

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Энергетический факультет
Кафедра «Автоматизированный электропривод»
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
автоматизированного электропривода,
Профессор, доктор наук
_____ / М.А. Григорьев /
« ____ » _____ 2020 г.

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД УПРАВЛЕНИЯ ВОРОТАМИ
ГАРАЖА**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПО ПРОГРАММЕ БАКАЛАВРИАТА
«ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»
ЮУрГУ–13.03.02.2020.220 ВКР**

Руководитель, кандидат технических
наук, доцент кафедры
«Автоматизированный электропривод»
_____ / А. Н. Горожанкин /
« ____ » _____ 2020 г.

Автор работы,
бакалавр группы П-477
_____ / Н. А. Широченко /
« ____ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер, кандидат
технических наук, доцент кафедры
«Автоматизированный электропривод»
_____ / Т. А. Функ /
« ____ » _____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Широченко Н.А. Автоматизированный электропривод управления воротами гаража – Челябинск: ЮУрГУ, Э; 2020, с., 77 ил., 16 табл., библиографический список – 20 наим., 1 лист чертежа ф. А3

В выпускном квалификационном проекте был спроектирован и автоматизирован электропривод управления ворот гаража. В проекте был произведен выбор электродвигателя исходя из расчетов среднеквадратичного момента и коэффициента повторного включения. Далее были выбраны редуктор и преобразователь частоты. Электродвигатель был проверен по нагреву, были рассчитаны энергетические показатели электропривода, чтобы удостовериться в правильности выбора и рациональном использовании потенциала его потенциала. Следующим этапом было написание алгоритма работы процесса и написание по этому алгоритму логических уравнений. Далее был произведен выбор контроллера, датчиков и блока питания. В заключении были разработаны функциональная и принципиальная схемы.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Широченко Н.А.				Автоматизированный электропривод управления воротами	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Горожанкин А.Н.						4	
Реценз						ЮУрГУ Кафедра АЭП		
Н. Контр.	Функ Т.А.							
Утверд.	Григорьев М.А.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	6
1.1 Виды гаражных ворот.....	6
1.2 Описание конструкции ворот и задачи проектирования	14
2. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ...	17
2.1 Выбор начальных данных для расчёта	17
2.2 Расчет моментов статических сопротивлений и предварительный расчет мощности электродвигателя.....	18
3. ВЫБОР ТИПА ДВИГАТЕЛЯ	24
4. ВЫБОР РЕДУКТОРА.....	25
5. ПРИВЕДЕНИЕ МОМЕНТОВ К ВАЛУ ДВИГАТЕЛЯ.....	26
5.1 Приведение статических моментов и моментов инерции к валу двигателя	26
5.2 Приведение моментов инерции и коэффициентов жесткости к валу двигателя	28
6. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ДВИГАТЕЛЯ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И НАГРЕВУ.....	30
7. ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЦЕПИ	34
8. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА ...	36
9. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПУСК И ТОРМОЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ.....	40
10. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	41
11. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	42
11.1 Проверка на перегрузочную способность	42
11.2 Проверка по нагреву двигателя и преобразователя	42
11.3 Проверка по нагреву преобразователя.....	43

11.4	Расчет энергетических показателей электропривода.....	44
12.	ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА	45
13.	Требования к системе автоматизации.....	46
13.1	Пульт управления воротами гаража.....	48
14.	Алгоритм работы системы автоматизации.....	50
14.1	Блок автоматического цикла.....	50
14.2	Блок аварийных сигналов	51
15.	Выбор элементной базы автоматизации и преобразователей технологической информации	53
15.1	Контроллер ОВЕН ПЛК63	53
15.2	Выбор элементов для пульта управления	54
15.3	Комплект фотоэлементов	56
15.4	Внешний радиоприемник.....	58
15.5	Брелок передатчик	59
15.6	Индуктивный датчик перемещения	60
15.7	Выбор блока питания.....	61
16.	Разработка функциональной схемы автоматизации	63
17.	Разработка программного обеспечения системы автоматизации.....	65
17.1	Листинг программы на языке лестничных диаграмм	67
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	73

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня автоматизация заняла весомую ношу в нашей жизни и без нее уже невозможно представить многие процессы и предприятия. Однако помимо производственных процессов человек стремится автоматизировать и простые домашние процессы, такие как открытие ворот гаража.

Тема выпускной квалификационной работы является автоматизированный электропривод управления ворот гаража. Автоматизация этого процесса позволяет простым нажатием кнопки пульта управления дистанционно открывать и закрывать ворота.

В данной работе был произведен расчет моментов установки и по ним был выбран асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором АИР 112МА8. С целью повышения момента и понижения скорости был взят редуктор Ч-80 с передаточным числом 16. Для управления оборотами двигателя был выбран преобразователь частоты ACS310-03E-06A2-4 АВВ.

Для организации системы автоматизации была выбрана элементная база. Для каждого элемента были приведены технические характеристики. В качестве программируемого устройства был выбран контроллер фирмы ОВЕН типа ПЛК 63.

Для контроля за внешними физическими процессами были выбраны датчики: пара фотоэлектрических элементов PHOTOCELL-N ФОТОЭЛЕМЕНТЫ DOORHAN, индуктивные датчики VB2-18M85-8N84-C27.

Опираясь на разработанный алгоритм автоматизации и составленные логические уравнения выходных сигналов, составлена схема. Так же разработано программное обеспечение для контроллера и произведена его отладка.

Отладка на микроконтроллере ОВЕН ПЛК 63 была произведена путем составления лестничных диаграмм.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1 Виды гаражных ворот

Для начала чтоб вникнуть в логику выбора тех или иных устройств и агрегатов нужно разобраться какие есть гаражные ворота, их плюсы и минусы.

Первые рассмотренные ворота – распашные. Служили такие ворота десятками лет, но были неудобны в плане комфортного использования. К тому же зимой перед ними нужно было всегда разгрести снег даже небольшой толщины, потому что створки конструкции просто не открывались. Но распашные ворота на рынке все еще присутствуют. И свою нишу они занимают уверенно, потому что у них невысокая цена за счет несложного изготовления, плюс, как было сказано выше, высокая устойчивость к взлому. Состоят такие конструкции обычно из двух створок. Есть и одностворчатые модели, но они не так востребованы. Чисто конструктивно каждая створка представляет собой прямоугольный каркас из металлического профиля, обшитого листовым железом.

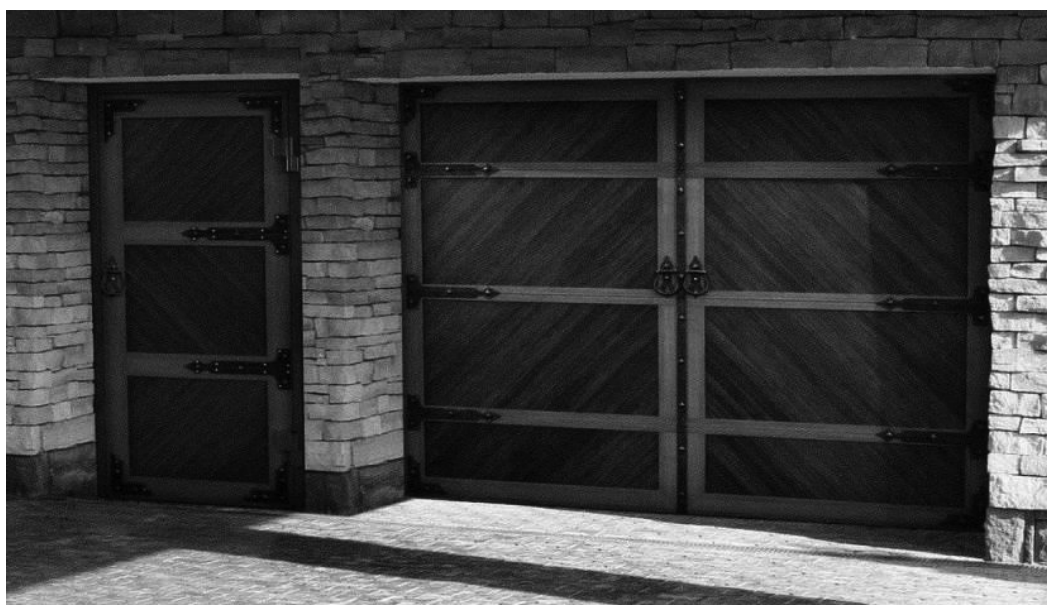


Рисунок 1.1 – Пример распашных ворот

Второй вариант – секционные.

Свое название эти ворота получили потому, что состоят они из секций, расположенных горизонтально и соединенных между собой шарнирами. Количество секций варьируется в диапазоне от 4 до 6, ширина каждой в пределах 35-61 см, длина до 7 м. Секции могут быть утепленными или неутепленными. В первом случае используют плитный утеплитель, обшитый с двух сторон отделкой, поэтому толщина секций становится большой – до 42 мм. Обязательно по контуру секций укладывают эластичный уплотнитель.

Требование к теплоизоляционному слою – минимальное водопоглощение. Поэтому чаще всего в качестве утеплителя используют пенополиуретан, редко пенополистирол. В качестве материала для изготовления секций используют стальной оцинкованный лист толщиной до 1 мм, алюминиевые сплавы или древесину (дорогостоящий вариант).

Чисто конструктивно ворота для гаража секционного типа – это секции, соединенные между собой шарнирами. По бокам закреплены ролики, которые способствуют перемещению воротной конструкции при открытии и закрытии. Под ролики устанавливают направляющие элементы, состоящие из двух частей: вертикальной и горизонтальной. Части между собой соединены дугообразным элементом.



Рисунок 1.2 – Пример секционных ворот

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

То есть при открытии ворота поднимаются вверх, где располагаются под потолком в горизонтальном положении. Эта модификация является автоматической, поэтому для нее монтируют под потолком специального типа электродвигатель. Он тянет всю конструкцию на себя с помощью троса или цепи. Но в ней предусмотрен и ручной способ открытия. Это на тот случай, если гараж обесточен.

Конструкция секционных гаражных ворот позволяет установить их в любые по размерам проемы. Они хорошо гармонируют с крышами различной формы. Специалисты уверяют, что данная разновидность с точки зрения архитектурного наполнения самая универсальная.

Что касается внешней отделки, то производители сегодня предлагают окрашенные ворота, покрытые пластиком или термостойким стеклом, алюминиевыми пластинами или древесиной. На рынке можно встретить модели с калиткой. Дорогой, но достаточно функциональный вариант.

К преимуществам секционных гаражных ворот можно отнести:

экономия пространства как внутри гаража, так и за его пределами;

утепленная модель обладает хорошими тепло- и звукоизоляционными характеристиками;

универсальность размеров, размеры ворот подбираются под значительные проемы – ширина до 7 м, высота до 6.

И несколько недостатков:

низкая взломостойкость;

высокая цена;

сложная конструкция – непростой ремонт.

Добавим, что секционные ворота можно устанавливать не только вертикально. Есть модели, которые открываются вдоль стен. Их устанавливают внутри гаража, где монтируют две направляющие: одна на полу, вторая на стене помещения. На фото ниже эта секционная модель показана.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



Рисунок 1.3 – Пример секционных ворот открывающихся вдоль стены

Третий вариант – подъемно-поворотные.

