*

\_\_\_\_\_/Крохин Е.А./

*Нормоконтролер:  
доцент, к.т.н.,*

\_\_\_\_\_/Бычков А.Е./

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201 \_\_ г.

Челябинск  
2018 г.

## АННОТАЦИЯ

Крохин Е.А. Проектирование системы электропривода механизма рольганга. – Челябинск: ЮУрГУ, Э; 2018, 66 с., 8 ил., 4 табл., библиографический список – 13 наим., 1 лист чертежа. А3

В данном проекте разработана система электропривода рольганга. В первую часть проекта входит: расчёт мощности электродвигателя, построение характеристик, нагрузочных диаграмм и переходного процесса привода. Выбран электродвигатель с короткозамкнутым ротором АИР112МВ6, редуктор типа ЦЗУ-160 с передаточным числом  $j_p = 31,5$  и преобразователь частоты для асинхронных двигателей *Altivar 31*.

Во второй части проекта разработана система автоматизации механизма. Выбраны: блок питания *LOGO! POWER =24 В/ 4.0 А, 90 Вт 6EP1332-1SH51*, микроконтроллер *Siemens Logo 6ED1052-1MD00-0BA8* с блоком расширения, датчики *Omron E3F2* и коммутационная аппаратура для пульта управления. Для проверки работы произведена симуляция функционирования рольганга в программе *Logo*. Разработаны функциональная и принципиальная схемы.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2018.922.01 ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разр.</i>		Крохин Е.А			<i>Проектирование системы электропривода механизма рольганга</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		Позуляев Ю.Д.					5	69
<i>Н. конт.</i>		Бычков А.Е.				<i>ЮУрГУ Кафедра АЭП</i>		
<i>Утв.</i>		Шишков А.Н.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 ОПИСАНИЕ МЕХАНИЗМА РОЛЬГАНГА .....	11
1.1 Работа рольганга в технологическом процессе .....	11
1.2 Технологическое задание для проектирования .....	12
2 РАСЧЕТ МОМЕНТОВ СТАТИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ МОЩНОСТИ.....	14
2.1 Расчет скоростей, статических моментов и мощности.....	14
2.2 Предварительный выбор электродвигателя и редуктора.....	22
2.2.1 Выбор типа и мощности двигателя .....	22
2.2.2 Выбор редуктора .....	24
2.3 Приведение статических моментов к валу двигателя.....	25
2.4 Приведение моментов инерции .....	26
2.5 Предварительный расчет моментов .....	27
2.6 Проверка двигателя по нагреву .....	28
3 ВЫБОР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ .....	33
4 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	36
4.1 Расчет сопротивлений цепей.....	36
4.2 Расчет переходных процессов .....	38
5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	40
5.1 Описание автоматизации рольганга.....	40
5.2 Разработка алгоритма автоматизации управления механизмами объекта	41
5.3 Разработка функциональной схемы .....	47
5.4 Выбор элементной базы .....	50
5.4.1 Выбор микроконтроллера .....	50
5.4.2 Выбор преобразователя.....	51
5.4.3 Выбор сетевого дросселя .....	51
5.4.4 Выбор датчиков.....	52
5.4.5 Выбор блока питания.....	54

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5.4.6	Выбор элементов пульты управления .....	55
5.4.7	Выбор магнитного пускателя.....	57
5.5	Разработка программного обеспечения системы автоматизации.....	58
5.6	Разработка принципиальной схемы .....	67
5.7	Описание схемы .....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....		68
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....		69

## ВВЕДЕНИЕ

Цель данного проекта разработать автоматизированный электропривод рольганга перед ножницами.

Задачи:

- Выбрать двигатель и рассчитать его мощность;
- Предварительно проверить двигатель по нагреву и производительности;
- Построить характеристики;
- Выбрать основное оборудование;
- Разработать систему автоматизации;
- Составить логические уравнения;
- Разработать функциональную схему;
- Выбрать соответствующее оборудование;
- Разработать принципиальную схему.

Рольганг в переводе с немецкого языка – «перемещение грузов». Это вид конвейера, перемещающий предметы на большие расстояния. Они используются тогда, когда необходимо периодическое передвижение большого количества грузов на расстояние до 30 метров.

В технологическом смысле данный механизм – это вид металлоконструкции, сделанный в виде рамы, в которой параллельно друг другу расположены вращающиеся ролики.

Существует несколько видов рольгангов:

- холостые;
- с электроприводом;
- с системой торможения;

Холостые работают на основе силы тяжести. Груз скатывается под уклоном вниз по рольгангу.

Электропривод может вращать ролики, перемещая заготовку в нужном направлении без наклона.

Механизмы, оборудованные тормозной системой, могут плавно останавливать передвижение грузов по роликам.

Рольганги перемещения следующие виды грузов: контейнеры, штабели плитных и листовых материалов, длинномерные грузы, например металлопроката и т.п. На предприятиях для транспортирования груза, т.е. приёма и передвижения к вспомогательным машинам (ножницам, пилам, правильным машинам и т.д.) или просто передачи, используют рольганг.



Рисунок В.1 – Внешний вид рольганга

Надёжность качество всей работы системы на предприятие зависит от стабильной работы рольгангов

Преимущества приводных рольгангов:

- надёжность;
- простота конструкции;
- неограниченная длина;
- экономичность.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Недостатки приводных рольгангов:

- низкая скорость перемещения;
- перемещение только для плоского продукта или упакованного товара, не возможность транспортировки мешков, бутылок, пакетов и пр.;
- ширина приводных рольгангов ограничена длиной ролика.

Рольганги получили очень широкое распространение благодаря своей простоте и эффективности. Применение таких транспортеров позволяет уменьшить процент ручного труда на предприятии, а в условиях современного производства это верный способ удешевить свои товары и услуги, таким образом выигрывая конкуренцию на рынке.

					<i>ЮУрГУ–13.03.02.2018.922.01 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

# 1 ОПИСАНИЕ МЕХАНИЗМА РОЛЬГАНГА

## 1.1 Работа механизма рольганга перед ножницами в технологическом процессе

Рольганг перед ножницами служит для перемещения заготовки и установки для пореза на заданной отметке.

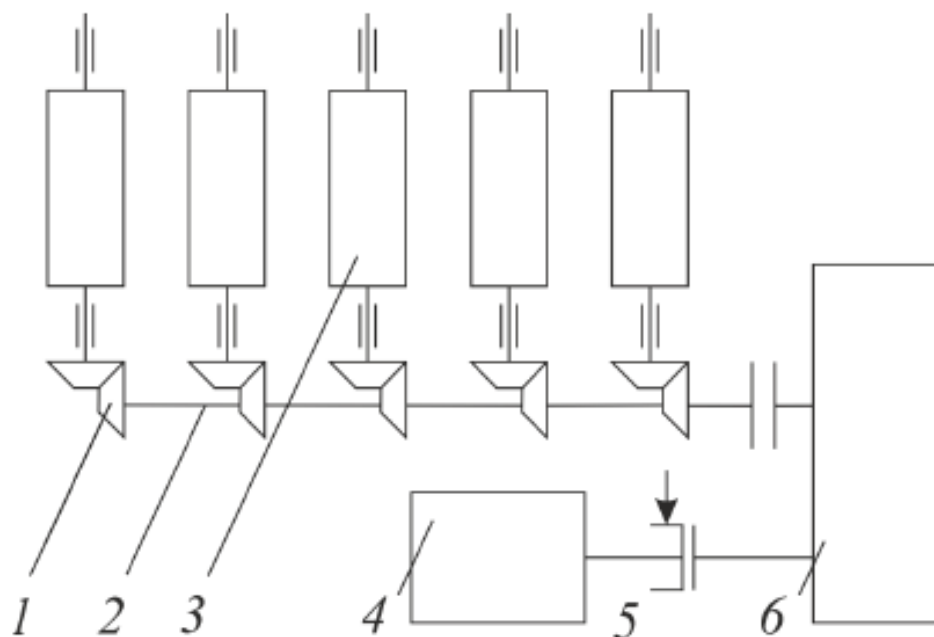


Рисунок 1.1 – Кинематическая схема рольганга

1 – шестерня коническая, 2 – вал продольный; 3 – ролик, 4 – электрический двигатель, 5 – шкив тормозного механизма, 6 – редуктор

Заготовка длиной  $L$  подаётся на рольганг транспортёром. Рольганг активизируется, перемещает имеющуюся заготовку на длину  $L/2$  и затем останавливается. Операции с заготовкой происходят при неподвижном рольганге, отрезанная часть заготовки убирается с рольганга специальным транспортёром. После этого рольганг снова пускается, перемещая оставшуюся часть заготовки за область действия ножниц, откуда она убирается с рольганга. В дальнейшем цикл повторяется.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Для позиционирования заготовки перед порезом перемещение цельной заготовки производят на пониженной скорости  $V_p$ , а транспортирование оставшейся части – при скорости  $V_v > V_p$ . В процессе расчёта мощности электрического двигателя рольганга необходимо учесть пробуксовывание роликов по заготовке, возникающее при кратковременной остановке заготовки.

## 1.2 Технологическое задание для проектирования

Для проектирования системы электропривода механизма рольганга преподавателем были выданы следующие данные технологического процесса:

- скорости перемещения рабочего органа при разнообразной загрузке с допускаемыми отклонениями от требуемого значения;
- кинематическая схема объекта с указанием поступательно движущихся и вращающихся динамических масс и моментов их сопротивления;
- допускаемое ускорение механизма по условиям прочности или условиям технологического процесса;
- линейное перемещение (или угол поворота вала) рабочего органа;
- число циклов и общее время работы механизма.

Таблица 1.1 – Технологические параметры механизма

	Наименование	Обозначение	Численное значение
1	Масса ролика	$m_p$ , кг	1000
2	Диаметр ролика	$D$ , м	0,4
3	Момент инерции ролика	$J_p$ , кг·м <sup>2</sup>	20
4	Число роликов	$N$	20
5	Масса заготовки	$m_z$ , кг	7000
6	Длина заготовки	$L$ , м	24
7	Скорость рабочего хода	$V_p$ , м/с	0,6
8	Время работы	$t_p$ , с	45
9	Число циклов	$z$ , 1/ч	70

Принятые обозначения:

$d_{шп} = 0,1$  м – диаметр шейки ролика;

$a_{доп} = 1$  м/с<sup>2</sup> – допустимое ускорение;

$f = 5$  мм – коэффициент трения качения;

$J_{ш} = 0,4$  кг·м<sup>2</sup> – момент инерции тормозного шкива;

$\mu = 0,02$  – коэффициент трения скольжения;

$V_n = 0,2 \cdot V_p$  – низкая скорость;

$C_k = 50$  МН·м/рад – крутильная жёсткость;

$J_B = 5$  кг·м<sup>2</sup> – момент инерции продольного вала.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

## 2 РАСЧЕТ МОМЕНТОВ СТАТИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Пробный расчёт мощности электрического двигателя осуществляется приближенно, поскольку на текущий момент неизвестна полная механическая нагрузка двигателя. На основании исходных данных более-менее точно могут быть рассчитаны только статические нагрузки. Динамические нагрузки, в значительной степени зависящие от конечных параметров двигателя, на данный момент не известны.

В качестве наиболее привлекательного метода расчета мощности двигателя используется метод, учитывающий только статические нагрузки. В этом случае, для усреднения нагрузки нескольких условных участков нагрузочной диаграммы используется метод среднеквадратичного момента. Как уже было озвучено ранее, такой метод не может дать точного результата, однако он способен дать общую картину нагрузок двигателя и его приблизительную мощность, в дальнейшем подлежащую проверке.

### 2.1 Расчет скоростей, моментов статических сопротивлений и предварительный расчет мощности электродвигателя

Благодаря исходным данным рабочей машины можем рассчитать и построить диаграммы скорости двигателя от времени  $v(t)$ . Участки рабочей характеристики различаются значениями статических нагрузок, моментов инерции и скоростей.

Для построения вышеуказанных зависимостей необходимо определить:

Время пуска  $t_n$  до требуемой скорости с допустимым ускорением и время торможения  $t_m$  от заданной скорости до полной остановки:

$$t_{II} = t_T = \frac{V_{II}}{a} \quad (1)$$

Путь, который проходит рабочая машина за время пуска/торможения:

$$L_{\Pi} = L_T = \frac{V_{\Pi}^2}{2|a|}; \quad (2)$$

Время движения с установившейся скоростью  $V_{\Pi}$ :

$$t_{\text{в}} = \frac{L - (L_{\Pi} + L_T)}{V_{\Pi}}. \quad (3)$$

Согласно формулам (1), (2) и (3) рассчитаем перемещения.

Для режима транспортировки всей заготовки с рабочей скоростью:

Пуск и торможение полной заготовки:

$$t_{\Pi 1} = t_{T1} = \frac{V_p}{a} = \frac{0.6}{1} = 0.6 \text{ с.}$$

Время торможения на пониженной скорости:

$$t_{T3} = \frac{V_{\Pi}}{a} = \frac{0.12}{1} = 0.12 \text{ с.}$$

Расстояние, проделанное при пуске и торможении:

$$L_{\Pi 1} = L_{T1} = \frac{V_p^2}{2 \cdot |a|} = \frac{0.6^2}{2 \cdot 1} = 0.18 \text{ м.}$$

Время установившегося режима при перемещении полной заготовки:

$$t_1 = \frac{L/2 - (L_{\Pi} + L_T)}{V_p} = \frac{24/2 - (0.18 + 0.18)}{0.6} = 19.4 \text{ с,}$$

где  $t_1$  - время движения заготовки с рабочей и пониженной скоростью.

Для нахождения времени движения с пониженной скоростью до резки металла примем, что путь с пониженной скоростью равен 0.6 м.

$$t_3 = \frac{L_3}{V_{\Pi}} = \frac{0.6}{0.12} = 5 \text{ с.}$$

Для режима передвижения половины заготовки с рабочей скоростью получим:

Пуск и торможение полной заготовки:

$$t_{\Pi 2} = t_{T2} = \frac{V_p}{a} = \frac{0.6}{1} = 0.6 \text{ с.}$$

Расстояние, проделанное при пуске и торможении:

$$L_{\text{П2}} = L_{\text{Т2}} = \frac{V_p^2}{2 \cdot |a|} = \frac{0.6^2}{2 \cdot 1} = 0.18 \text{ м.}$$

Время перемещения полной заготовки:

$$t_2 = \frac{L/2 - (L_{\text{П2}} + L_{\text{Т2}})}{V_p} = \frac{24/2 - (0.18 + 0.18)}{0.6} = 19.4 \text{ с.}$$

Расчет моментов статического сопротивления:

Определяем моменты статического сопротивления на каждом участке двух режимов работы по формулам:

$$M_{\text{РОСТ}} = M_1 + M_2, \quad (4)$$

где  $M_1$  – момент сил трения в узле подшипников, Нм;

$M_2$  – момент сил трения качения, измеряемый в Нм.

$$M_1 = \frac{m_1 \cdot d_{\text{ш}} \cdot \mu \cdot g}{2}, \quad (5)$$

где  $m_1$  – масса деталей, опирающихся на подшипниковый узел, кг;

$d_{\text{ш}}$  – диаметр шейки вала, м;

$\mu$  – коэффициент трения скольжения;

$$M_2 = m_2 \cdot g \cdot f; \quad (4)$$

где  $g = 9.81 \text{ м/с}^2$  – ускорение силы тяжести;

$m$  – масса деталей, опирающихся на подшипники качения, кг;

$f$  – коэффициент трения качения, м.

Рассчитаем  $M_{\text{РОСТ}}$  для режима подачи целого слитка и транспортировки половины получим:

$$M_{\text{рост1}} = \frac{(m_p \cdot N + m_3) \cdot d_{\text{ш}} \cdot \mu \cdot g}{2} + m_3 \cdot g \cdot f = \frac{(1000 \cdot 20 + 7000) \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 9,8}{2} + 7000 \cdot 9,8 \cdot 0,005 = 264,6 + 343 = 607,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M_{\text{рост}2} = \frac{(m_p \cdot N + m_3/2) \cdot d_{\text{уп}} \cdot \mu \cdot g}{2} + m_3/2 \cdot g \cdot f = \frac{(1000 \cdot 20 + 3500) \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 9,8}{2} + 3500 \cdot 9,8 \cdot 0,005 = 230,3 + 171,5 = 401,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Для первичной проверки электрического двигателя по перегрузочной способности необходимо рассчитать нагрузку, возникающую при проскальзывании детали в случае её остановки, в этом случае статический момент равняется:

$$M_{\text{рост}} = M_1 + M_3, \quad (5)$$

где  $M_3$  – момент сил трения скольжения тела по горизонтальной плоскости

$$M_3 = \frac{m \cdot \mu_6 \cdot g \cdot D}{2}, \quad (6)$$

где  $g = 9.81 \text{ м/с}^2$  – ускорение силы тяжести ;

$m$  – масса заготовки, масса деталей, которые опираются на узел качения, масса опускаемого или поднимаемого груза, кг;

$D$  – диаметр барабана, который находится на внешнем валу редуктора и преобразующий вращение шестерен в поступательное движение вала, м;

$\mu_6$  – коэффициент трения скольжения роликов по детали при пробуксовывании (для металла с высокой температурой данный коэффициент можно принять  $\mu_6 = 1,4$ ).

$$M_{\text{рост}1} = 174,56 + \frac{7000 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 9,8}{2} = 5319,56 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{рост}2} = 142,4 + \frac{3000 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 9,8}{2} = 2714,9 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Динамические моменты характеризуют возможность движущихся масс рабочего органа выделять или запасать кинетическую энергию.

Для определения динамических моментов двигателя рассчитаем момент инерции рабочего органа нашей системы:

$$J_{po} = N \cdot J_p + J_e + \frac{m_3 \cdot D^2}{4}, \quad (7)$$

где  $J_p$ ,  $J_e$  – моменты инерции рабочей машины, кгм<sup>2</sup>;

$m$  – масса заготовки, кг;

$D$  – диаметр ролика рольганга, м;

$n$  – количество роликов.

$$J_{po1} = 20 \cdot 20 + 5 + \frac{7000 \cdot 0,4^2}{4} = 685 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{po2} = 20 \cdot 20 + 5 + \frac{7000 \cdot 0,4^2}{4} = 545 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

При озвученном допустимом ускорении  $a$  для каждого режима механизма определим динамические моменты:

$$M_{родин} = J_{po} \frac{2a}{D}. \quad (8)$$

Определим динамический момент с учетом величины допустимого ускорения и заданного режима работы:

$$M_{родин1} = \frac{J_{po1} \cdot 2 \cdot a_{доп}}{D} = \frac{685 \cdot 2 \cdot 1}{0,4} = 3425 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{родин2} = \frac{J_{po2} \cdot 2 \cdot a_{доп}}{D} = \frac{545 \cdot 2 \cdot 1}{0,4} = 2725 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Суммарный момент рабочего органа:

$$M_{po} = M_{рост} + M_{родин}; \quad (9)$$

– в установившемся режиме:

$$M_{po} = M_c; \quad (10)$$

– при торможении:

$$M_{po} = M_c - M_{дин}; \quad (11)$$

– при пуске:

$$M_{po} = M_c + M_{дин}. \quad (12)$$

посчитаем полный момент рабочего органа для всех режимов работы:

– в установившемся режиме:

$$M_{\text{роу1}} = M_{\text{рост1}} = 607,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M_{\text{роу2}} = M_{\text{рост2}} = 401,8 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

– пуск

$$M_{\text{роп1}} = M_{\text{рост1}} + M_{\text{родин1}} = 607,6 + 3425 = 4032,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M_{\text{роп2}} = M_{\text{рост2}} + M_{\text{родин2}} = 401,7 + 2725 = 3126,8 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

– торможение

$$M_{\text{рот1}} = M_{\text{рост1}} - M_{\text{родин1}} = 607,6 - 3425 = -2817,4 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M_{\text{рот2}} = M_{\text{рост2}} - M_{\text{родин2}} = 401,8 - 2725 = -2323,2 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Таблица 2.1 – Результат расчётов нагрузочных диаграмм

Участок Движения	Движение с полной заготовкой					Движение с половиной заготовки		
	пуск	уст. режим 1	Торможение	Уст. режим 2	Торможение	пуск	уст. режим	Торможение
t, с	0.6	19.4	0.12	5	0.6	0.6	19.4	0.6
L, м	0.18	11	0.007 2	0.6	0.18	0.18	11.6	0.18
v, м/с	-	0.6	-	0.12	-	-	0.6	-
<u>M<sub>рост</sub>, НМ</u>	607,6					401,8		
J <sub>рост</sub> , кгм <sup>2</sup>	685					545		
<u>M<sub>родин</sub>, НМ</u>	3425					2825		
<u>M<sub>ро</sub>, НМ</u>	4032,6	607,6	-2817	607,6	-2817	3126,	401,8	-2323



По данным таблицы, учитывая все тормозные, пусковые и установившиеся режимы, строим нагрузочные диаграммы скоростей и моментов рабочего органа (рисунок 2.1)

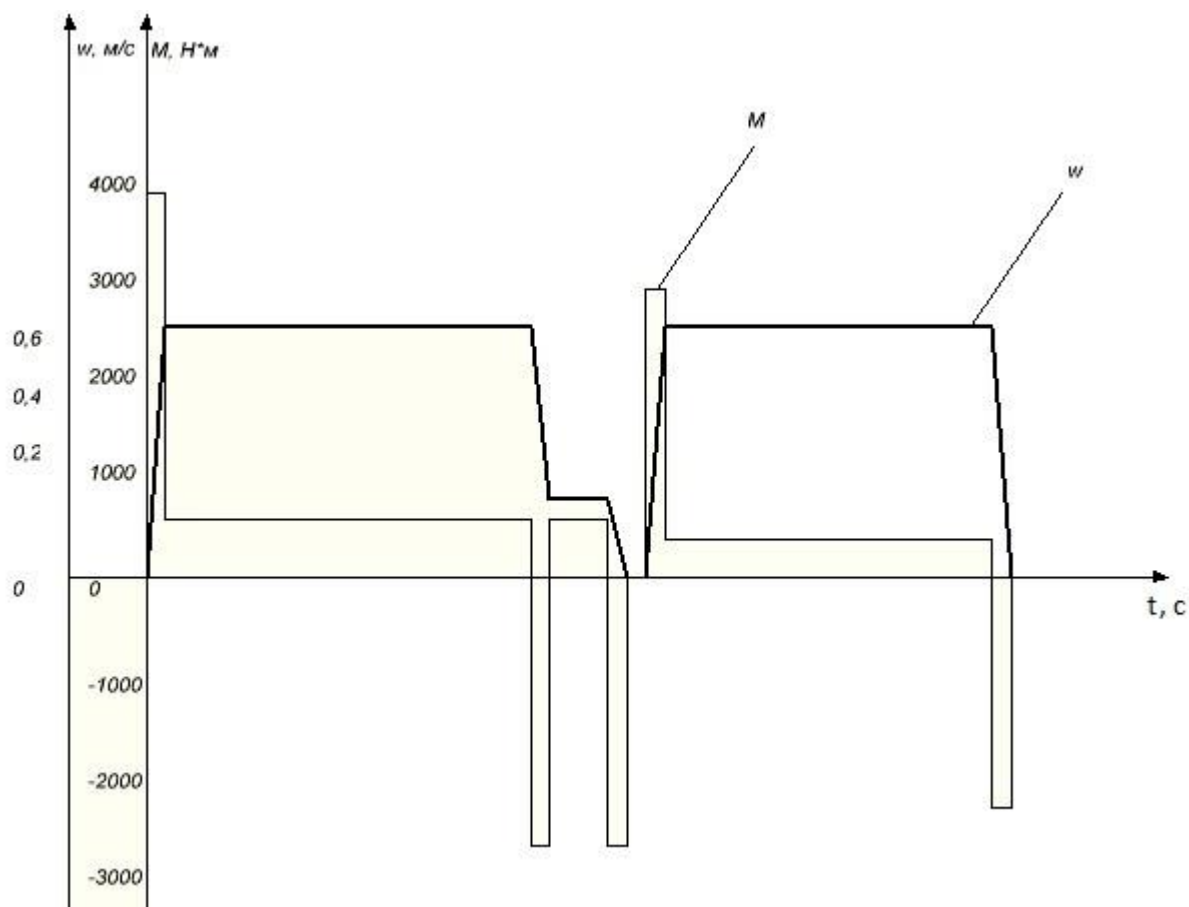


Рисунок 2.1 – Нагрузочные диаграммы моментов и скоростей

Исходя из построенных нагрузочных диаграмм момента рабочей машины, можем рассчитать среднеквадратичное значение момента, учитывая статические и динамические нагрузки:

$$M_{\text{СРКВ}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m M_k^2 \cdot t_k}{\sum_{k=1}^m t_k}}, \quad (13)$$

здесь  $M_k$  – момент двигателя на  $k$ -м участке ( $k=1, \dots, m$ );

$t_k$  – длительность  $k$ -го участка.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

$$M_{\text{СРКВ}} = \sqrt{\frac{M_{\text{РОП1}}^2 \cdot t_{\text{ИП}} + M_{\text{РОВО1}}^2 \cdot (t_{\text{ВП1}} + t_{\text{ВП2}}) + M_{\text{РОТ1}}^2 \cdot (t_{\text{ТП1}} + t_{\text{ТП2}}) + M_{\text{РОП2}}^2 \cdot t_{\text{ИВ}} + M_{\text{РОВО2}}^2 \cdot t_{\text{ВВ}} + M_{\text{РОТ2}}^2 \cdot t_{\text{ТВ}}}{t_{\text{ИП}} + t_{\text{ВП}} + t_{\text{ТП}} + t_{\text{ИВ}} + t_{\text{ВВ}} + t_{\text{ТВ}} + t_{\text{ВП2}} + t_{\text{ТП2}}}} =$$

$$= 942,65 \text{ Нм.}$$

Фактическое значение относительной продолжительности включения ПВ<sub>ф</sub> рассчитывается по длительности времени работы t<sub>к</sub> на всех m участках движения по заданному времени цикла:

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{Z} = \frac{3600}{70} = 51,4 \text{ с.}$$

$$\text{ПВ}_{\text{ф}} = \frac{t_{\text{ИП}} + t_{\text{ВП}} + t_{\text{ТП}} + t_{\text{ИВ}} + t_{\text{ВВ}} + t_{\text{ТВ}} + t_{\text{ВП1}} + t_{\text{ТП1}}}{t_{\text{ц}}} = \frac{42,32}{51,4} = 0,82 \text{ с.}$$

При этом мощность двигателя может быть определена по соотношению:

$$P_{\text{дв}} = \frac{k_1 \cdot M_{\text{сркв}} \cdot 2 \cdot v_0 \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{ф}}}{\text{ПВ}_{\text{кат}}}}}{D} ; \quad (14)$$

$$P_{\text{дв}} = \frac{1,5 \cdot 942,65 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{\frac{0,82}{1}}}{0,4} = 3841,23 \text{ Вт,}$$

где k<sub>1</sub> – коэффициент, учитывающий динамические нагрузки, обусловленные вращающимися элементами электропривода (двигатель, редуктор), а также потерями в редукторе. Примем k<sub>1</sub> = 1,5;

ПВ<sub>ф</sub> – фактическое значение относительной продолжительности включения проектируемого электропривода;

ПВ<sub>к</sub> – ближайшее к ПВ<sub>ф</sub> каталожное значение относительной продолжительности включения для электродвигателей выбранной серии.

## 2.2 Предварительный выбор электродвигателя, определение передаточного числа и выбор редуктора

### 2.2.1 Выбор типа и мощности двигателя

Из условия  $P'_{дв} \geq P_{дв}$  выбираем асинхронный электродвигатель АИР с короткозамкнутым ротором, благодаря простоте конструкции, отсутствию подвижных контактов, высокой ремонтпригодности, невысокой цене по сравнению с другими электрическими двигателями применяются практически во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства. Они используются для привода вентиляционного оборудования, насосов, компрессорных установок, станков, эскалаторов и многих других машин.

Таблица 2.2 – Технические параметры электродвигателя АИР112МВ6

Параметр	Обозначение	Значение
Номинальное напряжение, В	$U_H$	380
Номинальный ток двигателя, А	$I_H$	9,2
Номинальная мощность, кВт	$P_H$	4000
Коэффициент полезного действия	%	82
Количество оборотов в минуту	Об/мин	950
Коэффициент мощности		0,81
Момент инерции, кг·м <sup>2</sup>	$J$	0,0425

Дополнительные параметры:

$$\cos\phi = 0,81; \quad \frac{I_n}{I_H} = 6; \quad \frac{M_n}{M_H} = 2; \quad \frac{M_{\max}}{M_H} = 2.2; \quad \frac{M_{\min}}{M_H} = 1.6.$$



Рисунок 2.2 – Внешний вид асинхронного двигателя

Преимущества асинхронного электрического двигателя с короткозамкнутым ротором:

- почти постоянная скорость при различных нагрузках;
- возможность кратковременных перегрузок по моменту;
- простота легкость его автоматизации и пуска;
- простота конструкции;
- более высокие  $\cos \varphi$  и КПД, чем у электродвигателей с фазным ротором;
- высокая надежность двигателя;

Недостатки асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

- большой пусковой ток (5-7 от номинала);
- низкий  $\cos \varphi$  при недогрузках.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 2.2.2 Выбор редуктора

Рассчитаем номинальную скорость для выбора редуктора по формуле:

$$\omega_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 950}{60} = 99,4 \text{ рад/с.}$$

Передаточное число редуктора зависит от номинальной скорости вращения двигателя  $\omega_n$  и скорости движения рабочего органа  $v_0$

$$j'_p = \frac{\omega_n \cdot D}{2 \cdot v_0} = \frac{99,4 \cdot 0,4}{2 \cdot 0,6} = 33,14.$$

Редуктор выбираем, исходя из требуемого передаточного числа, заданного значения номинальной и скорости выбранного двигателя с учетом характера нагрузки (режима работы) РО, для которого проектируется электропривод.

Выбранный редуктор должен иметь передаточное число, равное или несколько меньшее расчетного значения. При передаточном числе, превышающем расчетное значение, скорость на валу рабочего органа не достигнет заданного значения, что приведет к снижению производительности рабочей машины. Режим работы редуктора для нашего механизма принимаем “тяжелый”.

На основании вышеперечисленного, по справочнику выбираем редуктор типа ЦЗУ-160 с передаточным числом  $j_p = 31,5$ . КПД равно 96%.



Рисунок 2.3 – Внешний вид редуктора

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 2.3 Приведение статических моментов к валу двигателя

При разработке схемы механической части электрического привода моменты сопротивления движению и моменты инерции должны быть приведены к валу двигателя.

Основным критерием приведения статических и динамических моментов к валу двигателя является энергетический баланс механики электропривода. Оба типа моментов на валу рабочей машины приведены в таблице 2.