Из самого названия становится понятным, что ворота при открывании совершают два движения: подъем и поворот. При этом совершают они их одновременно. В конечном итоге вся конструкция оказывается под потолком в горизонтальном расположении.

Чисто конструктивно эти ворота собой представляют одно цельное полотно, которое закрывает собой полностью проем. Чтобы закрытие было герметичным, снизу сооружают порожек высотой в пределах 3 см, в который упирается нижняя рама полотна. С боков устанавливают внешнюю раму, в которое полотно заезжает.

Само движение – подъемно-поворотное, обеспечивается шарнирно-рычажным механизмом. При этом открывать и закрывать ворота можно и вручную, и при помощи электродвигателя. Но сама схема движения конструкции доставляет некоторые неудобства. К примеру, нижняя часть полотна обязательно выходит за пределы гаража, приблизительно на 1 м. То есть ставить машину близко к воротам не получится.



Рисунок 1.4 – Пример подъемно-поворотных ворот

Что касается размеров, то здесь достаточно скудный ассортимент по сравнению с предыдущей моделью. Максимально возможный размер полотна – 6 м ширина, 2,2 м высота. Но в плане отделки возможностей больше. К примеру, можно в воротное полотно установить окошки или калитку.

Итак, достоинства подъемно-поворотных ворот:

простота конструкции;

невысокая цена;

компактность;

нет надобности чистить снег перед гаражом;

легко оснастить автоматикой.

И недостатки:

закрыть ими можно только прямоугольный проем;

если требуется ремонт полотна, то частично это сделать нельзя, только всю конструкцию;

не самая высокая взломостойкость;

нельзя автомобилю подъезжать вплотную к гаражу.

Четвертый вид – рулонные.

Свое названия эта разновидность гаражных ворот получила из-за того, что чисто конструктивно это полотно, состоящее из ламелей шириною 1,5-2,0 см, которые при открытии сворачиваются в рулон на вал. Последний расположен в верхней части конструкции и закрыт защитным коробом.

Ламели соединены друг с другом шарнирами. Обычно эти элементы производители выпускают сразу утепленными. Но толщина их не очень большая – до 2,5 см. Делать толще ламели невозможно. Они просто увеличат диаметр рулона, который будет усложнять процесс открытия.

Но такие ворота поднимаются вертикально, поэтому ничему и никому не мешают. Открывать и закрывать их можно вручную или при помощи мотора, который расположен на валу и закреплен к нему напрямую. Что касается размерного ряда, то ширина проема не должна превышать 3 м, высота 3,5 м.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11



Рисунок 1.5 – Пример рулонных ворот

О преимуществах:

удобная в эксплуатации конструкция;

небольшой вес;

разнообразие декоративного оформления;

не занимает места ни внутри гаража, ни за его пределами;

можно автоматизировать.

О недостатках:

достаточно высокая цена;

низкие тепло- и звукоизоляционные характеристики;

низкая взломозащита.

Необходимо отметить, что установить рулонные ворота можно на внутреннюю стенку помещения, на наружную или прямо в проем. В последнем случае уменьшается высота проема на размер вала с накрученными на него ламелями. Это надо учитывать при установке ворот на гараж.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Пятый тип – откатные.

Откатные ворота для гаража – это одно полотно, изготовленное из металлического каркаса, обшитого листовым или плитным материалом.

Способов установки здесь три:

- а) на нижнюю опору;
- б) на верхнюю;
- в) подвешиваются на консоль.

В любом случае в конструкции ворот присутствуют ролики и направляющие. Первые перемещают всю конструкцию по вторым. При этом открытие ворот происходит путем их смещения вдоль стены гаража. Открывать можно вручную или при помощи мотора.

Преимущества откатной модели:

- не занимают места в гараже;
- легко поддаются автоматизации;
- стоят дешевле секционных, рулонных и подъемно-поворотных;
- высокая взломостойкость;
- нет необходимости чистить перед ними снег.

Недостатки:

- проведение бетонирования направляющих и места установки привода, что увеличивает стоимость изделия;
- требуется пространство вдоль стены;
- невозможно установить калитку.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



Рисунок 1.6 – Пример откатных ворот

1.2 Описание конструкции ворот и задачи проектирования

В данном дипломном проекте рассматривается автоматизация системы управления воротами гаража. Конструктивно макет ворот гаража (фото на рисунке 1) включает основание 1, на котором установлен каркас ворот 2 с открывающимися воротами 5. Движение открытие или закрытие ворот обеспечивается при помощи зубчатой рейки с двигателем, которые на рисунке 1 не видны.

Положение открытых или закрытых ворот контролируется индуктивными датчиками положения 3 и 4.

Так же в системе предусмотрен фотоэлектрический датчик контроля помехи в створе ворот при их закрывании (на рисунке 1 он не виден).

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

В автоматическом режиме ворота управляются по сигналу с брелока. Нажатие кнопки брелока при закрытых воротах должно восприниматься как команда на открытие ворот, а при открытых воротах – как команда на закрытие ворот.

Исходное положение ворот – закрытое. При поступлении кратковременной команды брелока происходит открытие ворот, сопровождающееся прерывистым звучанием звонка и горением светодиода. При движении ворот нажатие кнопки брелока не воспринимается системой до полного открытия ворот.

Для закрытия ворот нажимается та же кнопка брелока. Происходит закрытие ворот, сопровождающееся звучанием звонка и горением светодиода до полного закрытия ворот. Если же при закрытии появляется сигнал помехи в створе ворот, то привод реверсируется и происходит открытие ворот. В открытом положении ворот сохраняется световой сигнал, а звуковой сигнал изменяет прерывистость звучания. При исчезновении сигнала «Помеха в створе ворот» автоматически возникает команда на закрытие ворот. Ворота закрываются, звуковой и световой сигналы отключаются.

При ручном управлении движение на открытие ворот происходит при кратковременном нажатии кнопки «Открыть» и прекращается при полном открытии ворот. Нажатие той же кнопки при открытой двери приводит к закрытию двери.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15



Рисунок 1.7 – Макет ворот гаража

2 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

На первом этапе проектирования электропривода любого технологического объекта выбору подлежит электродвигатель, который будет осуществлять технологический процесс. В данном проекте необходим один электродвигатель, к которому будет подключен редуктор, и уже на выходной вал редуктора будет устанавливаться зубчатая шестерня.

Учитывая что ворота в проекте рассматриваются откатные не больших габаритов двигатель будет выбираться маломощный.

2.1 Выбор начальных данных для расчёта

На начальном этапе проектирования был произведен расчёт масс ворот исходя из площади, массы труб и облицовочного материала.

Технические данные механизма сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Технические данные механизма

Наименование показателя	Обозначение	Размерность	Величина
Масса ворот гаража	mB	кг	110
Диаметр реечной шестерни	D	м	0,1
Момент инерции вала	Jp	кгм ²	18
Коэффициент трения скольжение в подшипниках	μп	-	0,02
Коэффициент трения скольжения ворот	μс	-	0,2
Длина перемещения	L	м	4,2
Скорость рабочего хода	Vp	м/с	0,2

Продолжение таблицы 2.1

Наименование показателя	Обозначение	Размерность	Величина
Допустимое ускорение	a	м/с ²	1
Диаметр шейки ролика	dш	м	0.25D
Скорость возвратного движения	Vb	м/с	0,2

2.2 Расчет моментов статических сопротивлений и предварительный расчет мощности электродвигателя

Рассчитаем время на каждом участке работы ворот.

Время пуска и торможения $t_{п}$, $t_{т}$ до заданной скорости движения гаражных ворот при рабочем ходе:

$$t_{п} = t_{т} = \frac{v_p}{a_{доп}}, \quad (1)$$

где v_p – заданная скорость движения, м/с; $a_{доп}$ – допустимое ускорение, м/с².

Время пуска и торможения при движении с грузом:

$$t_{п1} = t_{т1} = \frac{v_p}{a_{доп}} = \frac{0,2}{1} = 0,2 \text{ с.}$$

Путь, проходимый рабочей машиной за время пуска и торможения:

$$L_{п} = L_{т} = \frac{v_p^2}{2 \cdot a_{доп}}, \quad (2)$$

Путь, пройденный за время пуска и торможения:

$$L_{пт} = \frac{v_p^2}{2 \cdot a_{доп}} = \frac{0,2^2}{2 \cdot 1} = 0,02 \text{ м.}$$

Время установившегося режима движения:

$$t_y = \frac{L - 2 \cdot L_{пт}}{V_p}, \quad (3)$$

$$t_y = \frac{4,2 - 2 \cdot 0,02}{0,2} = 20,8 \text{ с.}$$

Рассчитаем статические моменты рабочей машины.

Момент сил трения в подшипниках:

$$M_{\text{под}} = \frac{m_{\text{в}} \cdot d_{\text{ш}} \cdot \mu_{\text{п}} \cdot g}{2}, \quad (4)$$

где $m_{\text{в}}$ – масса ворот, опирающихся на подшипники, кг; $d_{\text{ст}}$ – диаметр шейки ролика, м; $\mu_{\text{п}}$ – коэффициент трения скольжения в подшипниках; $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ускорение силы тяжести.

$$M_{\text{под}} = \frac{110 \cdot 0,025 \cdot 0,02 \cdot 9,81}{2} = 0,27 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Рассчитаем момент сил трения скольжения тела по горизонтальной плоскости:

$$M_{\text{тс}} = \frac{m_{\text{в}} \cdot \mu_{\text{с}} \cdot D \cdot g}{2}, \quad (5)$$

где m – масса ворот, скользящих по подшипникам, кг; D – диаметр ременной шестерни, м; $\mu_{\text{с}}$ – коэффициент трения скольжения ворот; $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ускорение силы тяжести.

$$M_{\text{тс}} = \frac{110 \cdot 0,2 \cdot 0,1 \cdot 9,81}{2} = 10,78 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Рассчитаем статический момент:

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{под}} + M_{\text{тс}}, \quad (6)$$

$$M_{\text{ст}} = 0,27 + 10,78 = 11,05 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Определим момент инерции рабочего органа по формуле:

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

где J_p – момент инерции вала; m_v – масса движущихся ворот, кг; D – диаметр реечной шестерни, м.

$$J_{po} = 18 + \frac{110 \cdot 0,1^2}{4} = 4,95 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

При заданной величине допустимого ускорения определим динамические моменты лифта при движении.

$$M_{родин} = J_{po} \cdot \frac{2 \cdot a_{доп}}{D}, \quad (8)$$

где J_{po} – момент инерции рабочего органа, $\frac{\text{кг}^2}{\text{м}}$; $a_{доп}$ – среднее ускорение $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$; D_k – диаметр реечной шестерни.

$$M_{родин} = J_{po} \cdot \frac{2 \cdot a_{доп}}{D} = 4,95 \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,1} = 99 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Полный момент рабочей машины найдём по формуле:

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

Первый участок – старт рабочий ход:

$$M_{po1} = M_{ст} + M_{родин} = 11,05 + 99 = 110,05 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Второй участок – рабочий ход установившаяся скорость:

$$M_{po2} = M_{ст} = 11,05 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Третий участок – торможение рабочий ход:

$$M_{po3} = M_{ст} - M_{родин} = 11,05 - 99 = -87,951 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Четвертый участок – старт обратный ход:

$$M_{po11} = -M_{ст} - M_{родин} = -11,05 - 99 = -110,05 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пятый участок – установившаяся скорость обратный ход

$$M_{po22} = -M_{ст} = -11,05 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Шестой участок – торможение обратный ход:

$$M_{po33} = -M_{ст} + M_{родин} = -11,05 + 99 = 87,951 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

На рисунке 2.1 представлены диаграммы скорости и моментов в зависимости от времени, а в таблице 2.2 для каждого участка запишем величины моментов, скоростей, моментов инерции и пройденного пути.