Статические моменты рабочей машины, приведенные к валу двигателя, рассчитываем для заданных режимов работы по формулам

$$M_{pc1} = \frac{M_{pocm1}}{j_p} = \frac{607,6}{31,5} = 19,28 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{pc2} = \frac{M_{pocm2}}{j_p} = \frac{401,8}{31,5} = 12,75 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Статический момент на валу в двигательном режиме:

$$M_{вс1\delta} = \frac{M_{pc1}}{\eta_p} = \frac{19,28}{0,96} = 20 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{вс2\delta} = \frac{M_{pc2}}{\eta_p} = \frac{12,75}{0,96} = 13,3 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

При работе электропривода в тормозных режимах потери в редукторе вызывают уменьшение нагрузки двигателя, при этом моменты на валу

$$M_{вс1m} = M_{pc1} \cdot \eta_p = 19,28 \cdot 0,96 = 18,5 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{вс2m} = M_{pc2} \cdot \eta_p = 12,75 \cdot 0,96 = 12,24 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

При уточненных расчетах установившихся и переходных режимов работы электропривода необходимо также учитывать момент потерь холостого хода (момент постоянных потерь) двигателя  $M_x$ , который рассчитывается по формуле:

$$M_x = 0,05 \cdot M_H, \quad (15)$$

где  $M_n$  – номинальный момент двигателя рассчитываем по формуле:

$$M_{xx} = 0,05 \cdot M_n = 0,05 \cdot \frac{P_n}{\omega_n} = 0,05 \cdot \frac{4000}{99,4} = 2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Тогда статические моменты в двигательном режиме:

$$M_{c1\delta} = M_{bc1\delta} + M_{xx} = 20 + 2 = 22 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{c2\delta} = M_{bc2\delta} + M_{xx} = 13,3 + 2 = 15,3 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

в тормозном режиме:

$$M_{c1m} = M_{bc1m} - M_{xx} = 18,5 - 2 = 16,5 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{c2m} = M_{bc2m} - M_{xx} = 12,24 - 2 = 10,24 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

При этом в статическом моменте учитываются не только силы сопротивления движению в рабочей машине, но также и потери в редукторе, и механические потери в двигателе.

#### 2.4 Приведение моментов инерции и коэффициентов жесткости к валу двигателя

Суммарный приведенный к валу двигателя момент инерции системы может быть рассчитан по соотношению:

$$J = \delta \cdot J_{\delta} + J_{np}, \quad (16)$$

где  $J_{\delta}$  – момент инерции ротора двигателя;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий момент инерции остальных элементов электропривода: муфт, тормозного шкива, редуктора и др.  $\delta=1,3\dots1,5$ ;

$J_{np} = J_{po} / j_p^2$  – приведенный к валу двигателя суммарный момент инерции движущихся исполнительных органов рабочей машины и связанных с ними движущихся масс:

$$J_{np1} = \frac{J_{pc1}}{j_p^2} = \frac{685}{31,5^2} = 0,69 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$J_{np2} = \frac{J_{pc2}}{j_p^2} = \frac{545}{31,5^2} = 0,55 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Тогда получаем

$$J_1 = \delta \cdot J_\delta + J_{np1} = 1,5 \cdot 0,0425 + 0,69 = 0,757 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$J_2 = \delta \cdot J_\delta + J_{np2} = 1,5 \cdot 0,0425 + 0,55 = 0,615 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Для учета влияния упругих частей в рабочем механизме указана крутильная жесткость  $C_k$ , которая отнесена к рабочему валу органа.

Приведенную к валу электрического двигателя жесткость упругой механической связи  $C_{np}$  можно определить следующим образом:

$$C_{np} = C_k / j_p^2, \quad (17)$$

$$C_{np} = \frac{C_k}{j_p^2} = \frac{50000000}{31,5^2} = 50390 \text{ Н}\cdot\text{м/рад}.$$

## 2.5 Предварительный расчет моментов

Для каждого участка работы электропривода найдем значения установившейся скорости двигателя:

$$\omega_c = \frac{2v_0}{D} j_p, \quad (18)$$

$$\omega_{c1} = \frac{2 \cdot v_p \cdot j_p}{D} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 31,5}{0,4} = 94,5 \text{ рад/с}.$$

$$\omega_{c2} = \frac{2 \cdot v_B \cdot j_p}{D} = \frac{2 \cdot 0,12 \cdot 31,5}{0,4} = 18,9 \text{ рад/с}.$$

Рассчитаем пусковые  $M_n$  и тормозные  $M_T$  моменты двигателя, при которых обеспечивается возможность разгона и торможения электропривода с заданным допустимым ускорением.

$$M_{дин} = J \cdot \frac{2a \cdot j_p}{D}; \quad (19)$$



$$M_{\text{дин1}} = \frac{2 \cdot a_{\text{дон}} \cdot J_1 \cdot j_p}{D} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,757 \cdot 31,5}{0,4} = 119,2 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин2}} = \frac{2 \cdot a_{\text{дон}} \cdot J_2 \cdot j_p}{D} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,615 \cdot 31,5}{0,4} = 96,86 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$M_n = M_c + M_{\text{дин}}; \quad (20)$$

Моменты пуска

$$M_{n1} = M_{c1\delta} + M_{\text{дин1}} = 22 + 119,2 = 141,2 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{n2} = M_{c2\delta} + M_{\text{дин2}} = 15,3 + 96,86 = 112,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Моменты торможения

$$|M_{m1}| = |M_{\text{дин1}}| - M_{c1m} = 119,2 - 16,5 = 102,7 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$|M_{m2}| = |M_{\text{дин2}}| - M_{c2m} = 96,86 - 10,24 = 86,62 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Для приближенного расчета времени переходного процесса оценивают средний момент двигателя  $M_{\text{ср}}$ .

При питании от преобразователя с задатчиком интенсивности средний момент двигателя можно принять равным моменту допустимому по ускорению:

$$\text{– при пуске} \quad M_{\text{ср}} = M_n, \quad (21)$$

$$\text{– при торможении} \quad M_{\text{ср}} = M_m. \quad (22)$$

## 2.6 Предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности

Используя выбранные выше значения пусковых и тормозных моментов, скоростей установившихся режимов и возможности выбранной схемы управления двигателем, рассчитывают:

– времена переходных процессов:

$$t_{n1} = \frac{J_1 \cdot \omega_{c1}}{M_{n1} - M_{c1\partial}} = \frac{0,75 \cdot 94,5}{141,2 - 22} = 0,6 \text{ с.}$$

– время торможения до пониженной скорости заготовки  $V_{п}^{\dot{}}$ :

$$t_{m1} = \frac{J_1 \cdot (\omega_{c1} - \omega_{cн})}{M_{m1} - M_{c1m}} = \frac{0,757 \cdot 94,5}{102,7 - 16,5} = 0,8 \text{ с.}$$

– время торможения с пониженной скорости заготовки:

$$t_{m32} = \frac{J_1 \cdot \omega_{cн}}{M_{m1} - M_{c1m}} = \frac{0,757 \cdot 18,9}{102,7 - 16,5} = 0,16 \text{ с.}$$

– время разгона до повышенной скорости заготовки  $V_6$ :

$$t_{n2} = \frac{J_2 \cdot \omega_{c2}}{M_{n2} - M_{c2\partial}} = \frac{0,615 \cdot 94,5}{112,2 - 15,3} = 0,66 \text{ с.}$$

– время торможения с повышенной скорости заготовки:

$$t_{m2} = \frac{J_2 \cdot \omega_{c2}}{M_{m2} - M_{c2m}} = \frac{0,615 \cdot 94,5}{86,62 - 10,24} = 0,76 \text{ с.}$$

– угол поворота вала двигателя за время переходного процесса:

$$\alpha_{n1} = \frac{\omega_{c1} \cdot t_{n1}}{2} = \frac{94,5 \cdot 0,6}{2} = 28,35 \text{ рад;}$$

$$\alpha_{m11} = \frac{\omega_{cн} \cdot t_{m11}}{2} = \frac{94,5 \cdot 0,8}{2} = 37,8 \text{ рад;}$$

$$\alpha_{m3} = \frac{\omega_{cн} \cdot t_{m12}}{2} = \frac{18,9 \cdot 0,16}{2} = 1,5 \text{ рад;}$$

$$\alpha_{n2} = \frac{\omega_{c2} \cdot t_{n2}}{2} = \frac{94,5 \cdot 0,66}{2} = 31 \text{ рад;}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\alpha_{m2} = \frac{\omega_{c2} \cdot t_{m2}}{2} = \frac{94,5 \cdot 0,76}{2} = 35,9 \text{ рад.}$$

– время работы с установившейся скоростью:

$$t_y = \frac{\alpha - (\alpha_n + \alpha_m)}{\omega_c} \quad (23)$$

где  $\alpha$  – угол поворота вала двигателя, соответствующий величине перемещения в данном режиме.

$$t_{y1} = \frac{1889 - (28,35 + 37,2)}{94,5} = 19,3 \text{ с.}$$

$$t_{y2} = \frac{\alpha - (\alpha_{n2} + \alpha_{m2})}{\omega_{c2}} = \frac{1889 - (31 + 35,9)}{113,6} = 19,33 \text{ с.}$$

$$t_3 = 2,7 \text{ с.}$$

Таблица 2.3 – Результаты предварительного расчета

Участок Движения	Движение с полной заготовкой					Движение с половиной заготовки		
	пуск	уст. режим 1	Торможение	Уст. режим 2	Торможение	пуск	уст. режим	Торможение
t, с	0.6	19.3	0.8	2,7	0.16	0.66	19.33	0.76
L, м	0.18	11	0.18	0.6	0.007	0.18	11.6	0.18
v, м/с	-	0.6	-	0.12	-	-	0.6	-
$M_{рост}$ , НМ	607,6					401,8		
$J_{рост}$ , кгм <sup>2</sup>	685					545		
$M_{ролинь}$ , НМ	3425					2825		
$M_{ро.}$ , НМ	4032,6	607,6	-2817	607,6	-2817	3126,6	401,8	-2323
$M_{рс.}$ , НМ	19,28					12,75		
$M_{вс.}$ , НМ	20					13,3		
$M_{с.}$ , НМ	22					15,3		
$\omega_{с.}$ , рад/с	-	94,5	-	18,9	-	-	94,5	-
$J_{пр.}$ , кгм <sup>2</sup>	0,69					0,55		
J, кгм <sup>2</sup>	0,757					0,615		
$M_{дв.}$ , НМ	141	22	102,7	22	102,7	112,	15,3	86,62
t, с	0.6	19.3	0.8	2,7	0.16	0.66	19.3	0.76
$\alpha$ , рад	28,3	1890	37,8	54,8	1,5	3,1	1890	35,9

Для того чтобы определить, прошел ли двигатель проверку по производительности, следует сравнить суммарное фактическое время работы электропривода в цикле  $t_{\phi}$  и время работы  $t_p$ , заданное в исходных значениях для проектирования.

Просуммируем фактическое время, получившееся при расчетах:

$$t_{\phi} = \sum_{k=1}^m t_{\text{ек}} = 0,6 + 19,3 + 0,8 + 2,7 + 0,16 + 0,66 + 19,33 + 0,76 = 44,31 \text{ с};$$

$$t_p = 45 \text{ с.}$$

Условие производительности выполнено, так как  $t_{\phi} < t_p$ .

Теперь следует проверить двигатель по нагреву. Для этого сравним среднеквадратичный момент с допустимым моментом электропривода при работе с фактической продолжительностью включения  $PВ_{\phi}$ .

Определяем фактическую продолжительность включения:

$$PВ_{\phi} = \frac{t_{\phi}}{t_{\psi}} \cdot 100\% = \frac{44,31}{45} \cdot 100\% = 98,5\%.$$

Рассчитываем момент:

$$M_{\text{кат}} = \frac{P_{\text{кат}}}{\omega_{\text{кат}}} = \frac{4000}{99,4} = 40,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Находим момент двигателя, допускаемый по нагреву для рассчитанного графика нагрузки:

$$M_{\text{доп}} = M_{\text{кат}} \cdot \sqrt{\frac{PВ_{\text{кат}}}{PВ_{\phi}}} = 40,2 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,98}} = 40,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Рассчитаем среднеквадратичный момент электропривода при фактической нагрузке по результатам предварительного расчета:

$$M_{CPKB} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m M_{cpk}^2 \cdot t_{\epsilon k}}{\sum_{k=1}^m t_{\epsilon k}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{141,2^2 \cdot 0,6 + 22^2 \cdot (19,3 + 2,7) + 102,7^2 \cdot (0,16 + 0,8) + 15,3^2 \cdot 0,16 + 112,2^2 \cdot 0,66 + 86,6^2 \cdot 0,7}{44,31}}$$

$$= 32,49 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Двигатель проходит по нагреву, так как выполнено условие  $M_{cpkb} \leq M_{доп}$  ( $32,49 \text{ Н}\cdot\text{м} < 40,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ), далее следует детальный точный расчет данного электропривода.

### 3 ВЫБОР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Выбор преобразователей осуществляется по каталогам электротехнической промышленности на базе номинальных данных предварительно выбранного двигателя:

$$U_{\text{нпч}} \geq U_{\text{нл}};$$

$$I_{\text{нпч}} \geq I_{1\text{н}},$$

где  $U_{\text{нл}}$ ,  $I_{1\text{н}}$  – соответственно номинальные линейное напряжение и фазный ток статора двигателя;

$U_{\text{нпч}}$ ,  $I_{\text{нпч}}$  – соответственно номинальные линейное напряжение и ток нагрузки преобразователя частоты.

Выбор преобразователя осуществляется на основании номинальных данных предварительно выбранного двигателя. Для асинхронного двигателя выбираем преобразователь частоты фирма Altivar 31 версии ATV312HU40N4 со встроенными фильтрами ЭМС. Номинальное напряжение 380В, Частота 50Гц.

Таблица 3.1 – Характеристики преобразователя ATV312HU40N4

Наименование показателя	Размерность	Величина
Мощность	кВт	4
Ток в установленном режиме	А	9,5
Перегрузка 60 сек.	А	14,3
Мощность рассеиваемая при номинальной нагрузке	Вт	150
Масса без упаковки	кг	3,100

Экономичное изделие

- Уменьшение затрат на разработку и установку благодаря ПО SoMove
- Быстрота ввода в эксплуатацию и оптимизация характеристик привода с помощью автоподстройки
- Полная аппаратная и программная совместимость с ПЧ Altivar 31 в случае его замены
- Уменьшенные габариты шкафов благодаря компактности изделия (встроенные фильтры ЭМС и возможность установки вплотную друг к другу)



Рисунок 3.1 – Внешний вид преобразователя

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ – 13.03.02.2018.922.01 ПЗ

Лист

34

# Схема подключения преобразователя частота Altivar 31

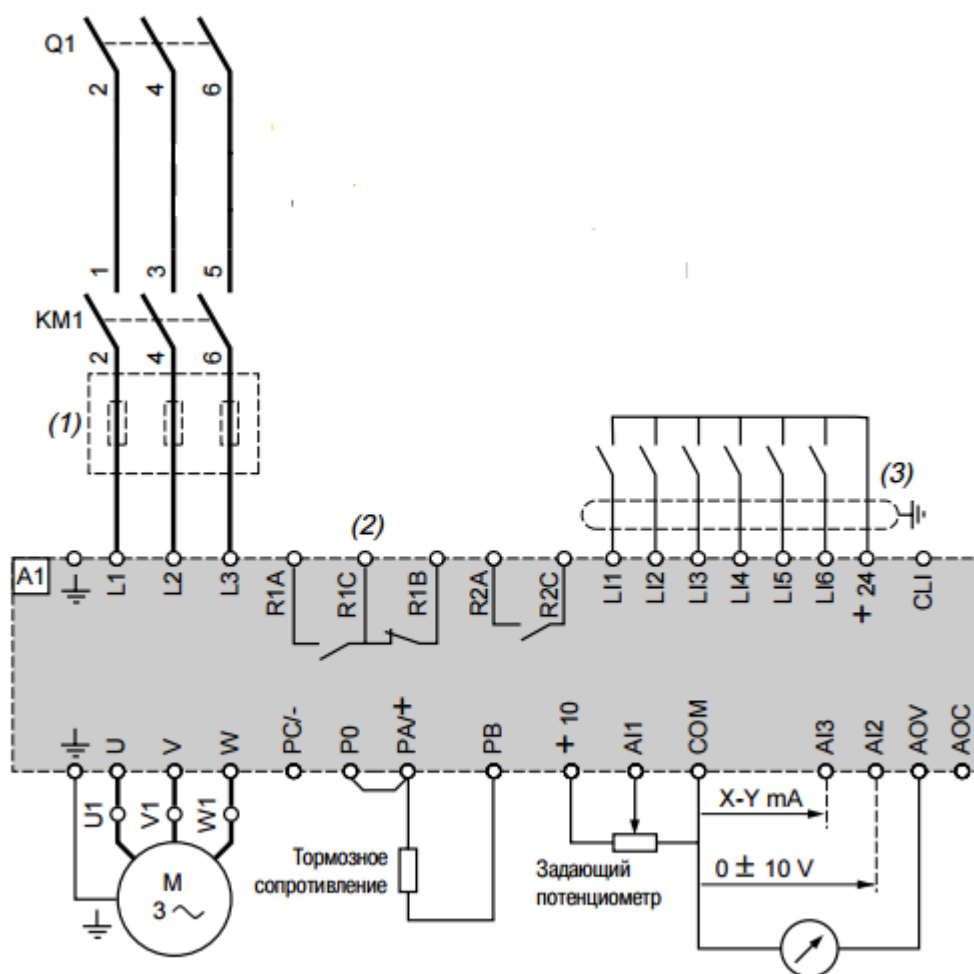


Рисунок 3.2 – Электрическая схема преобразователя

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



## 4 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Целью данного расчета является обеспечение технологических задач, заложенных в требования к электроприводу. Технологические скорости рабочего и обратного хода в установившемся режиме, пониженные скорости при пуске и остановке рабочего органа должны быть обеспечены с заданной степенью точности.

### 4.1 Предварительный расчет сопротивлений цепей

Синхронная скорость вращения поля статора

$$\omega_{0H} = \frac{2 \cdot p_i \cdot f_{1H}}{p_H} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{3} = 104.667 \text{ рад/с.}$$

Расчитываем критическое скольжение по формуле:

$$S_K = S_H \cdot \frac{\mu_K \pm \sqrt{\mu_K^2 - 1 + 2\alpha \cdot S_H (\mu_K - 1)}}{1 - 2\alpha \cdot S_H (\mu_K - 1)}. \quad (24)$$

Для этого расчитаем перегрузочную способность асинхронного двигателя:

$$\mu_K = \frac{M_{\max}}{M_H} = 2,2.$$

Номинальное относительное скольжение расчитывается по формуле:

$$S_H = \frac{\omega_{0H} - \omega_H}{\omega_{0H}}. \quad (25)$$

$$S_H = \frac{104,72 - 99,4}{104,72} = 0,05.$$

Номинальное относительное скольжение составляет 5%.

$$S_K = 0,05 \cdot \frac{2,2 \pm \sqrt{2,2^2 - 1 + 2 \cdot 0,05(2,2 - 1)}}{1 - 2 \cdot 0,05(2,2 - 1)} = 0,25.$$

Расчитаем электромеханические характеристики электропривода с помощью формулы профессора В.А. Шубенко.

Ток холостого хода( ток намагничивания):

$$I_{\mu H} = I_{1H} \left( \sin \varphi_H - \frac{S_H}{S_K} * \cos \varphi_H \right). \quad (26)$$

$$\sin \varphi_H = \sqrt{1 - (\cos \varphi_H)^2} = \sqrt{1 - 0,81^2} = 0,59.$$

$$S_H = 0,05; \quad S_K = \pm 0,25.$$

$$I_{\mu H} = 9,2 \left( 0,59 - \frac{0,05}{0,25} * 0,81 \right) = 3,93 \text{ A.}$$

Ток статора:

$$I_1 = \sqrt{I_{\mu H}^2 + (I_{1H}^2 - I_{\mu H}^2) \frac{M * S}{M_H * S_H}} =$$
$$= \sqrt{3,93^2 + (9,2^2 - 3,93^2) \frac{88,44 * 0,25}{40,2 * 0,05}} = 27,86 \text{ A.}$$

Ток ротора:

$$I_2 = I_{2H} * \sqrt{\frac{M * S}{M_H * S_H}} = 7,45 * \sqrt{\frac{88,44 * 0,25}{40,2 * 0,05}} = 24,7 \text{ A.}$$

Приведенное активное сопротивление ротора

$$r'_2 = \frac{M_n \cdot \omega_{OH}}{3 \cdot I_{2K}^2} = \frac{40,2 * 104,72}{3 * 55,2^2} = 0,46.$$

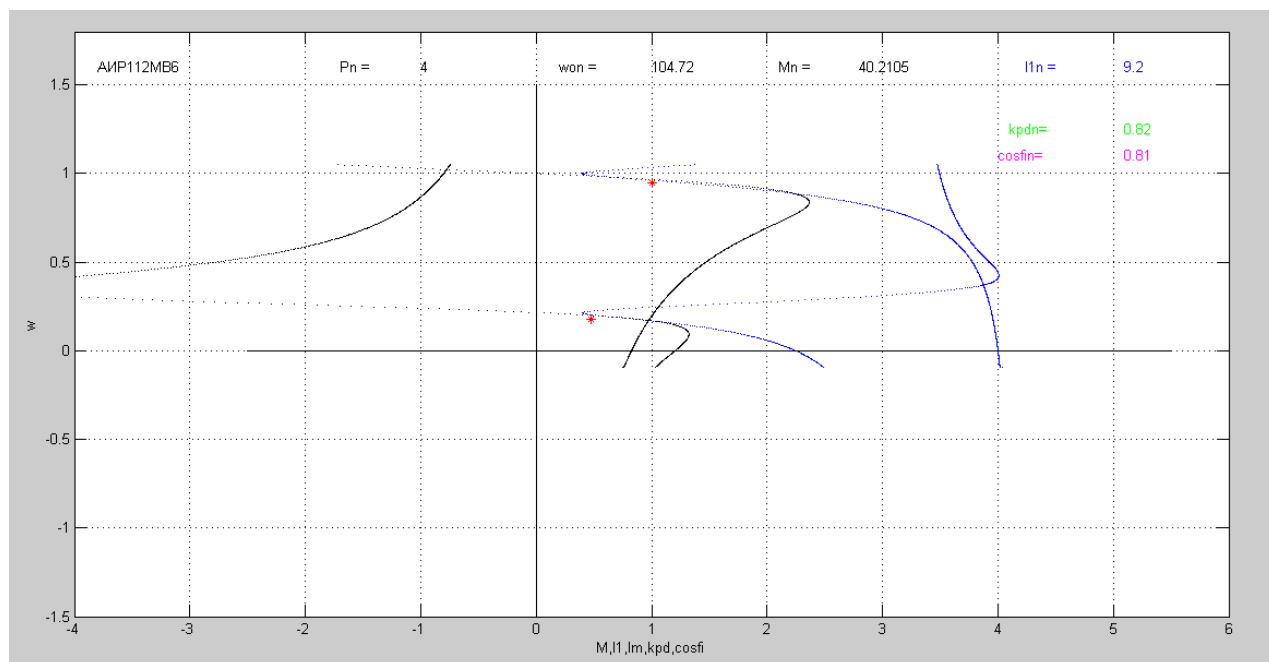


Рисунок 4.1 – Статические характеристики асинхронного двигателя

## 4.2 Расчет переходных процессов

Расчет переходных режимов необходим:

- для определения времени и характера протекания;
- для оценки их соответствия требованиям технологического процесса рабочего органа;
- для оценки механических и электрических перегрузок;
- для правильного выбора мощности двигателей, преобразователей и аппаратуры управления.

Переходные процессы электропривода возникают при изменении управляющих и возмущающих воздействий.

На характер переходного процесса оказывают существенное влияние механическая инерция электропривода, жесткость механической передачи, электромагнитная инерция обмоток двигателя и элементов преобразователя.

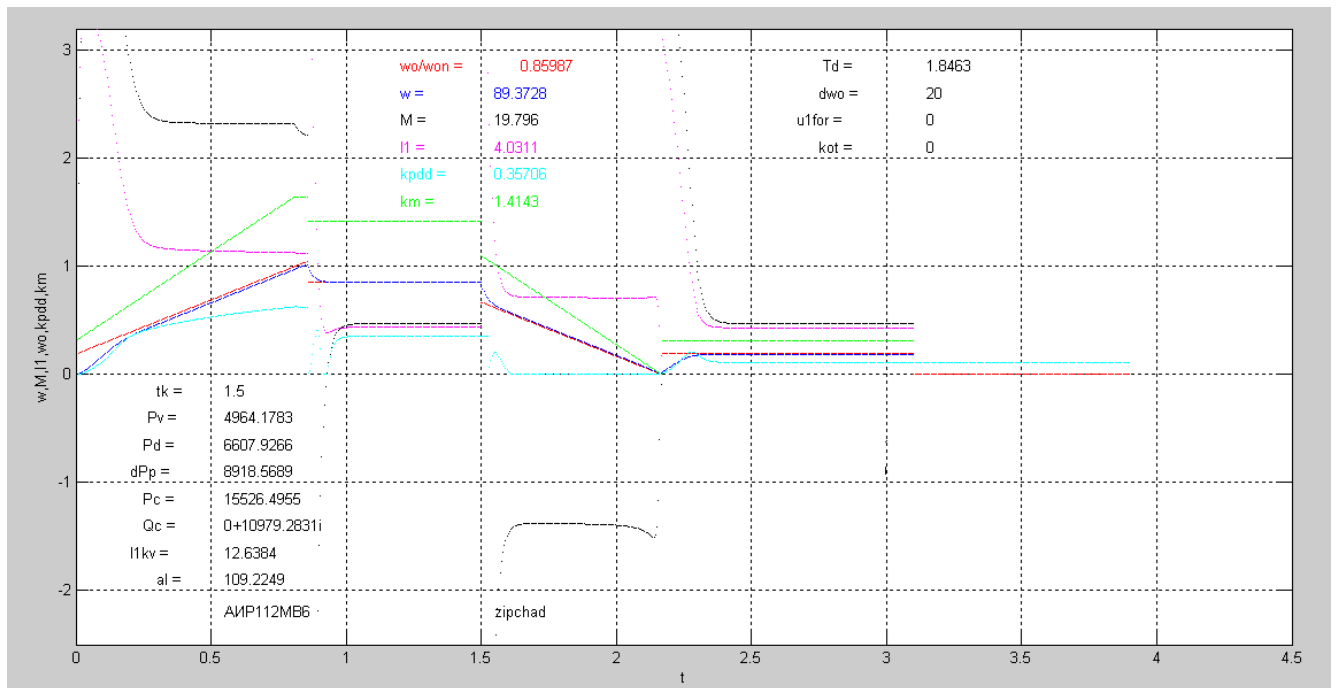


Рисунок 4.2 – Переходный процесс с заготовкой

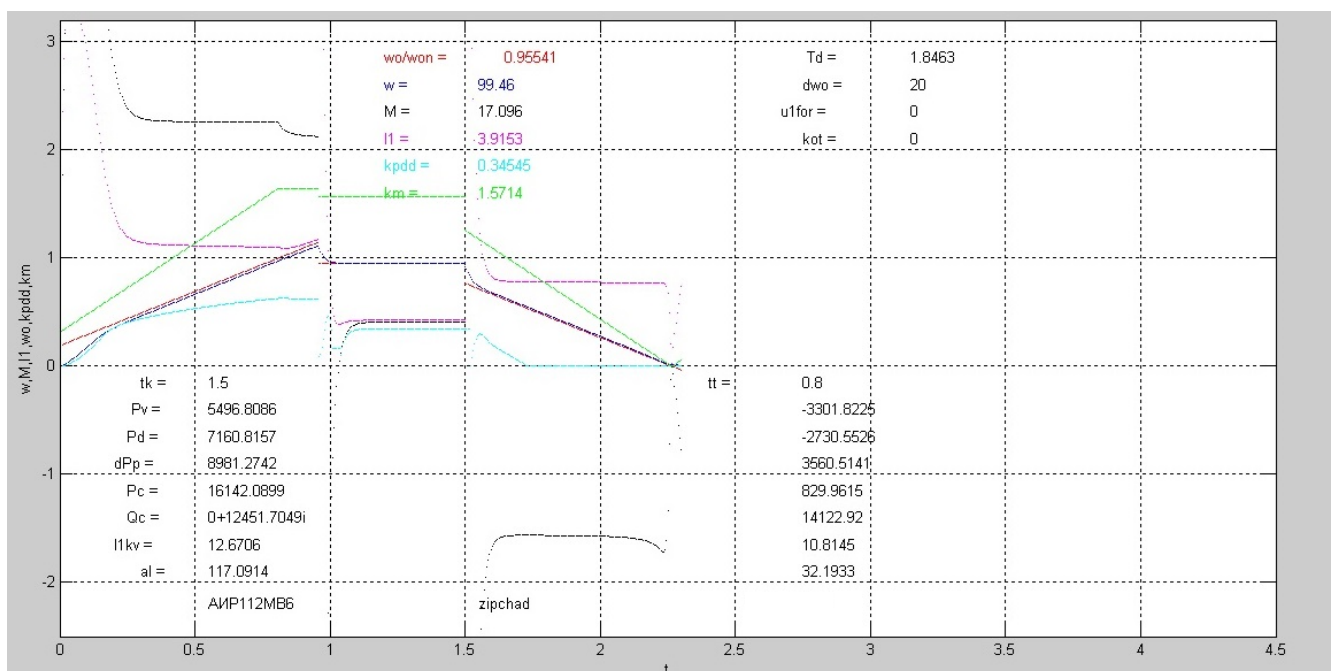


Рисунок 4.3 – Переходный процесс с половиной заготовки

## 5 АВТОМАТИЗАЦИЯ

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций.

### 5.1 Описание автоматизации рольганга

Необходимо выполнить автоматизацию рольганга. Рольганг должен переходить на пониженную скорость, останавливаться в определенный момент и запускаться повторно. В исходном состоянии рольганг находится в положении 1, система в ожидании заготовки.

При поступлении заготовки на рольганг включается датчик 1 и запускается рольганг. Заготовки начинают передвигаться с рабочей скоростью. После того как заготовка переезжает датчики 2 и 5, которые находятся вблизи ножниц, рольганг включает пониженную скорость. Заготовка передвигается до датчика 3 и останавливается. Для того, чтобы заготовка не переехала заданную позицию, стоит ограничитель. После остановки с задержкой времени начинается рез ножницами. Рез контролирует датчик 4. Как только ножницы порезали заготовку, с задержкой времени половина заготовки снимается опрокидывателем (отводящим транспортером) и рольганг запускается повторно для снятия второй части заготовки. Затем цикл повторяется.

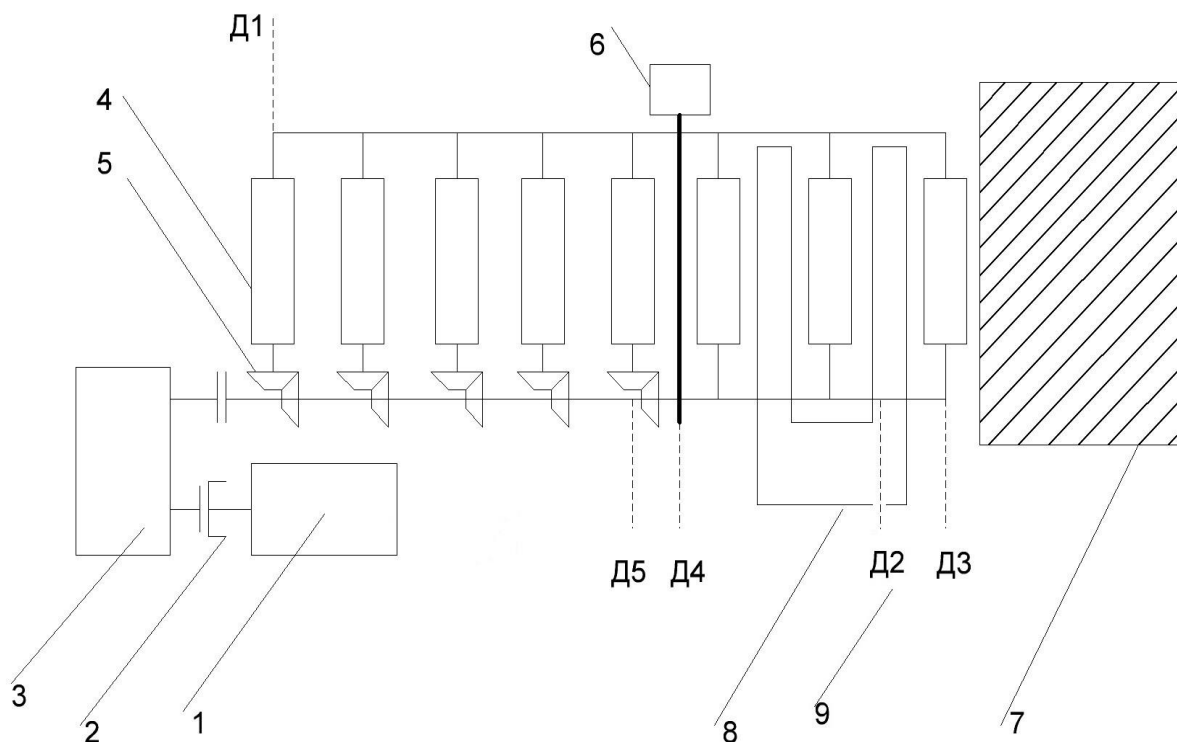


Рисунок 5.1 – Кинематическая схема автоматизации рольганга

Разрабатываемая схема автоматизации должна функционировать в ручном и автоматическом режимах. В ручном режиме управление технологическим процессом должно происходить с пульта управления оператора. В случае аварии обеспечивается сигнализация кратковременным звонком и красным светом сигнальной лампы. Также система автоматизации обязана иметь сигнал готовности механизмов, индикацию всех их положений, так как оператор может быть лишен их видимости.