Таблица 2.2 - Предварительный расчет нагрузочных диаграмм

Участок движения		Рабочий ход			Обратный ход		
Расчетные данные	Обозначение	Пуск	Уст. режим	Торм до остан.	Пуск	Уст. режим	Торм до остан.
Скорость, м/с	V_{po}	-	0,2	-	-	0,2	-
Время работы, с	t_{po}	0,2	20,8	0,2	0,2	20,8	0,2
Путь, м	L_{po}	0,02	4,16	0,02	0,02	4,16	0,02
Стат. момент, Нм	$M_{ст}$	11,05			11,05		
Дин. момент, Нм	$M_{родин}$	99	-	-99	-99	-	99
Сумм. момент, Нм	M_{po}	110,05	11,05	-87,951	-110,05	-11,05	87,951

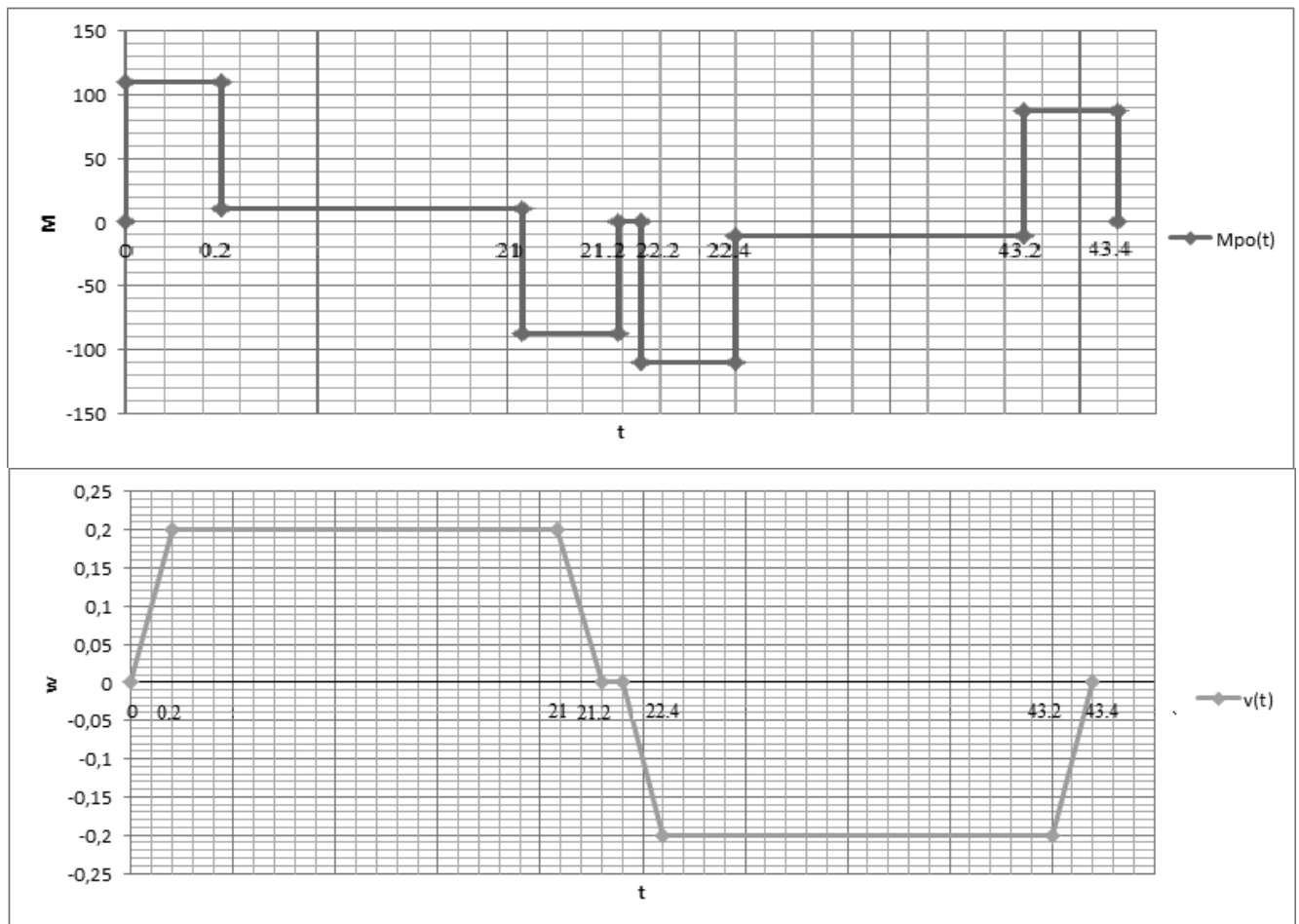


Рисунок 2.1 — Нагрузочная диаграмма момента рабочего органа и скорости

По рассчитанным значениям моментов на каждом участке можно найти среднеквадратичное значение момента:

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m M_k^2 \cdot t_k}{\sum_{k=1}^m t_k}}, \quad (10)$$

где M_k — момент на k-ом участке, Нм; t_k — длительность k-го участка, с.

Получаем значение момента:

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{110,05^2 \cdot 0,2 + 11,05^2 \cdot 20,8 + \dots + 87,951^2 \cdot 0,2}{0,2 + 20,8 + \dots + 0,02}} = 17,353 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тогда мощность двигателя определяется по формуле:

$$P_{\text{дв}} = k_1 \cdot M_{\text{сркв}} \cdot \frac{2 \cdot V_p}{D_k} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{факт}}}{\text{ПВ}_{\text{кат}}}}, \quad (11)$$

где $k_1=1,5$ - коэффициент, учитывающий трение кабины при движении по направляющим; D – диаметр речной шестерни, м; V_p – основная скорость движения, м/с; $\text{ПВ}_{\text{факт}}$ – фактическое значение относительной продолжительности включения проектируемого привода; $\text{ПВ}_{\text{кат}}$ – ближайшее к $\text{ПВ}_{\text{факт}}$ каталожное значение относительной продолжительности включения для электродвигателей выбранной серии.

$$\text{ПВ}_{\text{факт}} = \frac{1}{t_{\text{ц}}} \cdot \sum_{k=1}^m t_k \cdot 100\%, \quad (12)$$

Время работы цикла:

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{z} = \frac{3600}{80} = 45 \text{ с.}$$

$$\text{ПВ}_{\text{факт}} = \frac{(0,2 + 20,8 + \dots + 0,2)}{45} \cdot 100\% = 46,7\%.$$

Для двигателей общепромышленной серии ряд ПВ: 15, 25, 40, 60, 100%. Выбираем ближайшее ПВ, то есть $\text{ПВ}_{\text{кат}} = 40\%$.

$$P_{\text{дв}} = 1,5 \cdot 17,353 \cdot \frac{2 \cdot 0,2}{0,1} \cdot \sqrt{\frac{46,7}{40}} = 112,461 \text{ Вт.}$$

3 ВЫБОР ТИПА ДВИГАТЕЛЯ

Из асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором выбираем двигатель общепромышленной серии АИР 112МА8. Каталожные данные двигателя сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Номинальные данные двигателя АИР 112МА8

Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
P_n	Номинальная мощность на валу	кВт	2,2
n_n	Номинальная частота вращения	об/мин	700
I_n	Номинальный ток статора	А	6,2
$\cos \varphi_n$	Коэффициент мощности в номинальном режиме	-	0,7
I_p	Пусковой ток	А	37,2
M_p	Пусковой момент	Нм	54
M_{\max}	Максимальный (критический) момент	Нм	66
$J_{дв}$	Момент инерции двигателя	кгм ²	0,004

4 ВЫБОР РЕДУКТОРА

Передаточное число редуктора определяется по номинальной скорости вращения выбранного двигателя и основной скорости движения исполнительного органа по формуле (13):

$$i_p = \frac{\omega_n \cdot D}{2 \cdot v_0}, \quad (13)$$

где D – диаметр речной шестерни, находящегося на выходном валу редуктора и преобразующего вращение вала в поступательное движение исполнительного органа рабочей машины, м; v_0 – основная скорость движения исполнительного органа.

В соответствии с формулой (13):

$$i_p = \frac{73,3 \cdot 0,1}{2 \cdot 0,2} = 18.$$

Выберем редуктор, исходя из того, что передаточное число должно быть равным или несколько меньшим рассчитанного, при этом должны быть учтены условия работы механизма и скорость двигателя. Данные редуктора заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Характеристики редуктора Ч-80

Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
i_p	Передаточное число редуктора	-	16
$n_{нр}$	Частота вращения входного вала	Об/мин	≤ 750
M_n	Номинальный крут. момент на выходном валу	Н*м	280
η_p	Коэффициент полезного действия	%	≥ 83

5 ПРИВЕДЕНИЕ МОМЕНТОВ К ВАЛУ ДВИГАТЕЛЯ

5.1 Приведение статических моментов и моментов инерции к валу двигателя

После выбора двигателя и редуктора рассчитаем статические моменты рабочей машины, приведенные к валу двигателя, по формуле:

$$M_{pc} = \frac{M_{ст}}{i_p}, \quad (14)$$

где $M_{ст}$ – статический момент рабочего органа; i_p – передаточное число редуктора.

$$M_{pc} = \frac{M_{ст}}{j_p} = \frac{11,05}{16} = 0,691 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

С учетом потерь в редукторе статический момент на валу в двигательном режиме рассчитывается по формуле:

$$M_{вс} = \frac{M_{pc}}{\eta_p}, \quad (15)$$

$$M_{вс} = \frac{M_{pc}}{\eta_p} = \frac{0,691}{0,83} = 0,832 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При работе электропривода в тормозных режимах моменты на валу двигателя определяют по формуле:

$$M_{вст} = M_{pc} \cdot \eta_p, \quad (16)$$

$$M_{вст} = M_{pc} \cdot \eta_p = 0,832 \cdot 0,83 = 0,573 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приведенные статические моменты системы электропривод - рабочая машина рассчитывают для каждого участка с учетом режима работы электропривода по формуле:

$$M_c = M_{вс} + \Delta M_x, \quad (17)$$

где ΔM_x – момент потерь холостого хода двигателя.

$$\Delta M_x = (I_{1n} U_{1n} 3 \cos \varphi_n - P_n) / (3n_n / 9,55). \quad (18)$$

$$\Delta M_X = \frac{(42 \cdot 380 \cdot 3 \cdot 0,7 - 2200) \cdot 9,55}{3 \cdot 700} = 12,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

С учетом потерь на ХХ статический момент на валу в двигательном режиме рассчитывается по формуле:

$$M_c = M_{bc} + \Delta M_X,$$

$$M_{cd} = 0,832 + 12,5 = 13,3 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (19)$$

С учетом потерь на ХХ статический момент на валу в тормозном режиме рассчитывается по формуле:

$$M_c = M_{bc} - \Delta M_X,$$

$$M_{ct} = 0,573 - 12,5 = -11,927 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (20)$$

Для каждого участка проведены расчеты, и все значения занесены в таблицу 6.