## 5.2 Разработка алгоритма автоматизации управления механизмами объекта

Система автоматизации должна обеспечивать работу устройства без участия оператора. Функции оператора должны сводиться к подаче напряжения на все элементы системы и постановке тумблера выбора режима «Авто/Руч» в положение «Авто» - автоматический режим. Далее оператор оценивает ситуацию на производственном участке и, если есть возможность начать работу в автоматическом режиме, запускает систему в работу.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Если же ситуация на производственном участке не позволяет начать работу в автоматическом режиме, он должен в ручном режиме привести оборудование к тому состоянию, из которого система может быть введена в автоматический режим работы. Переход на ручной режим работы осуществляется переводом тумблера «Авто/Руч» в положение «Руч».

В автоматическом режиме система автоматизации должна обеспечить следующие функции:

- движение заготовки вперед на рабочей скорости;
- движение заготовки на пониженной скорости;
- остановка в указанном месте;
- рез ножницами;
- снятие первой части заготовки;
- повторный пуск половины заготовки;
- снятие оставшейся части заготовки;

Помимо команд на исполнительные механизмы нужно задействовать выходные сигналы и на индикацию и сигнализацию системы. На пульте оператора выведем следующие сигналы:

- сигнал готовности схемы;
- сигнал аварии;
- сигнал звонок;

В систему автоматизации ввели следующие оптические датчики, которые будут говорить о присутствии заготовки:

- датчик наличия заготовки на рольганге;
- датчики переход на пониженную скорость;
- датчик присутствия заготовки перед ножницами;
- датчик реза;
- датчик остановки заготовки.

Для управления механизмом в ручном режиме введен пульт управления. Пульт управляет пуском, скоростями и стоп, а также сигнал аварии–стоп для всей системы.

- ручной или автоматический режим;
- кнопка пуск;
- кнопка пониженная;
- пуск автоматического режима;
- сброс аварии;
- авария в системе.

Таблица 5.1 – Сигналы и команды в автоматизации

	Наименование сигнала или команды	Обозначение	Логическая единица
Входные сигналы			
1	ручного режима	руч	нажата
2	автоматического режима	авто	нажата
5	Пуск	пуск	нажата
6	Пониженная скорость	пон	нажата
7	ножницы	рез	нажата
8	Снятие заготовки	С31, С32	нажата
10	Гл.стоп	Гл.Стоп	нажата
11	Датчик 1	Д1	Есть
12	Датчик 2	Д2	Есть
13	Датчик 3	Д3	Есть
14	Датчик 4	Д4	Есть
15	Датчик 5	Д5	Есть



Продолжение таблицы 5.1

Выходные сигналы			
1	Сигнал аварии	СА	включен
2	пуск	пуск	включен
3	пониженная	пониж	включен
4	ножницы	рез	включен
5	снятие заготовки	С31, С32	включен
6	стоп	стоп	включен

Сигнал готовности схемы ГС возникает в автоматическом режиме. Он возникает при условии, что рольганг пуст и все датчики отключены. В ручном режиме всю ответственность на себя берет оператор.

$$\text{Гот. Сис.} = \overline{Д1} \cdot \overline{Д2} \cdot \overline{Д3} \cdot \overline{Д4} \cdot \overline{Д5}.$$

Сигнал аварии СА возникает в автоматическом режиме тогда, когда нарушена последовательность работы датчиков. При определенных комбинациях датчиков, рольганг приводится в действие. Таких комбинаций 8. Все остальные 22 останавливают работу всей системы и выдают аварию, которая сопровождается миганием лампы и звуковым сигналом.

$$1. A = Д1 \cdot Д2 \cdot \overline{Д3} \cdot \overline{Д4} \cdot \overline{Д5}.$$

$$2. A = Д1 \cdot Д2 \cdot Д3 \cdot \overline{Д4} \cdot \overline{Д5}.$$

$$3. A = Д1 \cdot Д2 \cdot Д3 \cdot Д4 \cdot \overline{Д5}.$$

$$4. A = Д1 \cdot \overline{Д2} \cdot Д3 \cdot \overline{Д4} \cdot \overline{Д5}.$$

$$5. A = Д1 \cdot \overline{Д2} \cdot Д3 \cdot Д4 \cdot \overline{Д5}.$$

$$6. A = Д1 \cdot \overline{Д2} \cdot Д3 \cdot Д4 \cdot Д5.$$

$$7. A = Д1 \cdot \overline{Д2} \cdot Д3 \cdot \overline{Д4} \cdot Д5.$$

$$8. A = Д1 \cdot \overline{Д2} \cdot \overline{Д3} \cdot Д4 \cdot Д5.$$

$$9. A = Д1 \cdot \overline{Д2} \cdot \overline{Д3} \cdot \overline{Д4} \cdot Д5.$$

$$10. A = Д1 \cdot Д2 \cdot Д3 \cdot Д4 \cdot Д5.$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

$$11.A = D1 \cdot D2 \cdot \overline{D3} \cdot \overline{D4} \cdot D5.$$

$$12.A = D1 \cdot D2 \cdot \overline{D3} \cdot \overline{D4} \cdot \overline{D5}.$$

$$13.A = D1 \cdot D2 \cdot \overline{D3} \cdot D4 \cdot \overline{D5}.$$

$$14.A = D1 \cdot D2 \cdot D3 \cdot \overline{D4} \cdot D5.$$

$$15.A = \overline{D1} \cdot D2 \cdot \overline{D3} \cdot \overline{D4} \cdot \overline{D5}.$$

$$16.A = \overline{D1} \cdot D2 \cdot \overline{D3} \cdot D4 \cdot \overline{D5}.$$

$$17.A = \overline{D1} \cdot D2 \cdot D3 \cdot D4 \cdot \overline{D5}.$$

$$18.A = \overline{D1} \cdot D2 \cdot \overline{D3} \cdot D4 \cdot D5.$$

$$19.A = \overline{D1} \cdot \overline{D2} \cdot \overline{D3} \cdot D4 \cdot \overline{D5}.$$

$$20.A = \overline{D1} \cdot \overline{D2} \cdot D3 \cdot \overline{D4} \cdot \overline{D5}.$$

$$21.A = \overline{D1} \cdot \overline{D2} \cdot D3 \cdot D4 \cdot \overline{D5}.$$

$$22.A = \overline{D1} \cdot \overline{D2} \cdot \overline{D3} \cdot D4 \cdot D5.$$

Запуск двигателя рольганга возникает в двух режимах, как в ручном режиме, так и в автоматическом. Оператор переключает тумблер на пульте управление в положение «Авто». Отсутствие работы всех датчиков говорит о готовности системы. На рольганг подаётся заготовка. В этот момент включается датчик D1 и приводит систему в движение. Заготовка по рольгангу передвигается на рабочей скорости. В ручном режиме пуск осуществляется при нажатии кнопки «ПУСК» и при ее удержании заготовка едет вперед, как только отпускаем кнопку система останавливается.

$$\text{Пуск} = D1 \cdot \overline{D2} \cdot \overline{D3} \cdot \overline{D4} \cdot \overline{D5}.$$

Движение вперед в автоматическом режиме продолжается до тех пор пока заготовка не наедет на датчи D2. С этого момента двигатель начинает работать на пониженной скорости. В ручном режиме мы переходим на низкую скорость нажатием кнопки «ПОНИЖ» и удерживает ее доопределенного положения заготовки.

$$\text{Пониж} = D1 \cdot D2 \cdot \overline{D3} \cdot D4 \cdot D5.$$

Сигнал двигателя СТОП1 возникает когда заготовка доходит до датчика Д3. Система останавливается и с задержкой времени  $\Delta t_1 = 3с$  включается рез ножницами. В ручном режиме стоп возникает в том случае когда отжимаем все кнопки. Только после того как все остановилось можем нажать на кнопку, которая отвечает за рез.

$$\text{Стоп1} = \overline{Д1} \cdot Д2 \cdot Д3 \cdot Д4 \cdot Д5.$$

$$\text{Рез} = \text{Стоп1} \uparrow 3с.$$

После того как заготовка распилена ножницами отключается датчик Д4, который отвечает за рез. Опрокидыватель ( отводящий транспортёр ) начинает снятие половины заготовки С31 с задержкой времени  $\Delta t_1 = 3с$ . В ручном режиме следуют просто нажать на кнопку о готовности снятия заготовки.

$$С31 = \overline{Д1} \cdot Д2 \cdot Д3 \cdot \overline{Д4} \cdot Д5.$$

После того как первая часть заготовки снята с рольганга, двигатель запускается повторно и перемещает вторую часть заготовки за ножницы . По аналогии с первым случаем, следуют нажать на кнопку «ПУСК».

$$\text{Пуск} = \overline{Д1} \cdot \overline{Д2} \cdot \overline{Д3} \cdot \overline{Д4} \cdot Д5.$$

Вторая часть передвигается на рабочей скорости до датчика Д3 и останавливается.

$$\text{Стоп2} = \overline{Д1} \cdot Д2 \cdot Д3 \cdot \overline{Д4} \cdot \overline{Д5}.$$

Последнее действие в цикле – это снятие второй части заготовки. Оно осуществляется с также задержкой времени  $\Delta t_1 = 3с$ . после стопа2. Когда заготовка снята все датчики отключаются и система готова к повторению цикла.

$$С32 = \text{Стоп2} \uparrow 3с.$$

### 5.3 Разработка функциональной схемы

На основе описания технологического процесса, алгоритма работы автоматизируемого объекта была составлена функциональная схема

В рассматриваемой системе автоматизации можно выделить следующие функциональные элементы:

- блок питания (БП);
- пульт управления;
- блок управления;
- преобразователь частоты (ПЧ);
- двигатель (М);
- датчики (Д1, Д2, Д3, Д4, Д5);
- табло индикации.

На функциональной схеме показана взаимосвязь отдельных элементов системы автоматизации. Основным связующим элементом является программируемый контроллер.

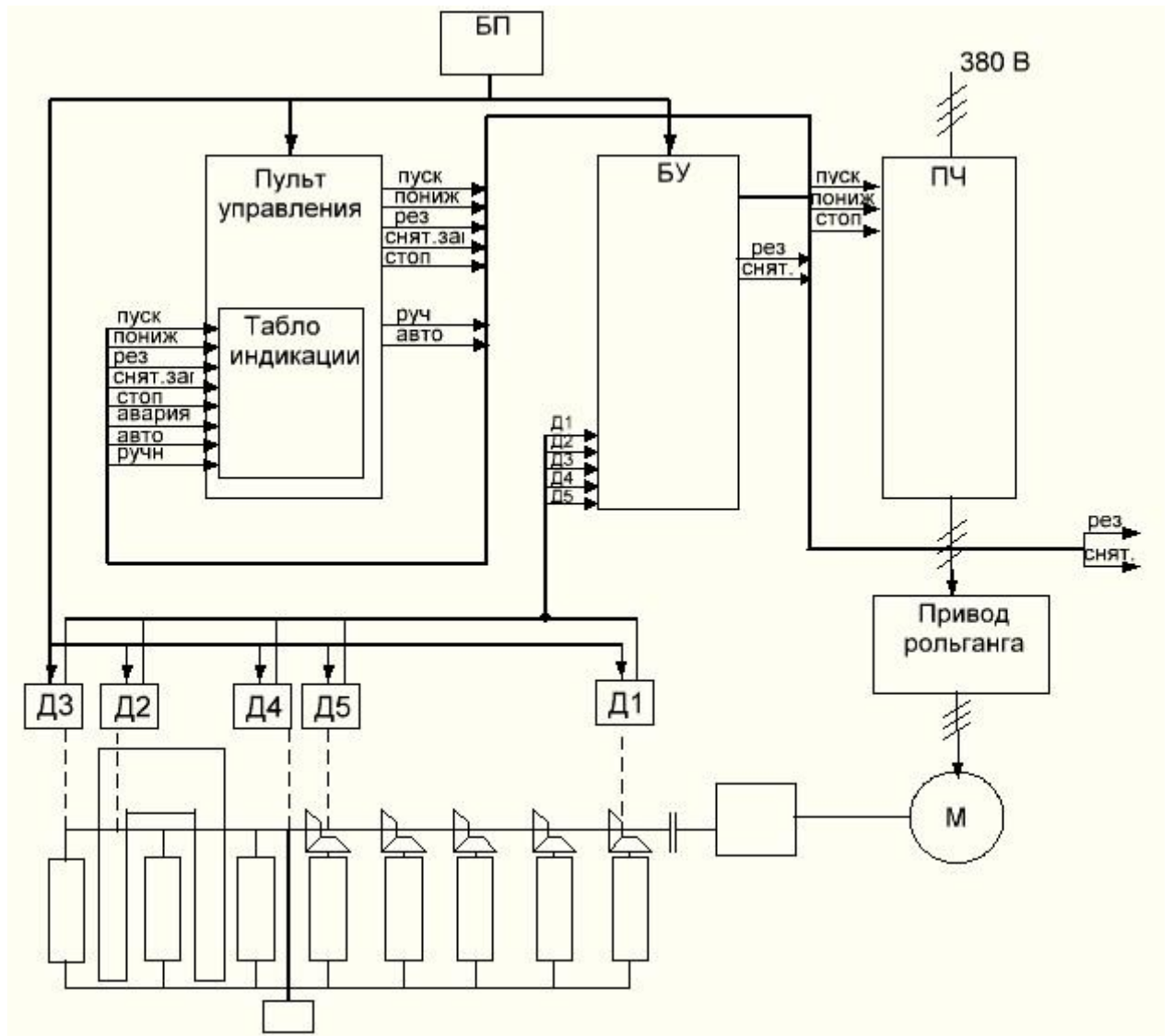


Рисунок 5.2– Функциональная схема автоматизации

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

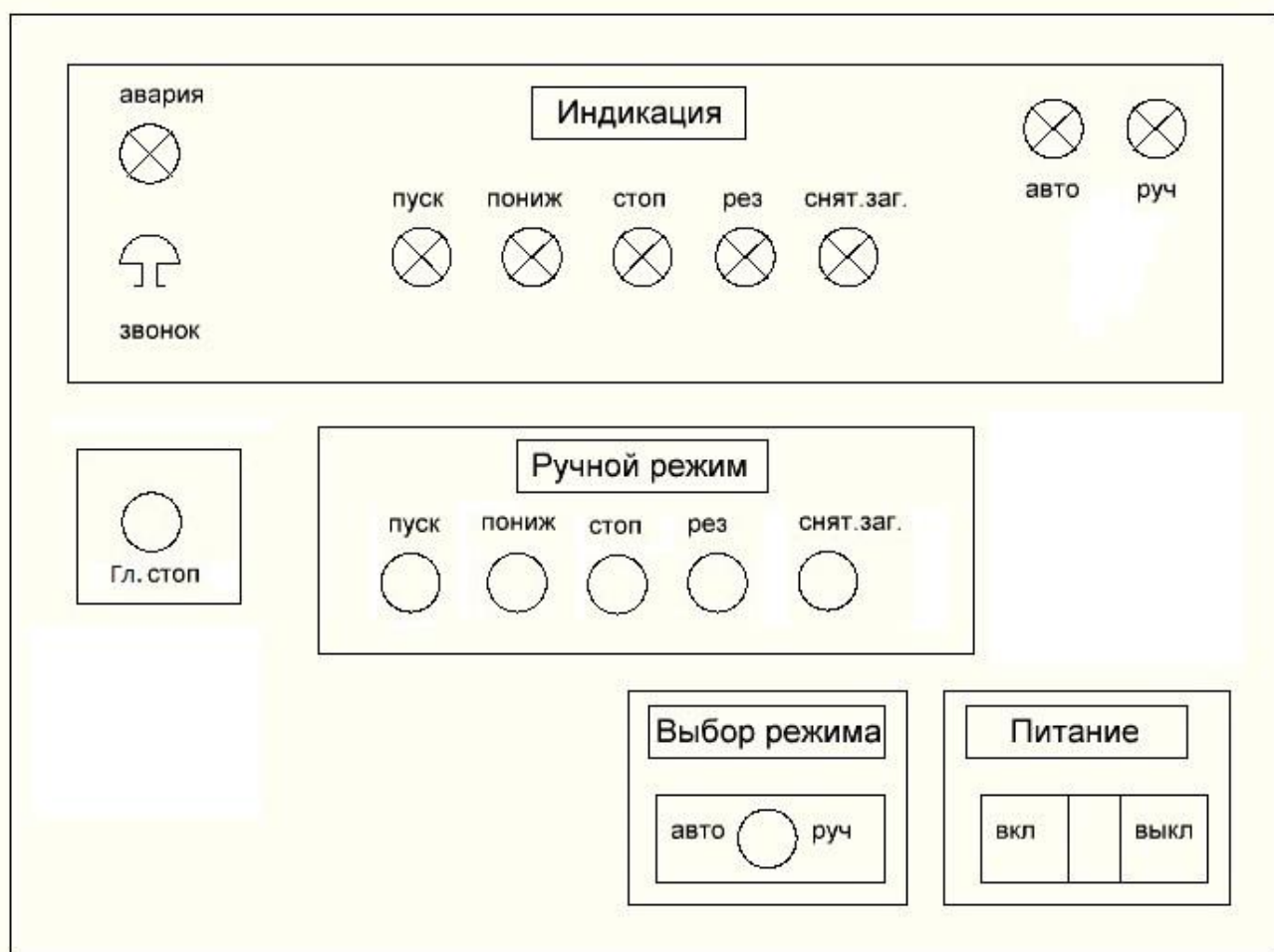


Рисунок 5.3 – Пульт управления системой

После подачи питания, тумблером «Авто/Руч» выбирается режим работы.

Кнопки «Пуск» и «Стоп» предназначены для управления системой в автоматическом режиме. Кнопки «пуск», «пониж», «стоп», «рез», «снят.заг.» предназначены для управления выбранным механизмом в ручном режиме.

Светодиоды «пуск», «пониж», «стоп», «рез» «снят.заг.» оповещают о работе системы при нажатии определённой кнопки.

Лампа «Авария» необходима для светового оповещения в случае возникновения аварии. Звонок необходим для звукового оповещения в случае возникновения аварии.

При нажатии на ладонную кнопку «Гл.Стоп» происходит мгновенное отключение всех механизмов.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

## 5.4 Выбор элементной базы автоматизации и преобразователей технической информации

5.4.1 В данной дипломном проекте блок управления системой автоматизации реализован на программируемом контроллере *Siemens Logo*. Аппаратные программные средства контроллера позволяют обеспечить выполнение всех типовых информационных и управляющих функций: сбор технологической информации, контроль и регулирование в соответствии с логическими уравнениями, изображение и передачу информации. Так как у модуля *Logo* серии *6ED1052-1MD00-0BA8* недостаточно вх/вых сигналов дополняем его расширением для блоков *LOGO! DM8 12/24R*. Область применения таких блоков имеет огромный диапазон, начиная с системы вентиляции и отопления, конвейерами и подъёмниками, заканчивая управлением дорожным движением.

Все модули *LOGO!* имеют встроенные входы, которые могут использоваться для ввода дискретных сигналов. Напряжение питания входных цепей соответствует напряжению питания модуля.

Выбор блока управления.



Рисунок 5.4 – Микроконтроллер *LOGO*

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 5.5 – Блок расширения

Таблица 5.2 – Технические данные блока расширения

U на вход, В	U на выход, В	выходной I <sub>н</sub> , А	Частота, Гц
100...240	24	4	50

#### 5.4.2 Выбор преобразователя:

Преобразователь частоты Altivar31

#### 5.4.3 Выбор сетевого дросселя:

Дроссели позволяют обеспечить оптимальную защиту при повышении напряжения в сети и уменьшить гармонические составляющие тока, вырабатываемые преобразователем частоты. Рекомендуемые дроссели позволяют ограничить линейный ток.

VW3A66501

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата





Рисунок 5.6 – Сетевой дроссель

Падение напряжения: От 3-5% номинального напряжения сети. Большие значения приводят к потерям момента.

Таблица 5.3 – Характеристики дросселя

Степень защиты	дроссель	<i>IP00</i>
	клеммник	<i>IP20</i>
Значение индуктивности (мГн)		10
Номинальный ток (А)		4
Потери (Вт)		45

#### 5.4.4 Выбор датчиков:

В качестве датчиков используем оптические датчики *Omron E3F2* в цилиндрическом корпусе с диффузионным отражением от объекта

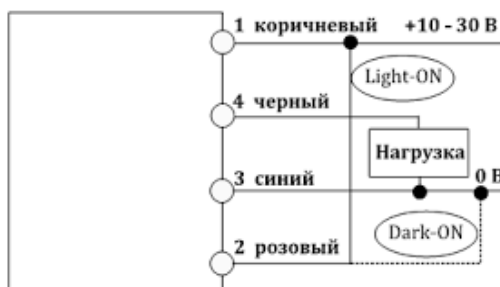


Рисунок 6.7 – Схема подключения датчика

В оптических датчиках Omron (Омрон, Япония) E3F2 с диффузионным отражением от объекта передатчик и приёмник света размещены в одном корпусе. Передатчик испускает световой луч, как только объект попадает в луч, то он отражает часть света от своей поверхности обратно в приёмник, в оптическом сенсоре происходит переключение, т.е. изменение функции на выходе. Необходимо иметь в виду, что расстояние зависит от размера, формы, цвета и типа поверхности объекта. Максимальные расстояния срабатывания рассчитаны для объекта с отражением 90%. Диффузионные оптические датчики Omron в цилиндрических корпусах выпускаются с различными расстояниями срабатывания и различными типами выходного сигнала.



Рисунок 5.8 – Внешний вид датчика

Таблица 5.4 – Технические данные датчика

Расстояние срабатывания, мм	Частота переключений, Гц	Тип излучателя	Потребляемый ток
1000	1000	красный	Не более 30мА

#### 5.4.5 Выбор блока питания:

Для обеспечения питания датчиков и модулей ввода/вывода необходимо выбрать блок питания. Требуемая мощность блока питания определяется суммой мощностей потребителей, нагруженных на него, причем для оптимального использования необходимо учитывать то, что не все потребители включены одновременно. Для упрощения выбора, а также для обеспечения запаса, мощность блока питания выбирается по суммарной мощности всех потребителей.

Таблица 5.5 – Расчет нагрузки для выбора блока питания

Потребитель	Количество потребителей, шт	Потребляемый ток, А	Напряжение
Датчик оптический	5	0,03	24
БУ	1	2	24
Индикаторные лампы	7	0,02	24
Суммарный ток потребителей			3

Выбран блок питания

LOGO! POWER =24 В/ 4.0 А, 90 Вт 6EP1332-1SH51



Рисунок 5.9 – Внешний вид блока питания

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

Таблица 5.6 – Характеристики блока питания БЕР1332-1SH51

Номинальное входное напряжение	~100 ... 240 В
Номинальное выходное напряжение	=24 В
Номинальный выходной ток	4.0 А

#### 5.4.6 Выбор элементов пульта управления:

Взрывозащищенные посты управления, индикации и сигнализации



Рисунок 5.10 – Пульт управления

Таблица 5.7 – Характерные данные

Температура окружающей среды, °С:	-60/-40...+40/+60/+85
Максимальное напряжение для кнопки переключателя, В:	~240 / ~380 / =110
Максимальная сила тока для одной контактной группы кнопки переключателя, А:	16 / 10 / 5

### Выбор коммутационной аппаратуры:

Коммутационная аппаратура Auspicious для пульта управления.

Кнопки благодаря которым будет осуществляться ручное управление.

Первая кнопка управляет пуском, т.е. движением вперед на рабочей скорости, вторая кнопка отвечает за движение на пониженной скорости.



Рисунок 5.11 – Виды кнопок

Ресурс оборудования Auspicious:

- Нажимные кнопки и блоки контактов - 1 000 000 операций.
- Переключатели - 600 000 операций.
- Светодиодные лампы - 100 000 часов.

Технические характеристики кнопок, переключателей и индикаторов Auspicious:

- Степень защиты IP65.
- Светодиодные индикаторы с питанием 12В, 24В и 220В.
- Три типоразмера для отверстия крепления с диаметрами 22 мм, 25 мм, 30 мм.
- Возможные цвета: красный, зеленый, синий, желтый, белый, черный.
- Кнопки с фиксацией и без нее, аварийные кнопки, различные исполнения головок кнопок.
- Переключатели на два и три положения с возвратом и без него.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- Напряжение питания ламп подсветки: =6В, =12В, =24В, =30В, =48В, ~110, ~220В и т.д.
- Электрическая прочность 5x10<sup>5</sup> с частотой 0,5Гц и скважностью 40%.

Индикаторные лампы ИЛ16 – 22/25DS предназначены для индикации состояния электрических цепей. Они применяются в пультах управления и электрошкафах подвижных и стационарных электроустановок в промышленном оборудовании и на объектах электроэнергетики.



Рисунок 5.12 – Индикаторные лампы

Кнопка МРМТЗ-10R красная с усиленной фиксацией Гриб 40мм поворотная



Рисунок 5.13 –Кнопка с фиксацией

#### 5.4.7 Пускатель магнитный 25А ~380В 1НО ПМУ

Подробные технические характеристики

Пускатель магнитный 25А ~380В 1НО ПМУ

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 5.14 – Магнитный пускатель

## 5.5 Разработка программного обеспечения системы автоматизации

Универсальный логический модуль *LOGO!* фирмы Siemens находится на международном рынке и с этого времени уже завоевал всемирную известность и очень полюбился широкому кругу пользователей. Благодаря большому количеству встроенных функций и невысокой стоимости, по сравнению со стандартной коммутационной техникой, *LOGO!* находит применение при решении задач автоматизации в бытовой технике, аппарато- и машиностроении.

Благодаря программному обеспечению *Logo* можно построить диаграммы функциональных блоков, те создать программу путем простого соединения элементов на поверхности программирования.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Таким образом, мы создали систему автоматизации рольганга. Входные блоки – это сигналы датчиков. Логические блоки «И» и «ИЛИ» формируют определенную комбинацию и подают сигнал на выход. Блок выхода – лампа, которая загорается при включении нужных датчиков. Она символизирует выходной сигнал, т.е. такие действия как:

- пуск;
- пониженная скорость;
- стоп;
- рез;
- снятие заготовки.

На рисунке 5.15 показана схема автоматизации построенная на функциональных блоках. Система без аварии.

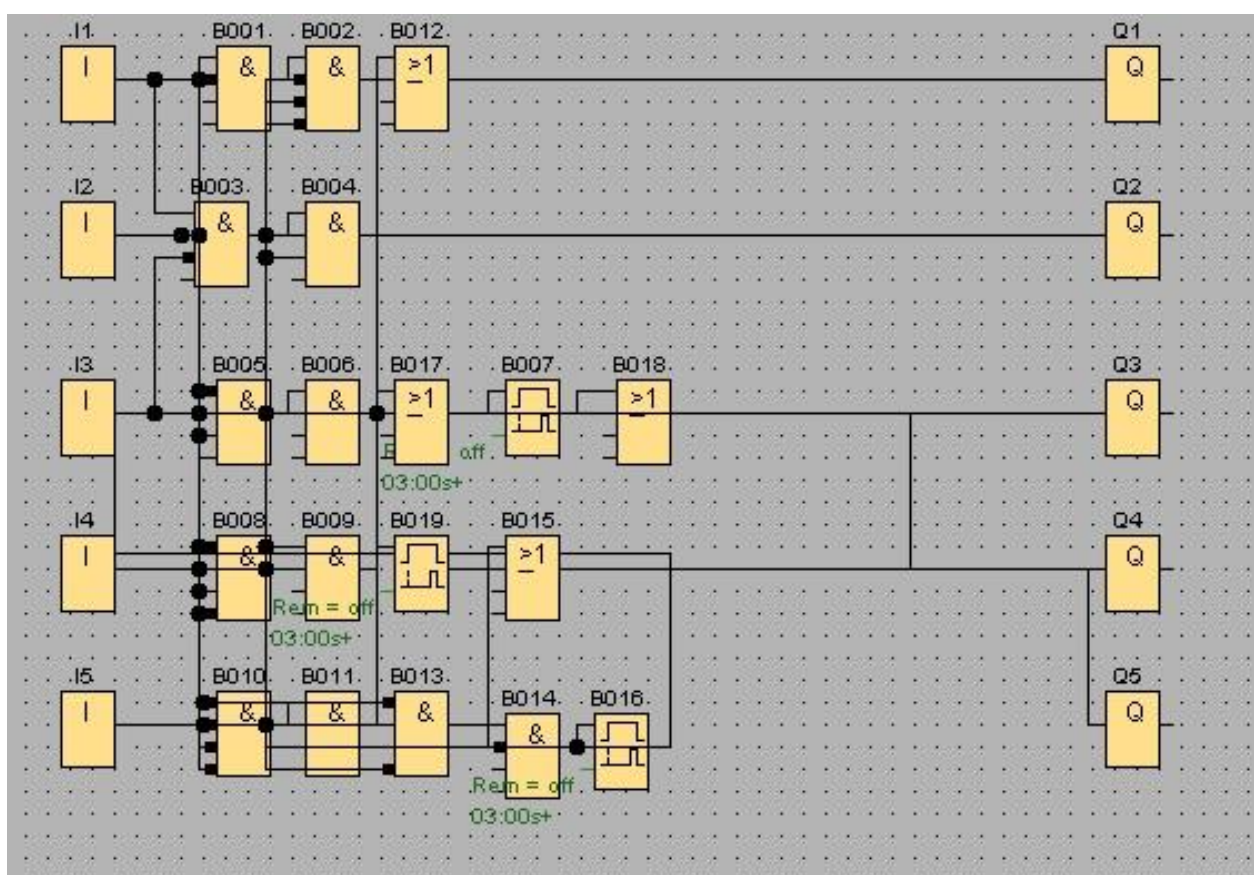


Рисунок 5.15 – Блок-схема



Теперь рассмотрим подробно симуляцию работы системы при работе каждого датчика.