						Лист
					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.2 Приведение моментов инерции и коэффициентов жесткости к валу двигателя

Необходимо привести моменты инерции всей системы к валу двигателя для того, чтобы заменить систему на эквивалентную.

Суммарный приведенный момент инерции:

$$J = \delta \cdot J_{\text{дв}} + J_{\text{пр}}, \quad (21)$$

где $J_{\text{пр}}$ – приведенный к валу двигателя момент инерции поступательно и вращательно движущихся частей системы, кг·м²; $J_{\text{дв}}$ – момент инерции ротора выбранного двигателя, кг·м²; δ – коэффициент, учитывающий момент инерции остальных моментов электропривода: тормозного шкива, муфт, редуктора, и т.д.

$$(\delta = 1.3 \dots 1.5).$$

Приведенный момент инерции рабочей машины к валу двигателя:

$$J_{\text{пр}} = \frac{J_{\text{РО}}}{i_p^2}, \quad (22)$$

Тогда:

$$J = 1,5 \cdot J_{\text{дв}} + m_1 \cdot \frac{\vartheta_p^2}{\omega_c^2}, \quad (23)$$

где ω_c – установившаяся скорость двигателя, рад/с;

Установившуюся скорость двигателя находим по формуле:

$$\omega_c = i_p \cdot \frac{2 \cdot \vartheta_p}{D}, \quad (24)$$

При движении с рабочей скоростью ϑ_p :

$$\omega_c^p = \frac{2 \cdot 0,2}{0,1} \cdot 16 = 64 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Приведенный момент инерции с грузом при движении со скоростью ϑ_p :

$$J^p = 1,5 \cdot 0,004 + 110 \frac{0,2^2}{64^2} = 0,024 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Рассчитаем пусковые и тормозные моменты двигателя, которые требуются для разгона и торможения привода.

Пусковой момент:

$$M_{\text{п}} = M_{\text{с}} + M_{\text{дин}}, \quad (25)$$

где $M_{\text{с}}$ – статический момент сопротивления движению, Н·м; $M_{\text{дин}}$ – динамический момент, Н·м.

Динамический момент рассчитываем по формуле:

$$M_{\text{дин}} = J \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{доп}} \cdot i_{\text{р}}}{D}, \quad (26)$$

Динамический момент:

При движении с рабочей скоростью:

$$M_{\text{дин}} = J^{\text{р}} \cdot \frac{2 \cdot a \cdot j_{\text{р}}}{D} = 0,024 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot 16}{0,1} = 7,744 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пусковой момент:

$$M_{\text{п}} = M_{\text{сд}} + M_{\text{дин}} = 13,3 + 7,744 = 21,044 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тормозной момент:

$$|M_{\text{т}}| = |M_{\text{дин}}| + M_{\text{с}}, \quad (27)$$

$$|M_{\text{т}}| = |M_{\text{дин}}| + M_{\text{ст}} = 7,744 - 11,927 = -4,183 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пусковой момент меньше максимально допустимого, значит, ускорения снижать не требуется.

Ни на одном участке момент при торможении или разгоне не оказался выше максимального момента двигателя.

Приведем крутильную жесткость рабочего вала к валу двигателя:

$$C_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{к}}}{j_{\text{р}}^2} = \frac{50\,000\,000}{16^2} = 200 \text{ кН} \cdot \frac{\text{м}}{\text{рад}}. \quad (28)$$

Для каждого участка проведены расчеты, и все значения занесены в таблицу 6.

6 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ДВИГАТЕЛЯ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И НАГРЕВУ

Целями предварительной проверки является уточнение нагрузочных диаграмм момента и скорости двигателя с учетом момента инерции предварительно выбранного двигателя.

Рассчитаем время переходных процессов по формуле (6.1):

$$t_i = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{cp} - M_c}, \quad (29)$$

где J – суммарный приведенный к валу двигателя момент инерции, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; ω_c – установившаяся скорость двигателя, рад/с ; M_{cp} – средний момент двигателя, $\text{Н} \cdot \text{м}$; M_c – приведенный статический момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$.

Первый участок – разгон:

$$t_1 = J_1 \frac{\omega_c}{M_{п} - M_{сд}} = 0,024 \cdot \frac{64}{21,044 - 13,3} = 0,2 \text{ с.}$$

Третий участок – торможение:

$$t_3 = J_1 \frac{\omega_c}{M_{т} + M_{ст}} = 0,024 \cdot \frac{64}{-4,183 - (-11,927)} = 0,2 \text{ с.}$$

Рассчитаем угол поворота вала двигателя за время переходного процесса:

$$\alpha_i = \frac{\omega_c \cdot t_i}{2}; \quad (30)$$

Угол поворота вала на соответствующих участках пути:

$$\alpha_1 = \frac{\omega_c \cdot t_1}{2} = \frac{64 \cdot 0,2}{2} = 25,6 \text{ рад.}$$

$$\alpha_3 = \frac{\omega_c \cdot t_3}{2} = \frac{64 \cdot 0,2}{2} = 25,6 \text{ рад.}$$

Время работы с установившейся скоростью рассчитаем по формуле:

$$t_y = \frac{\alpha - (\alpha_{п} + \alpha_{т})}{\omega_c}, \quad (31)$$

где α – угол поворота вала двигателя, соответствующий величине перемещения в данном режиме, рад; $\alpha_{п}, \alpha_{т}$ – угол поворота вала за время пуска и торможения соответственно, рад.

Угол поворота вала двигателя, соответствующий величине перемещения в данном режиме:

$$\alpha_{\Sigma} = 2 \cdot L \cdot \frac{j_p}{D} = 2 \cdot 4,2 \cdot \frac{16}{0,1} = 1344 \text{ рад.}$$

Рассчитаем угол поворота двигателя, приходящийся на установившиеся режим:

$$\alpha_{ур} = \alpha_{\Sigma} - (\alpha_1 + \alpha_3) = 1344 - (25,6 + 25,6) = 1292,8 \text{ рад.}$$

Тогда время работы с установившейся скоростью:

$$t_2 = \frac{\alpha_{ур}}{\omega_c} = \frac{1292,8}{64} = 20,8 \text{ с.}$$

Предварительная проверка двигателя по нагреву производится по величине среднеквадратичного момента:

$$M_{сркв} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \leq M_{доп}, \quad (32)$$

, где $M_{доп} = M_{кат} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{кат}}{ПВ_{\phi}}}$.

$$M_{сркв} = \sqrt{\frac{21,044^2 \cdot 0,2 + (-4,183)^2 \cdot 0,2 + \dots + (-4,183)^2 \cdot 0,2}{41,68}} = 4,41 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Фактическое значение ПВ:

$$ПВ_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_{ц}} \cdot 100\% = \frac{81,1}{45} \cdot 100\% = 46 \text{ \%}.$$

Определим момент двигателя при $ПВ_{кат}$, ближайшем к $ПВ_{\phi}$:

$$M_{кат} = \frac{P_{кат}}{\omega_{кат}} = \frac{2200}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 700}{60}} = 30 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Допускаемый момент:

$$M_{\text{доп}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{40}{46}} = 27,975 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$4,41 < 27,975$$

Двигатель проходит по нагреву. Для каждого участка проведены расчеты, и все значения занесены в таблицу 6.

Таблица 6 – Приведение моментов к валу двигателя

Участок движения		Открытие			Закрытие		
Расч. дан.	Обозначение	Пуск	Уст. режим	Торможение	П у с к	Уст. режим	Торможение
Скорость РО, м/с	$V_{\text{ро}}$	-	0,2	-	-	0,2	-
Момент стат. РО, Нм	$M_{\text{рост}}$	11,05			11,05		
Момент ин. РО, кгм ²	$J_{\text{рост}}$	4,95			4,95		
Скорость двиг., рад/с	ω_c	-	64	-	-	64	-
Стат. момент раб. машины, Нм	$M_{\text{ст}}$	0,691			0,691		
Момент в двиг. и торм. режимах, Нм	$M_{\text{вс}}$	0,832		0,573	0,832		0,573
Стат. момент на валу, Нм	M_c	13,3		-11,927	13,3		-11,927

Продолжение таблицы 6

Момент ин. ЭП, кгм ²	J _{пр}	0,024			0,024		
Дин. момент, Нм	M _{дин}	7,744	-	7,744	7,744	-	7,744
Момент двиг, доп. по ускор., Нм	M _{доп}	21,044	-	-4,183	21,044	-	-4,183
Время работы, с	t _в	0,2	20,8	0,2	0,2	20,8	0,2
Угол пов.вала, двиг., рад	α _в	25,6	1292,8	25,6	25,6	1292,8	25,6

7 ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЦЕПИ

Выбор преобразователя осуществляется на основании номинальных данных предварительно выбранного двигателя:

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

$$I_{\text{нпч}} \geq I_{\text{н}}.$$

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

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

Выберем преобразователь фирмы «ABB»: Модель ACS310-03E-06A2-4. Его характеристики сведены в таблицу 6.

Таблица 7 – Характеристики преобразователя ACS310-03E-06A2-4

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, В	Трехфазное 0 до ~380-415
Ном. мощность электродвигателя, кВт	2.2
Ном. ток нагрузки, А	6.2
Выходная частота, Гц	0...500

Также необходима установка автоматического выключателя, его выбор осуществляется по следующим параметрам:

$$U_{\text{ав}} \geq U_{\text{н}}; I_{\text{ав}} \geq I_{\text{н}}.$$

Исходя из этих условий выберем автоматический выключатель фирмы АВ-6 1P 6A (D) 6kA EKF AVERES, у которого $I_{\text{ав}} = 6 \text{ A}$, $U_{\text{ав}} = 380 \text{ В}$.

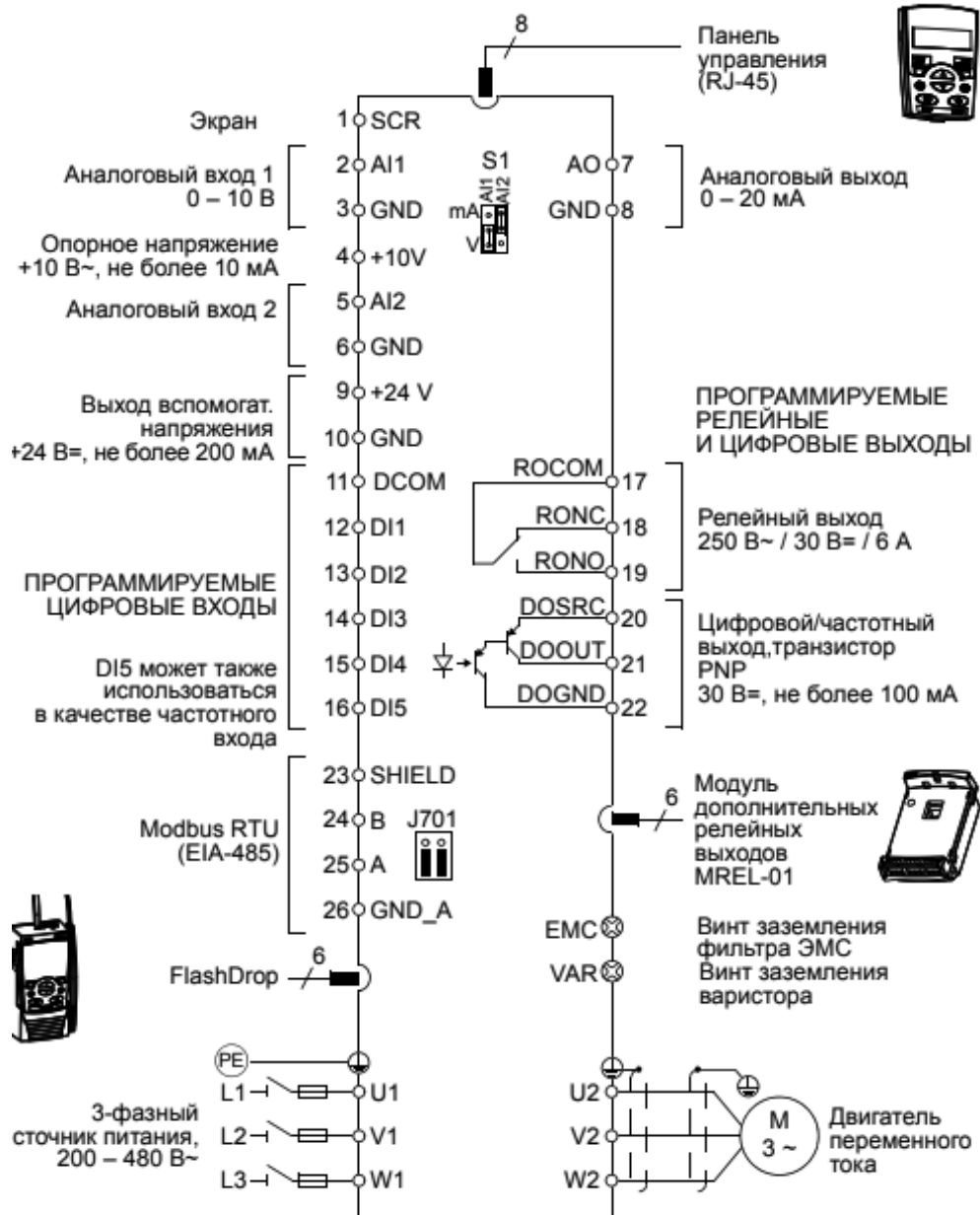


Рисунок 7 – Схема подключения ACS310

8 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Синхронная скорость вращения ω_{0H} :

$$\omega_{0H} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{4} = 78,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (33)$$

где p – число пар полюсов; f_{1H} – номинальная частота напряжения статора, Гц.

Номинальный момент на валу МН:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H}, \quad (34)$$
$$M_H = \frac{2200}{78,5} = 30 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальный электромагнитный момент:

$$M_{\text{эмн}} = \frac{3 \cdot U_{1H} I_{1H} \cdot \cos \varphi - 3 \cdot I_{1H}^2 \cdot r_1}{\omega_{0H}}, \quad (35)$$
$$M_{\text{эмн}} = \frac{3 \cdot 380 \cdot 6,2 \cdot 0,7 - 3 \cdot 6,2^2 \cdot 19,2}{78,5} = 34,821 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальное относительное скольжение (8.4):

$$S_H = \frac{\omega_{0H} - \omega_H}{\omega_{0H}}, \quad (36)$$
$$S_H = \frac{78,5 - 73,3}{78,5} = 0,066.$$

Критическое скольжение (8.5):

$$S_k = S_H \cdot (\mu_k + \sqrt{\mu_k^2 - 1}), \quad (37)$$

где μ_k – перегрузочная способность асинхронного двигателя.

$$\mu_k = \frac{M_k}{M_H}, \quad (38)$$
$$\mu_k = \frac{M_k}{M_H} = \frac{66}{30} = 2,2.$$

$$S_k = 0,066 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,276.$$

В выбранной системе электропривода ПЧ-АД требуется определить частоту f_1 и напряжение на статоре U_1 , при которых механические характеристики будут проходить через точки установившихся режимов. Напряжение на статоре определяется законом $U_1/f_1 = \text{const}$.

Таблица 8 – Расчетные параметры для работы в заданных точках

Расчетные параметры/ Участок работы		Участок работы					
		Открытие			Закрытие		
		1	2	3	4	5	6
Заданные точки							
ωзад	Рад/с		64			64	
	О.е.		0,873			0,871	
Мзад на валу	Нм	0,832			0,832		
	О.е.	0,029			0,029		
Расчетные данные							
ω0зад	О.е.	-	0,817	-	-	0,817	-
	Рад/с	-	64,128	-	-	64,128	-
f1	О.е.	-	0,817	-	-	0,817	-
	Гц	-	40,861	-	-	40,861	-
U1	О.е.	-	0,817	-	-	0,817	-
	В	-	310,43	-	-	310,43	-

Синхронная скорость:

$$\omega_{0зад} = \omega_{зад} + \Delta\omega_{ест} = \omega_{зад} + M_{зад} \cdot S_H; \quad (39)$$

$$\text{Участок 2: } \omega_{0зад} = 0,832 + 0,029 \cdot 0,066 = 0,817.$$

$$\text{Участок 5: } \omega_{0зад} = 0,832 + 0,029 \cdot 0,066 = 0,817.$$

$$\omega_{0зад} = \omega_{0зад} \cdot \omega_{0н}; \quad (40)$$

Участок 2: $\omega_{0зад} = 0,817 \cdot 78,5 = 64,128$ рад/с.

Участок 5: $\omega_{0зад} = 0,817 \cdot 78,5 = 64,128$ рад/с.

Частота и напряжение на статоре при $U_1/f_1 = \text{const}$:

$$\alpha = \frac{f_1}{f_{1н}} = \omega_{0зад}; \quad (41)$$

$$f_1 = \alpha \cdot f_{1н}, \quad (42)$$

$$U_1 = \alpha \cdot U_{1н}, \quad (43)$$

Участок 2:

$$\alpha = f_1/f_{1н} = \omega_{0зад} = 0,817;$$

$$f_1 = \alpha \cdot f_{1н} = 0,817 \cdot 50 = 40,846 \text{ Гц};$$

$$U_1 = \alpha \cdot U_{1н} = 0,78 \cdot 380 = 310,43 \text{ В.}$$

Участок 5:

$$\alpha = f_1/f_{1н} = \omega_{0зад} = 0,817;$$

$$f_1 = \alpha \cdot f_{1н} = 0,817 \cdot 50 = 40,846 \text{ Гц};$$

$$U_1 = \alpha \cdot U_{1н} = 0,78 \cdot 380 = 310,43 \text{ В.}$$

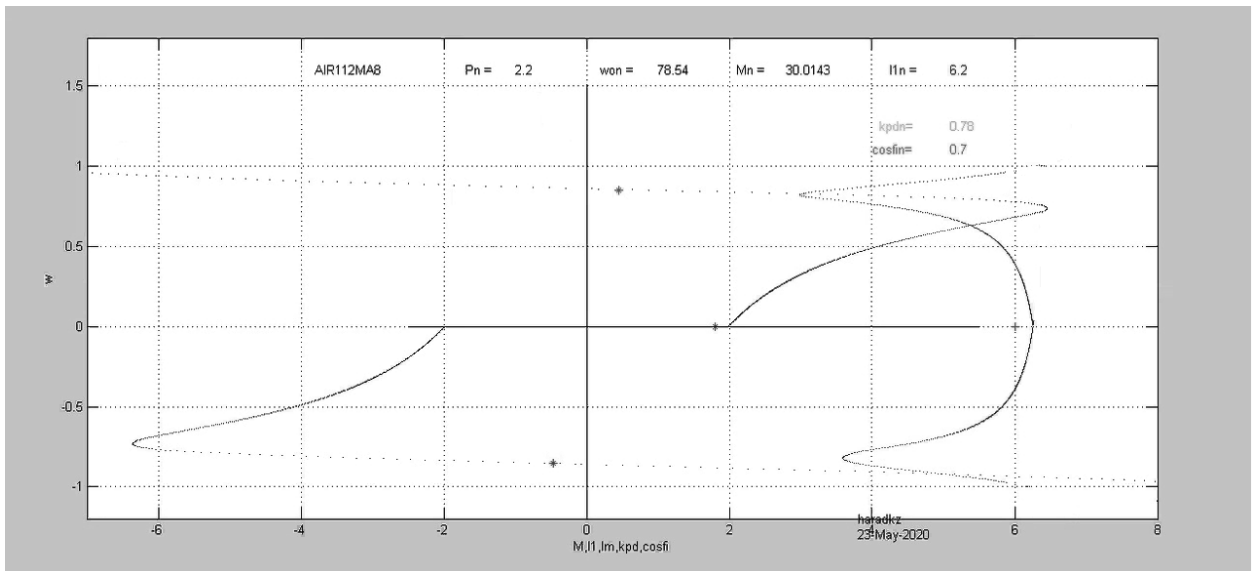


Рисунок 8 – Искусственная характеристика открытия и закрытия ворот

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

9 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМ ВКЛЮЧЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПУСК И ТОРМОЖЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ

При питании двигателя от индивидуального преобразователя появляется возможность плавного регулирования напряжения, поэтому переходные процессы пуска и торможения обеспечиваются формированием напряжения управления преобразователем. В разомкнутой системе преобразователь - двигатель чаще всего применяют линейное нарастание напряжения управления, что определяет линейное нарастание напряжения питания двигателя.

Для формирования линейного закона изменения напряжения управления на вход преобразователя подключают интегральный задатчик интенсивности ЗИ, выходное напряжение которого при подаче на его вход скачка задающего напряжения УЗАД изменяется по линейному закону. При достижении величины УЗАД нарастание напряжения на выходе ЗИ прекращается. Выходное напряжение ЗИ, таким образом, является управляющим напряжением преобразователя, а величина УЗАД определяется величиной базовой постоянной времени ЗИ $T_{ЗИ}$ численно равной времени достижения выходного напряжения преобразователя от 0 до базового значения U_H .

Базовая постоянная задатчика интенсивности:

$$T_{ЗИ} = \frac{J \cdot \omega_{OH}}{M_{дин}}, \quad (44)$$

Рассчитаем величину постоянной задатчика интенсивности для участков, на которых происходит пуск/торможение заготовки:

Пуск и торможение :

$$T_{ЗИ} = \frac{0,024 \cdot 78,5}{7,744} = 0,245.$$

10 РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Расчет и построение характеристик переходных процессов двигателя производится с помощью программы zipchad.m в программе Matlab.