Исходя из логических уравнений при включении датчика Д1 запускается рольганг. В окне симуляции загорается лампа Q1

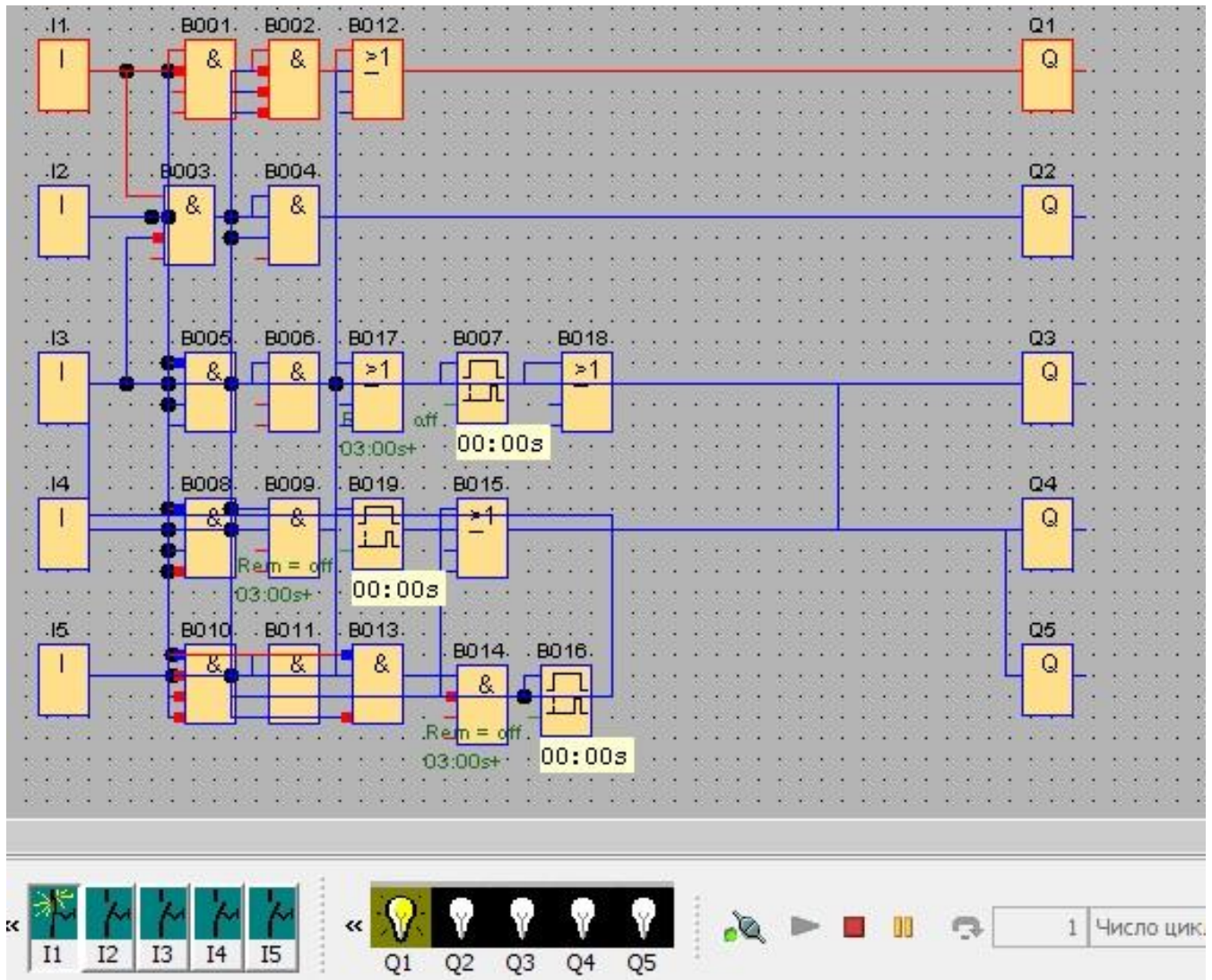


Рисунок 5.16 – Запуск двигателя

Электропривод переходит на пониженную скорость как только включается датчик Д2, но так как заготовка проезжает датчики Д5 и Д4 они также переходят во включённое состояние, тем самым включая лампу Q2.

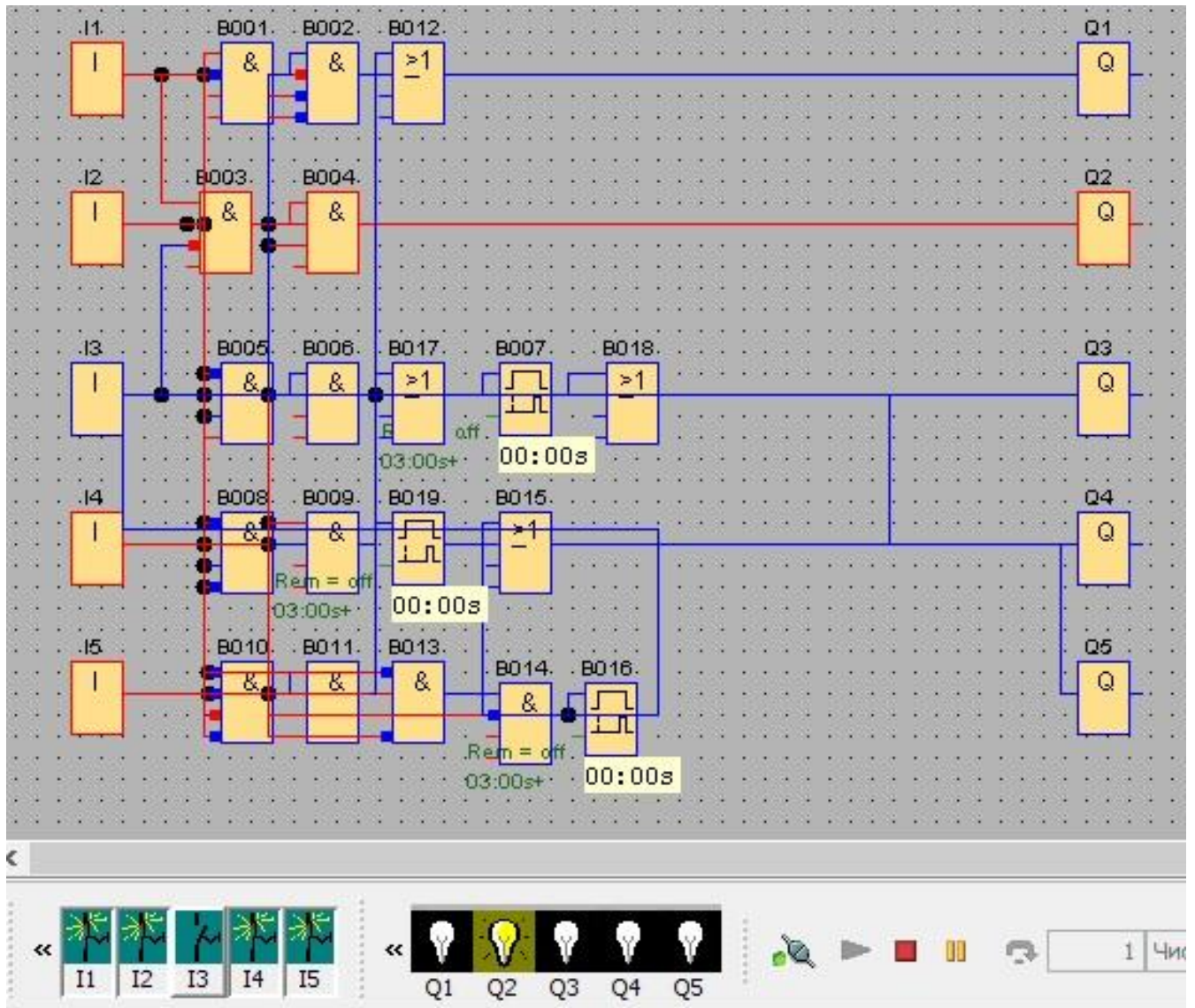


Рисунок 5.17 – Переход на пониженную схему

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



После того как заготовка достигла датчика ДЗ, к этому моменту датчик Д1 выключился, система останавливается и через 3 секунды начинается рез ножницами. Этот процесс мы наблюдаем на рис. Где Блок В007 отвечает за задержку времени в 3 секунды между сигналами стоп Q3 и рез Q4.

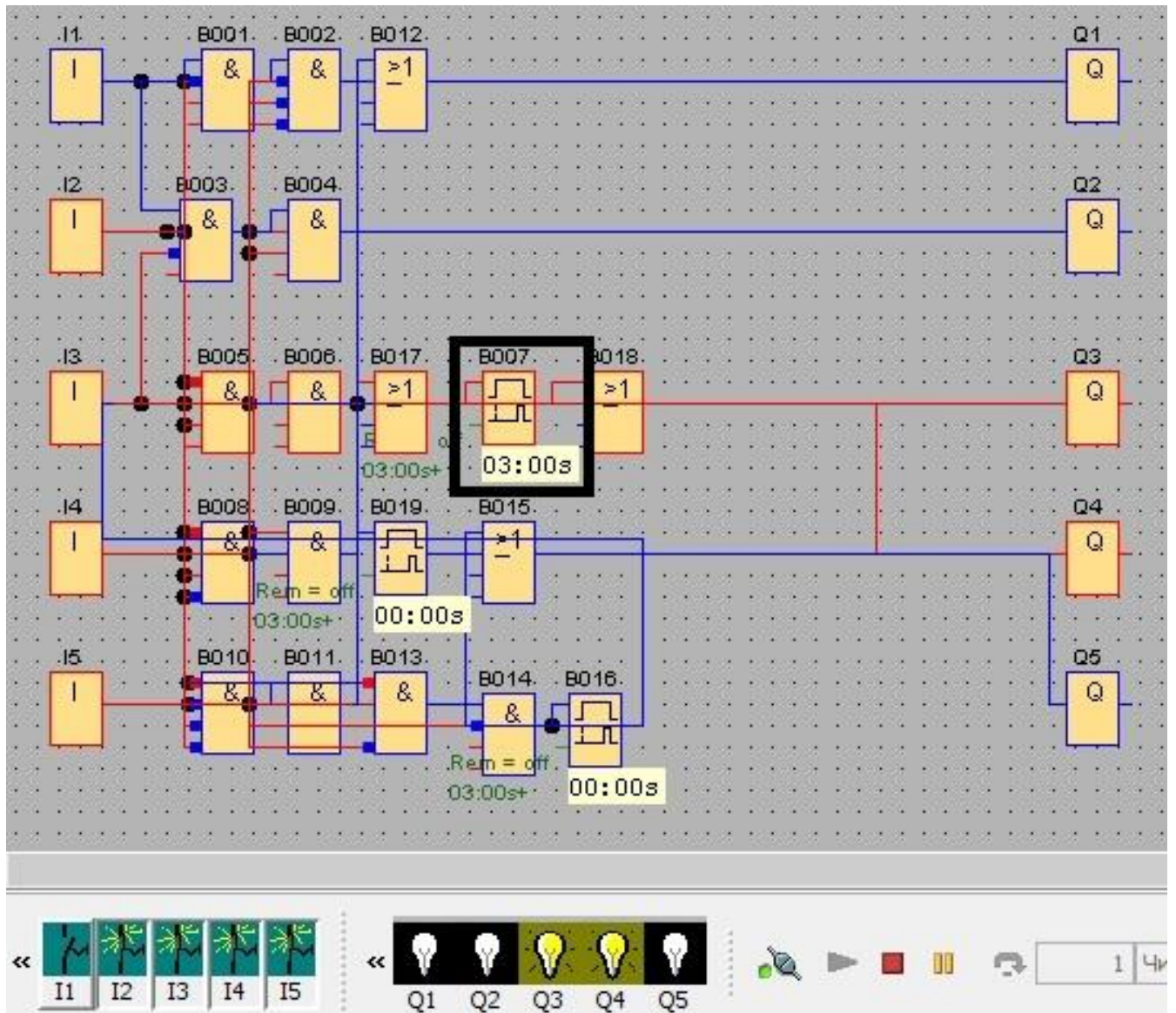


Рисунок 5.18 – Стоп и Рез

Когда рез осуществился, следует убрать с роликов первую часть заготовки.  
 Первое снятие заготовки в цикле отводящим транспортом происходит тогда, когда Д4 отключил сигнал. Отключение этого датчика говорит о том, что рез завершился. Снятие заготовки включается с задержкой времени, для того, чтобы ножницы успели принять исходное положение. Блок В019 отвечает за задержку. Сигнал СЗ – это блок Q5.

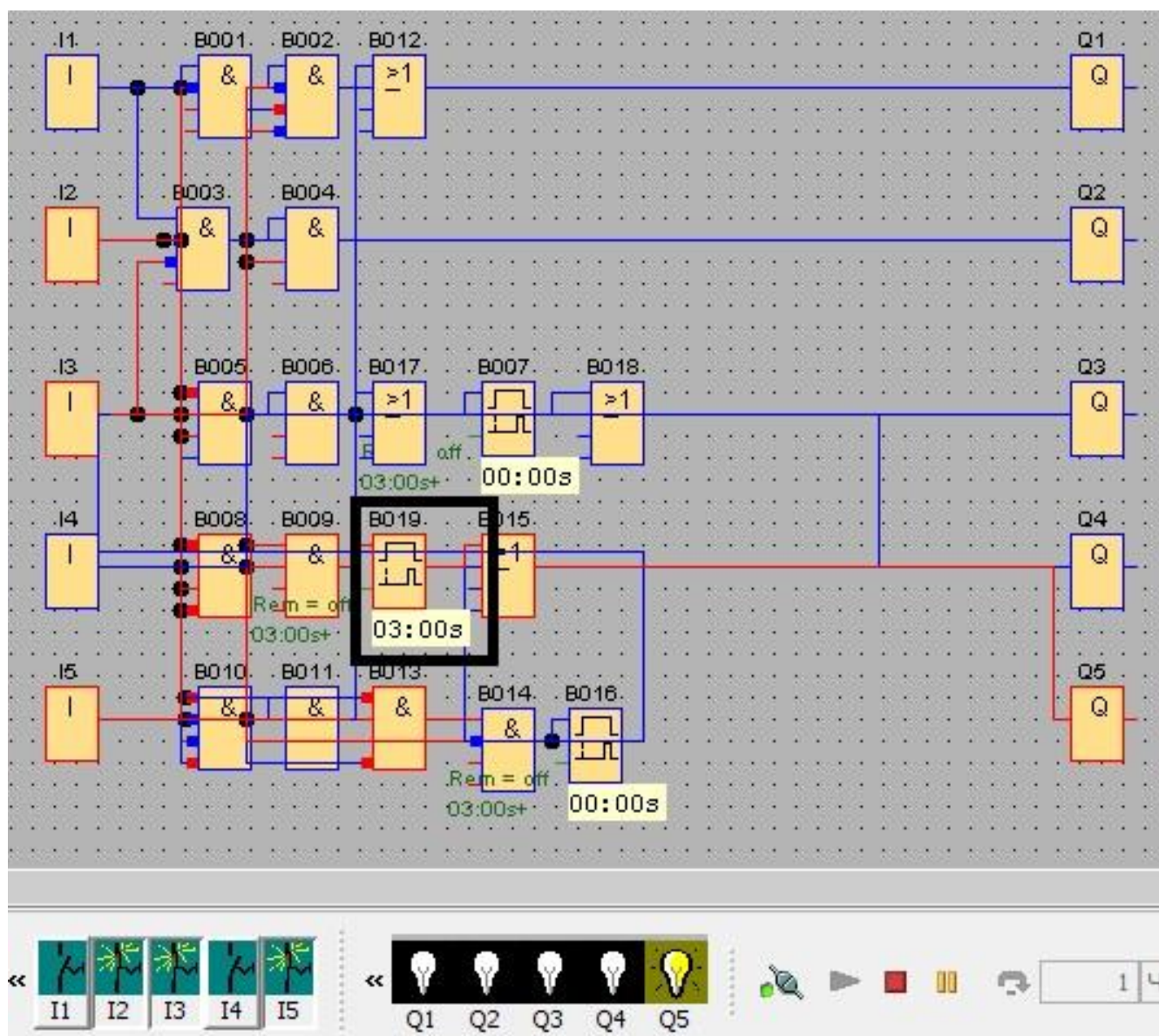


Рисунок 5.19 – Снятие заготовки 1



Как только отводящий транспортер снял заготовку и датчики Д2 и Д3 отключили сигнал, двигатель запускается повторно для перемещения второй части заготовки за ножницы. Так как передвижение заготовки будет на рабочей скорости, за сигнал «ПУСК2» будет отвечать лампа Q1.