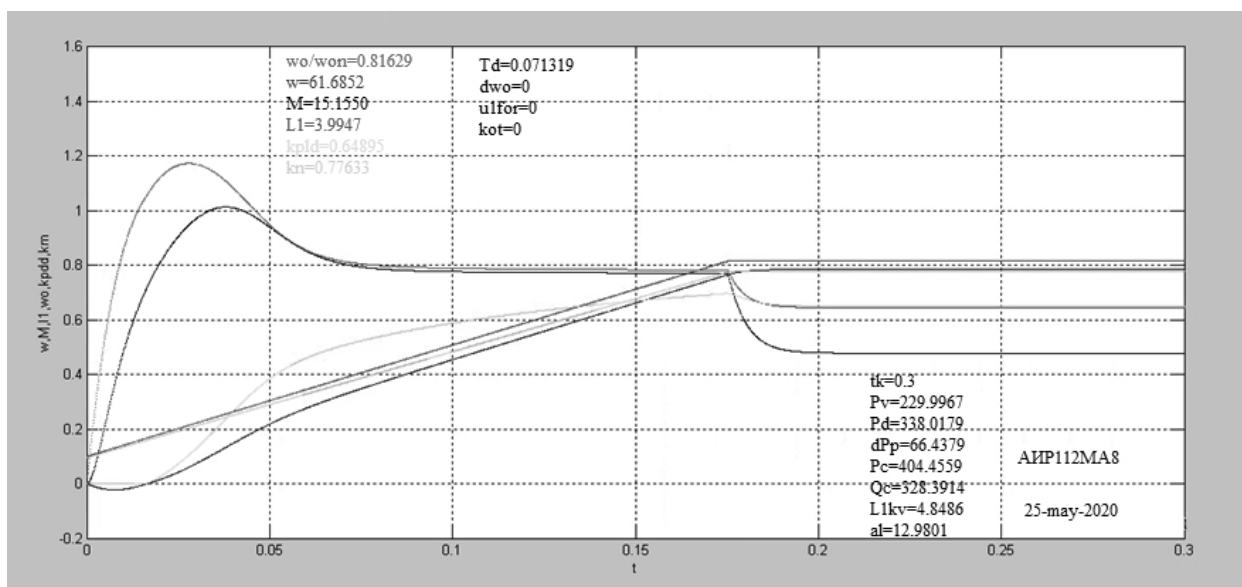


Рисунок 10.1 – Переходные процессы пуска при открытии и закрытии ворот

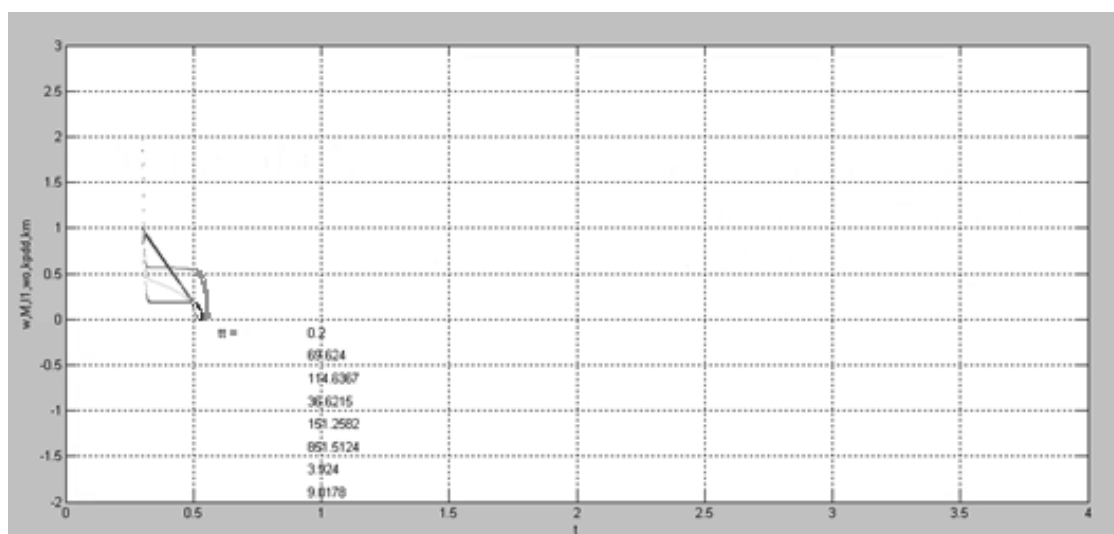


Рисунок 10.2 – Переходные процессы торможения при открытии и закрытии ворот

11 ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

11.1 Проверка на перегрузочную способность

Выбранные двигатель и преобразователь напряжения выполняют требования перегрузочной способности, т.к. нагрузочные диаграммы показывают, что максимальные значения тока и момента двигателя не превышают допустимые.

11.2 Проверка по нагреву двигателя и преобразователя

Эквивалентный ток:

$$I_{\text{Э}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \Delta t_i}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (45)$$

где I_i – среднеквадратичное значение тока на i -ом участке; Δt_i – длительность i -го участка работы; β_i – коэффициент ухудшения теплоотдачи двигателя; $I_{\text{доп}}$ – допустимый по нагреву ток.

Среднеквадратичный ток на участке интегрирования за время Δt_k :

$$I_{kv} = \sqrt{\int_0^{t_i} I_i^2 \cdot dt} = \sqrt{\sum_{k=1}^i I_i^2 \cdot \Delta t_k}, \quad (46)$$

На рисунках приведены значения среднеквадратичного тока I_{kv} за время пуска t_k , за время торможения t_t для одного участка движения.

Коэффициент ухудшения теплоотдачи остановленного двигателя β_0 зависит от его конструктивного исполнения и условий вентиляции. Примерные значения β_0 приведены в таблице 8.

Таблица 11.1 – Значения коэффициента ухудшения теплоотдачи β_0

Исполнение двигателя	β_0
Закрытый с независимой вентиляцией	1
Закрытый без принудительного охлаждения	От 0,95 до 0,98
Закрытый самовентилируемый	От 0,45 до 0,55
Защищенный самовентилируемый	От 0,25 до 0,35

Ухудшение условий охлаждения двигателя в переходных режимах учитывается коэффициентом ухудшения теплоотдачи β_i , которому, в зависимости от скорости вращения, можно присвоить значения из таблицы 9.

Таблица 11.2 – Рекомендуемые значения коэффициента ухудшения условий охлаждения двигателя

ω	$\omega \leq 0,2 \cdot \omega_H$	$0,2 \cdot \omega_H \leq \omega \leq 0,8 \cdot \omega_H$	$\omega \geq 0,8 \cdot \omega_H$
β_i	β_0	$(1 + \beta_0)/2$	1

Рассчитаем эквивалентный ток:

$$I_{\text{Э}} = \sqrt{\frac{4,9^2 \cdot 0,2 + 3,8^2 \cdot 20,8 + 3,9^2 \cdot 0,2 + 4,9^2 \cdot 0,2 + 3,8^2 \cdot 20,8 + 3,9^2 \cdot 0,2}{0,2 \cdot 1 + 20,8 \cdot 1 + 0,2 \cdot 1 + 0,2 \cdot 1 + 20,8 \cdot 1 + 0,2 \cdot 1}}$$

$$I_{\text{Э}} = 3,8 \text{ А.}$$

Допустимый по нагреву ток двигателя:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{кат}} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{КАТ}}}{\text{ПВ}_{\text{ФАКТ}}}} = 6,2 \cdot \sqrt{\frac{1,00}{0,901}} = 6,535 \text{ А.}$$

$I_{\text{Э}} < (0,85 \dots 0,9) I_{\text{ДОП}}$, следовательно, двигатель проходит проверку по нагреву.

11.3 Проверка по нагреву преобразователя

Проверка выполняется сравнением среднеквадратичного тока двигателя за время работы с номинальным выходным током преобразователя:

$$I_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{1}{t_p} \cdot \sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot \Delta t_i}, \quad (47)$$

На рисунках приведены значения среднеквадратичного тока ИКВ за время пуска t_k , за время торможения t_t и за время установившегося режима.

$$I_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{4,9^2 \cdot 0,2 + 3,8^2 \cdot 20,8 + 3,9^2 \cdot 0,2 + 4,9^2 \cdot 0,2 + 3,8^2 \cdot 20,8 + 3,9^2 \cdot 0,2}{16,827}},$$

$$I_{\text{ср кв}} = 6,06 \text{ А.}$$

$I_{\text{ср кв}} < \text{ИНПР}$, следовательно, выбранный преобразователь выполняет условия по нагреву.

11.4 Расчет энергетических показателей электропривода

Для оценки циклового КПД следует брать отрезки времени, началу и концу которых соответствует одинаковая энергия, запасенная в элементах привода. Для механизмов, приведенных в данном пособии, таким отрезком является цикл работы, когда механизм возвращается в исходное положение.

Для расчета энергетических показателей используем ранее полученные с помощью ЭВМ данные, а именно рисунки. Тогда получим следующие выражения для различных видов энергии:

Механическая энергия за цикл:

$$P_{v\text{ц}} = 229,2 + 67 = 296,2 \text{ Вт.}$$

Активная энергия из сети за цикл:

$$P_{\text{сц}} = 404,5 + 51 = 455,5 \text{ Вт.}$$

Реактивная энергия за цикл:

$$Q_{\text{сц}} = 328 + 151 = 479 \text{ Вт.}$$

Цикловые значения КПД и $\cos\varphi$ определим по формулам:

$$\eta_{\text{ц}} = \frac{P_{v\text{ц}}}{P_{\text{сц}}} = \frac{296,2}{455,5} = 0,65.$$

$$(\cos \varphi)_{\text{ц}} = \frac{P_{\text{сц}}}{\sqrt{P_{\text{сц}}^2 + Q_{\text{сц}}^2}} = \frac{455,5}{\sqrt{455,5^2 + 479^2}} = 0,69.$$

12 ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

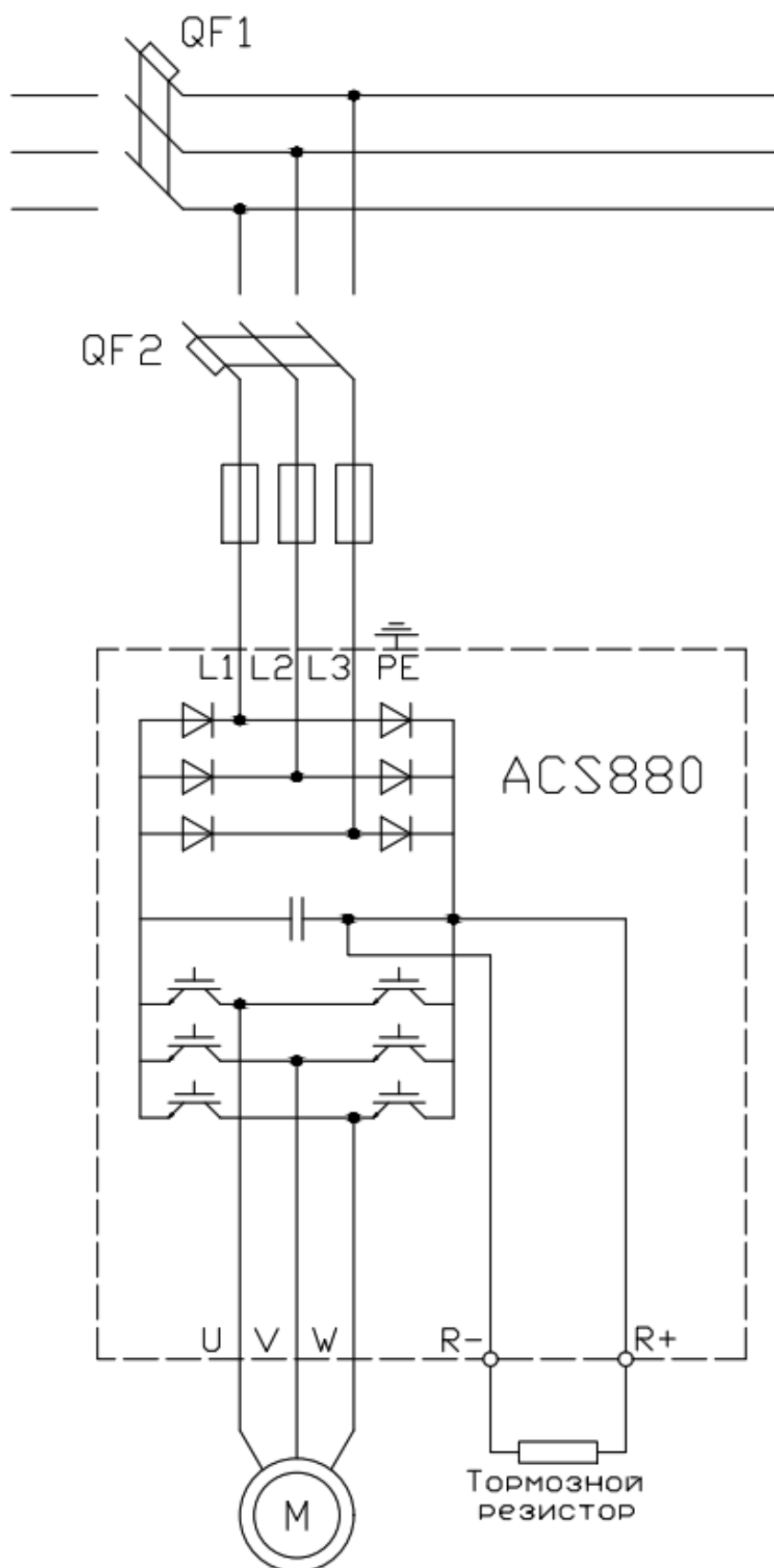


Рисунок 12 – Принципиальная схема электропривода

13 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Из представленного описания технологического процесса и последовательности работы механизмом следует, что система автоматизации должна обеспечить работу в ручном и автоматическом режимах.

Система автоматизации должна формировать следующие выходные команды:

включение привода на открытие ворот (O1);

включение привода на открытие ворот при наличии препятствия (O2);

включение привода на закрытие ворот (31);

включение привода на закрытие ворот после исчезновения сигнала о препятствии (32).

Также необходимо задействовать выходные сигналы на индикацию и сигнализацию состояния системы, для удобства эксплуатации и устранения неполадок в системе. В нашем случае будут выводиться следующие сигналы:

сигнал «Питание» (Пит);

сигнал «Автоматический режим» (ИндАвт);

сигнал «Ручной режим» (ИндРуч);

сигнал «Открытие/Закрытие» (O3);

сигнал «Помеха» (Помеха);

сигнал «Датчики неисправны» (АврД);

сигнал «Авария» (Авария);

звуковой сигнал (Зв).

Для управления открытием/закрытием ворот используется пульт управления с блоками кнопок, либо пульт для дистанционного управления. Данные пульта формируют следующие выходные сигналы:

- сигнал «Питание» (кнПит);
- сигнал «Ручной режим» (РучР);
- сигнал «Автоматический режим» (Автр);
- сигнал «Открытие/закрытие» (кнОЗ).

Для автоматизации работы системы необходимо иметь информацию о состоянии системы, поэтому необходимо использовать следующие датчики:

- датчик, сигнализирующий о положении открытых ворот (ОВ);
- датчик, сигнализирующий о положении закрытых ворот (ЗВ);
- датчик, сигнализирующий о наличии препятствия в створе ворот (ПС).

В таблице 13 сведены все сигналы и команды, используемые в системе. В этой же таблице выражено соответствие действий сигналов и команд дискретным значениям этих переменных.

Таблица 13 – Сигналы и команды, используемые в системе автоматизации

Переменные	Обозначение	Наименование	Значение
Входные сигналы пульта управления	Пит	Лампа индикации «Питание»	Есть
	ИндАвт	Лампа индикации «Автоматический режим»	Есть
	ИндРуч	Лампа индикации «Ручной режим»	Есть
	ОЗ	Лампа индикации «Открытие/Закрытие»	Есть
	Помеха	Лампа индикации «Помеха»	Есть
	АврД	Лампа индикации «Датчики неисправны»	Есть
	Зв	Звуковой сигнал	Есть

Продолжение таблицы 13

Переменные	Обозначение	Наименование	Значение
Выходные сигналы пульта управления	кнПит	Ключ-бирка «Питание»	Ключ повернут
	АвтР	Переключатель «Автоматический/Ручной режим»	Повернуть влево
	РучР	Переключатель «Автоматический/Ручной режим»	Повернуть вправо
	кнОЗ	Кнопка «Открыть/Заккрыть»	Нажать один раз
Входные сигналы контроллера	ОВ	Датчика положения открытых ворот	Есть
	ЗВ	Датчик положения закрытых ворот	Есть
	ПС	Датчик наличия препятствия в створе ворот	Есть
Выходные сигналы контроллера	О1	Открытие ворот	Есть
	О2	Открытие ворот при наличии препятствия	Есть
	З1	Заккрытие ворот	Есть
	З2	Заккрытие ворот при пропадании сигнала препятствия	Есть
	Св	Световой сигнал	Есть
	Зв	Звуковой сигнал	Есть

13.1 Пульт управления воротами гаража

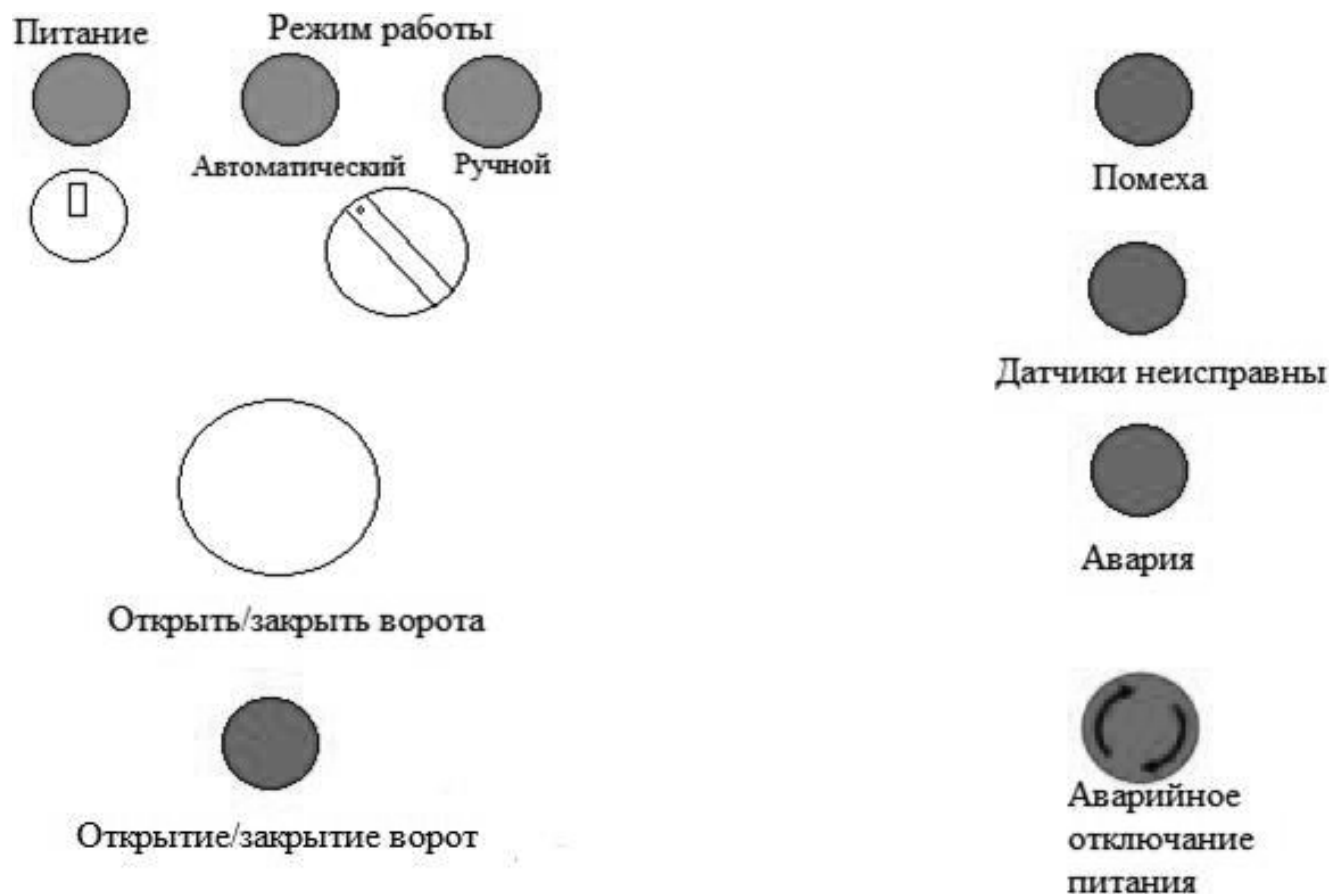


Рисунок 13 – Пульт управления

14 АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Программу для контроллера для контроллера разделим на четыре блока:

«блок автоматического цикла», «блок ручного управления», «блок выходных символов», и «блок аварийных сигналов».

14.1 Блок автоматического цикла

Вводим промежуточные переменные R_k о нажатии кнопки управления воротами $кнОЗ$, R_p о появлении препятствия в створе ворот и $R_{зв}$ о звуковом сигнале при открытых воротах:

$$R_k = (кнОЗ + R_k) \cdot \overline{O1} \cdot \overline{31}; \quad (48)$$

$$R_p = (ПС + R_p) \cdot \overline{ЗВ} \cdot \overline{Авария}; \quad (49)$$

$$R_{зв} = (O1 + R_{зв}) \cdot \overline{ЗВ} \cdot \overline{ПС} \cdot \overline{Авария}. \quad (50)$$

Сигнал автоматический режим возникает при повороте переключателя в «Автоматический режим», и сохраняется, пока переключатель находится в данном положении, пока переключатель не будет повернут на «Ручной режим», пока отсутствует сигнал об аварии:

$$Авт = (АвтР + Авт) \cdot \overline{РучР} \cdot \overline{Авария}. \quad (51)$$

Первым этапом автоматического режима работы после поворота переключателя в положение «Автоматический режим» и нажатии кнопки на брелоке «Открыть/Заккрыть», является подъем ворот с сопровождением этого процесса звуковым сигналом и горением светодиода. Команда $O1$ возникает при закрытом положении ворот и наличии памяти R_k и отпускания кнопки. Команда $O2$ возникает при наличии препятствия в створе ворот. Возникшие команды сохраняются до полного открытия ворот. Этому соответствуют следующие логические уравнения:

$$O1 = (ЗВ \cdot R_k \cdot \overline{кнОЗ} + O1) \cdot \overline{OВ} \cdot \overline{Авария}; \quad (52)$$

$$O2 = (ПС + O2) \cdot \overline{OВ} \cdot \overline{Авария}. \quad (53)$$

Команда 31 возникает при открытом положении ворот и при отсутствии помехи в створе ворот, наличии памяти РК и отпускания кнопки, возникшая команда сохраняется до полного закрытия ворот или до тех пор пока не сработает фотоэлектрический датчик. Команда 32 возникает автоматически после исчезновения препятствия в створе ворот и сохраняется до полного закрытия ворот.

$$31 = (OB \cdot P_k \cdot \overline{кн03} + 31) \cdot \overline{ЗВ} \cdot \overline{ПС} \cdot \overline{Авария}; \quad (54)$$

$$32 = (\overline{ПС} + 32) \cdot P_p \cdot \overline{ЗВ} \cdot \overline{Авария}. \quad (55)$$

Команды на включение звонка и светодиода возникают при появлении команды 01 и сохраняются до полного закрытия ворот. Так же звуковой сигнал меняет прерывистость звучания, если в створе ворот появляется препятствие и сохраняется до полного закрытия ворот:

$$ЗВ = \overline{ЗВ}^{\uparrow 2c} \cdot P_{ЗВ} \cdot \overline{Авария} + \overline{ЗВ}^{\uparrow 1c} \cdot P_{ЗВ} \cdot \overline{Авария}; \quad (56)$$

$$Св = (O1 + Св) \cdot \overline{ЗВ} \cdot \overline{Авария}. \quad (57)$$

Сигнал ручного режима возникает при повороте переключателя в положение ручного режима и сохраняется, пока не переключатель не переключен в положение автоматического режима:

$$Руч = РучР \cdot \overline{Авт} \cdot \overline{Авария}. \quad (58)$$

14.2 Блок аварийных сигналов

Данный блок представляет собой перечень различных команд контроллера, описывающих аварийные ситуации разного рода, которые выводятся на пульт управления.

Сигнал аварии в работе системы возникает при ошибке в работе датчиков:

$$Авария = OB \cdot ЗВ + ЗВ \cdot ПС + ПС \cdot ОС. \quad (59)$$

Руководствуясь данными уравнениями можно построить систему автоматизации гаражных ворот. Дальнейшая разработка будет основываться на программируемом логическом модуле ОВЕН ПЛК 63

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

15 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

15.1 Контроллер ОВЕН ПЛК63

Полноценный программируемый контроллер для простых задач автоматизации. Основные области применения ОВЕН ПЛК63 – ЖКХ, ЦТП, ИТП, котельные, небольшие станки. Представляет собой удобную базу для создания законченных приборов.



Рисунок 15.1 – Контроллер ОВЕН ПЛК 63

Данный контроллер характеризуется следующими показателями:

- 8 дискретных входов или 8 аналоговых входа, 6 релейных выхода
- Объем памяти хранения программ 280 кб
- Текстовый монохромный ЖКИ с подсветкой
- RS-485, DEBUG RS-232 (RJ-11) интерфейс
- Напряжение питания 110/220 В

В ходе проектирования системы автоматизации гаражных ворот, программируемому контроллеру необходимо иметь 7 входных и 6 выходных сигналов.

Контроллер ОВЕН ПЛК 63 имеет 8 входных и 6 выходных сигналов, что вполне достаточно для поставленных нами задач.

В ходе изучения технической документации данного контроллера было сделано заключение, что на данном контроллере можно реализовать возможности главного пульта управления. Имея на контроллере экран, мы можем:

- отображать «состояние» входов и задавать значения выходов контроллера;
- отображать и редактировать значения параметров пользовательской программы;
- визуально отслеживать изменение значений параметров пользовательской программы.

В совокупности все эти функции дают нам возможности переключения на самом контроллере из автоматического режима в ручной и отслеживание сигналов датчиков для понимания есть ли ошибка.

15.2 Выбор элементов для пульта управления

Для индикации сигналов на пульте управления нужно выбрать светодиоды. Для этого выбираем 3 светодиода зелёного свечения XD12-2-G-24VD фирмы «Diler» и 4 светодиода красного свечения XD12-2-R-24VDC так же фирмы «Diler».

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54



Рисунок 15.2 - Внешний вид выбранных светодиодов

Для подачи сигналов управления необходимо выбрать 3 кнопки без фиксации. Были выбраны кнопки CX-R13-507 off-(on) 3A 250VAC.



Рисунок 15.3 - Внешний вид выбранных кнопок CX-R13-507

Для подачи питания в систему был выбран ключ-выключатель NS102-2 фирмы «Jin Tay Industries», который имеет два положения, поворот ключа на 90° и работает в режиме off-on.



Рисунок 15.4 - Внешний вид ключ-выключателя NS102-2

Для аварийного отключения питания была выбрана кнопка KE-011.2.К от фирмы «Электродеталь».



Рисунок 15.5 - Внешний вид кнопки аварийного отключения KE-011.2.К

15.3 Комплект фотоэлементов

Из задания необходимо выбрать фотоэлемент для того, чтобы обезопасить ворота от столкновения с препятствием, находящимся в створе ворот. Выбор был сделан в пользу комплекта PHOTOCCELL-N ФОТОЭЛЕМЕНТЫ DOORHAN.

PHOTOCELL-N – устройство безопасности, состоящее из инфракрасного передатчика и приемника, которые устанавливаются в проем ворот. В случае пересечения инфракрасного луча в блок управления поступает сигнал о появлении препятствия в опасной зоне действия автоматической системы, и система вырабатывает реакцию, соответствующую установленной логике работы - остановка или реверс полотна ворот.



Рисунок 15.6 – Комплект фотоэлементов PHOTOCELL-N ФОТОЭЛЕМЕНТЫ DOORHAN.

Таблица 15.1 – Технические характеристики CAME DIR10

Технические данные	Значения
Дальность действия, м	20
Напряжение питания, В	12...24
Габаритные размеры, мм	50x76x29
Монтаж	Настенный
Тип	Проводные

15.4 Внешний радиоприемник

Для дистанционного управления воротами от брелока нам необходим радиоприемник, который будет принимать сигнал.

Для этого мы возьмем универсальный внешний радиоприемник САМЕ RE432М с памятью до 50 пультов дистанционного управления и декодером в корпусе IP54. Радиоприемник укомплектован картой памяти для копирования запрограммированных кодов. Совместим с другими брелоками-передатчиками, помимо фирмы САМЕ. Приемник имеет два независимых канала с релейными выходами. Выходы приемника работают в моностабильном режиме. При этом второй канал может работать в бистабильном режиме. Бистабильный режим может быть использован, например, для дистанционного управления освещением.



Рисунок 15.7 – Внешний радиоприемник САМЕ RE432М

Таблица 15.2 – Технические характеристики САМЕ RE432М

Технические данные	Значения
Рабочая частота, МГц	433.92
Напряжение питания, В	12.24 DC
Количество брелоков в системе	Не более 50
Количество каналов	2
Диапазон рабочих температур, °С	-20...+55
Габаритные размеры, мм	108x46x23

15.5 Брелок передатчик

Пульт NICE INTI2 - это миниатюрный брелок передатчик черного цвета из серии разноцветных брелоков NICE ERA INTI (6 цветов) функционирующий в передовой системе NiceOpera и оперирующий всеми ее успешными преимуществами, а именно большим функционалом дополнительных команд приемника (15 функций). Пульт имеет модный дизайн и превосходно подойдет для контроля доступа на охраняемую территорию многоквартирного дома т.к. очень хорошо работает в паре со шлагбаумами установленными в местах с высоким автомобильным потоком. А также за счет наличия 6-ти разных цветовых решений может помочь разделить жителей дома по цветовому признаку владения пультами. Продуманный и удобный способ дистанционного программирования, легкость администрирования и максимальный уровень защищенности от взлома, обеспечивает этому пульту занятие лидирующих позиций на рынкеСКУД (Систем Контроля Управления Доступом). Брелок NICE INTI работает на частоте радиосигнала 433,92 МГц. и имеет хорошее расстояние по передаче сигнала от пульта до автоматики равное 50-150 метров. Показательным является и срок службы батареи питания 3V CR2032, который составляет 3 года при использовании брелока порядка 10 раз за день. При своих не больших физических размерах Пульт NICE INTI2 является гигантом по организации проезда автотранспорта и по праву занимает топовое место среди наилучших решений от компании NICE для дистанционного управления доступом на охраняемую территорию многоквартирных домов.

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП					



Рисунок 15.8 – Брелок-передатчик NICE INTI2

Таблица 15.3 – Технические характеристики CAME DIR10

Технические данные	Значение
Рабочая частота, МГц	433.92
Дальность действия, м	50...150
Количество каналов	2
Тип элемента питания	CR2016(3В)
Диапазон рабочих температур, °С	-20...+55
Габаритные размеры, мм	56x30x9

15.6 Индуктивный датчик перемещения

Для определения положения ворот используем индуктивный датчик VB2-18M85-8N84-C27. Индуктивный датчик перемещения VB2-18M85-8N84-C27 предназначен для преобразования бесконтактного воздействия объекта в аналоговый электрический сигнал для управления исполнительным устройством. Приближение металлического объекта к чувствительной поверхности датчика вызывает плавное уменьшение выходного тока датчика.

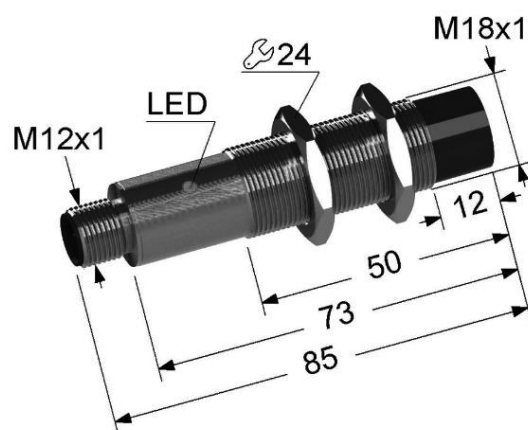


Рисунок 15.9 – Индуктивный датчик VB2-18M85-8N84-C27

Таблица 15.4 – Технические характеристики VB2-18M85-8N84-C27

Технические данные	Значения
Рабочие напряжение, В	24...250DC
Рабочие температуры, °С	-25...+70
Материал корпуса	Латунь
Размер корпуса	M18x1x85
Световая индикация	нет
Схема подключения	3х проводный
Способ установки в металл	Встраиваемый
Рабочий зазор, мм	0...6.4
Максимальный рабочий ток, мА	250

15.7 Выбор блока питания

Выбор блока питания необходимо произвести с учетом мощности всех потребителей, питающихся от него (датчики, внешний радиоприемник). Напряжение питания контроллера 220 В переменного напряжения, в связи с чем было решено подключать его напрямую в сеть и не учитывать в расчетах блока питания.

Рассчитаем эту мощность:

$$P_{порт} = U_{пр} \cdot I_{пр} + U_{датч1} \cdot I_{датч1} + 2 \cdot U_{датч2} \cdot I_{датч2};$$

$$P_{порт} = 24 \cdot 0.026 + 24 \cdot 0.053 + 2 \cdot 24 \cdot 0.25 = 14 \text{ Вт.}$$

По полученной мощности выберем блок питания БП14Б-Д4.4-24



Рисунок 15.10 – Блок питания БП14Б-Д4.4-24

Таблица 15.5 – Характеристики блока питания БП14Б-Д4.4-24

Технические данные	Значения
Мощность, Вт	14
Выходное напряжение, В	24 DC
Выходной ток, А	0.145
Входное напряжение, В	90...264
Габариты, мм	72x90x58
Диапазон рабочих температур, °С	-20