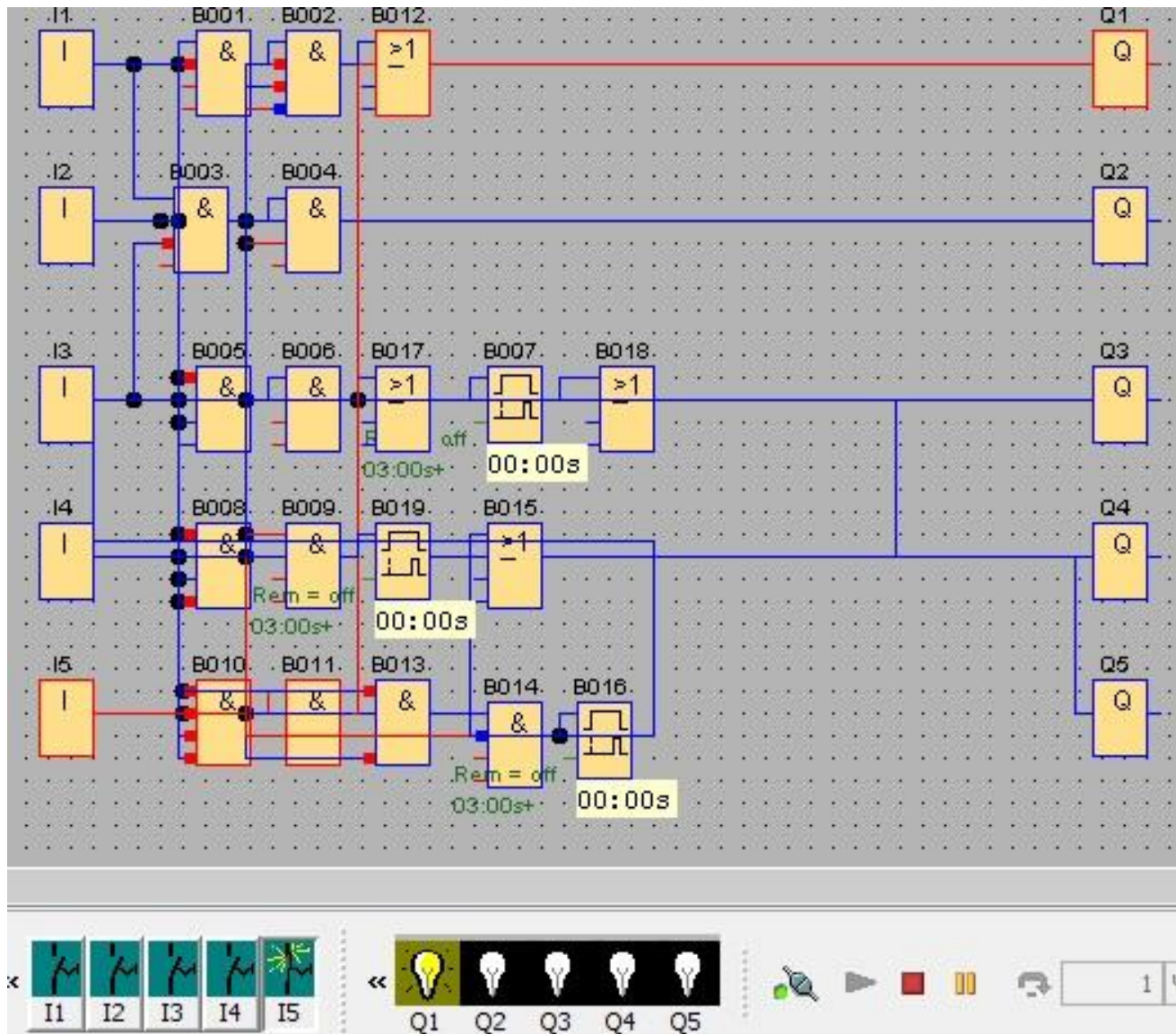


Рисунок 5.20 – Повторный запуск

Вторая часть заготовки перемещается за ножницы и включается датчик ДЗ, который отвечает за «СТОП» сигнал. Электропривод останавливается и с задержкой времени также в 3 секунды снимается вторая часть заготовки. Таким образом, мы завершаем цикл.

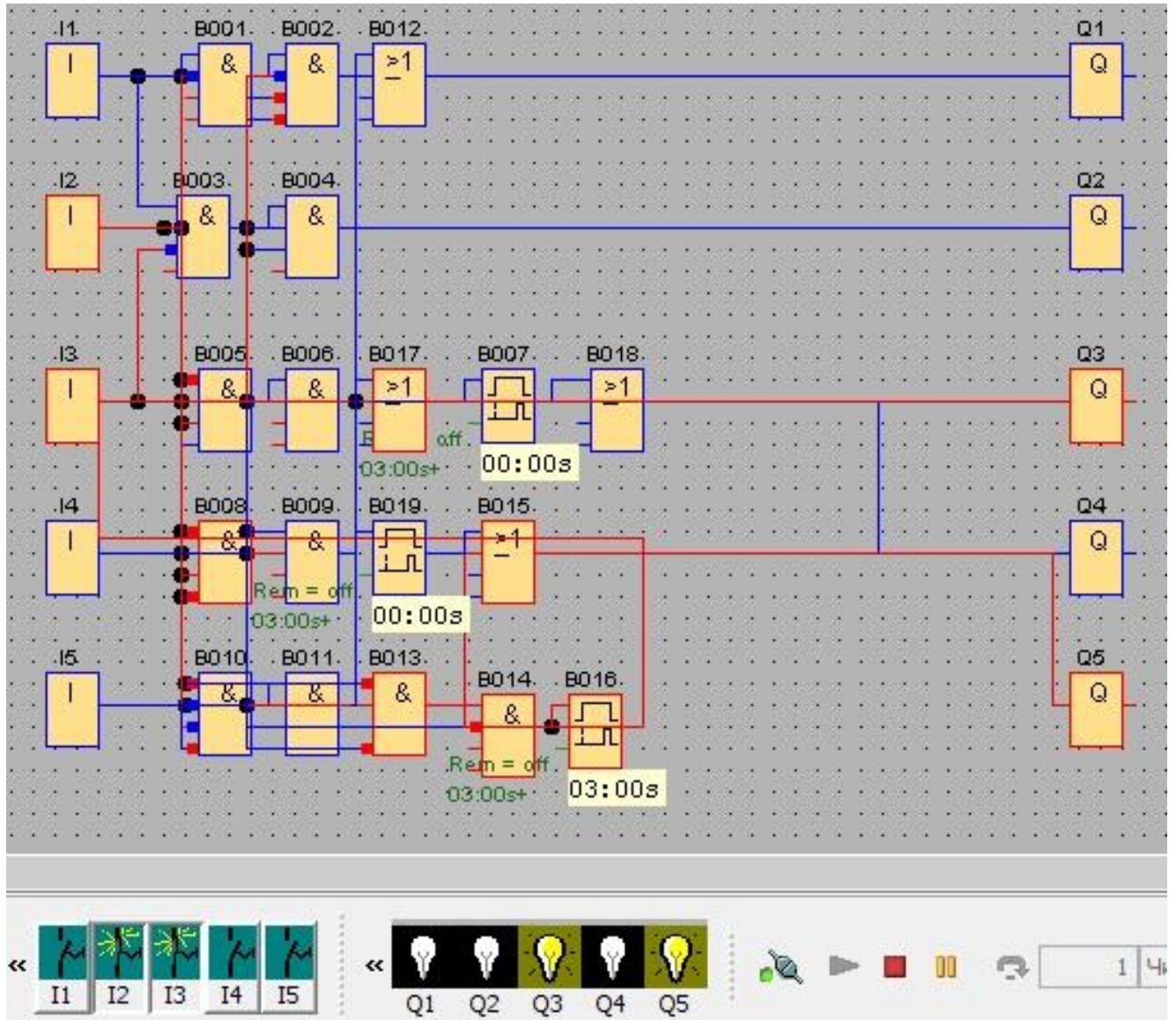


Рисунок 5.21 – Стоп и снятие заготовки 2

Листинг программы на релейно-контактной схеме:

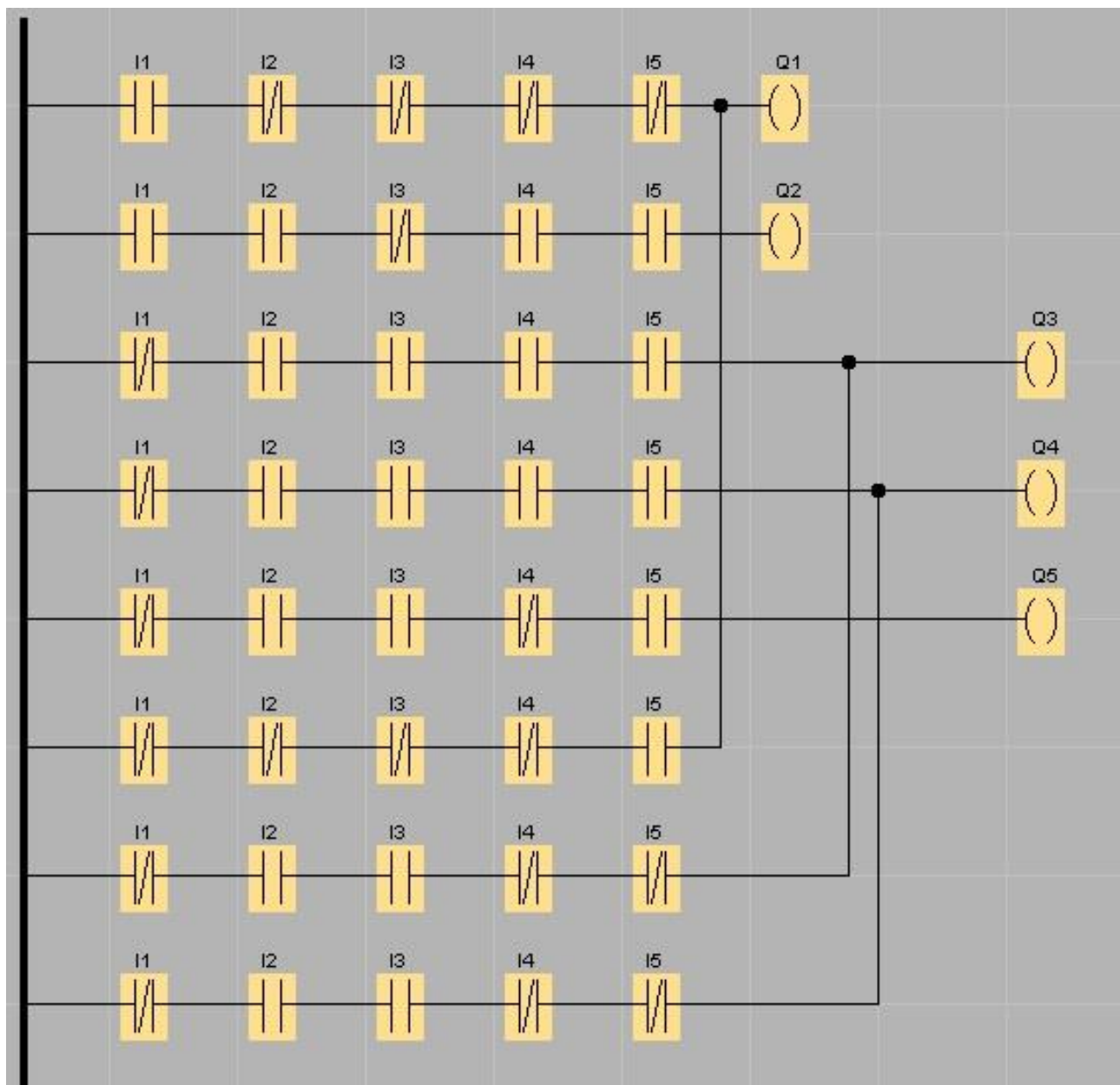


Рисунок 5.22 – Релейно-контактная схема

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 5.6 Разработка принципиальной схемы

В соответствии с функциональной схемой системы автоматизации и выбранной элементной базой составлена принципиальная схема.

### 5.6.1 Описание схемы

Автоматический выключатель QF1 выполняет функцию защиты системы от коротких замыканий.

Блок питания G1 с напряжением на выходе 24В запитывает основные низковольтные элементы: датчики, входные и выходные цепи модулей ввода/вывода контроллера А1.

В системе используются оптические датчики Д1-Д5. В соответствие со схемой, производится подключение информационных выходов датчика к входам модуля ввода.

Управление двигателем переменного тока М1 осуществляется с помощью преобразователя частоты А3. Они получают питание от сети трехфазного напряжения 380В.

Элементы пульта управления ST, HL подключены к модулям ввода/вывода

Система получает питание после включения пускателя КМ1, то есть нажатия на кнопку ST31. Аварийное отключение осуществляется нажатием на кнопку ST32 в цепи пускателя, тем самым обеспечивая защиты от самопроизвольного включения при исчезновении и последующем появлении питания. В соответствии с требованиями безопасности для обслуживающего персонала предусмотрена кнопка аварийного отключения ST33 грибкового типа.

Управление приводом осуществляется через программируемый контроллер А1, который, в зависимости от режима работы, включает и отключает привода в соответствии с входными сигналами и по заданной программе.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускного квалификационного проекта был разработан автоматизированный электропривод рольганга перед ножницами. По данным технического задания были рассчитаны статические моменты на каждом участке работы и построены нагрузочные диаграммы скорости и моментов рабочего органа.

По рассчитанной мощности был выбран асинхронный двигатель АИР112МВ6 с короткозамкнутым ротором, выбран редуктор ЦЗУ-160 с передаточным числом  $j_p = 31,5$  и преобразователь частоты АТV312НU40N4.

Была проведена предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности. Выбранный двигатель прошел указанные проверки.

Для выбранного двигателя были построены статические характеристики. и переходные процессы. Для системы ПЧ-АД были получены графики переходных процессов для всех режимов работы.

Разработана система автоматизации. Составлены логические уравнения. Был произведен выбор оборудования. Разработана функциональная схема. Используя функциональную схему, была составлена принципиальная схема и перечень элементов.

Алгоритм работы системы автоматизации был записан в программе *Logo siemens*, что позволило произвести симуляцию работы системы автоматизации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Драчев, Г.И. Теория электропривода: учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2012. – 168 с.
- 2 Борисов, А.М. Автоматизация технологических процессов (технические средства, проектирование, лабораторный практикум): Учебное пособие / Н.Е. Лях. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – Ч.1. – 404 с.
- 3 Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.
- 4 Борисов, А.М. Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, Н.А. Логинова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 186с.
- 5 Лихачев, В.Л. Электродвигатели асинхронные. – Издательство: СОЛОН – Р, 2002. – 304 с.
- 6 Митин, Г.П. Условные обозначения в отечественных и зарубежных электрических схемах. – М.: Издательство: Изумруд, 2003. – 224 с.
- 7 Клюев, А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Клюев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А.А. Клюев; Под ред. А.С. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
- 8 Усольцев, А.А. Частотное управление асинхронными двигателями: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 95 с.
- 9 Каталог асинхронных двигателей АИР – <http://electronpo.ru/production>
- 10 Каталог редукторов – <http://reduktor-union.ru/reduktor.C3U.1C3U.160.html>
- 11 Преобразователь частоты *Altivar31* – <http://www.elektroportal.com/series/show/preobrazovatel-chastoty-altivar31>
- 12 Микроконтроллеры *Logo siemens* – <http://www.cta.ru/cms/f/342605.pdf>
- 13 Устройство локальной автоматики – <http://www.cta.ru/cms/f/341710.pdf>

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата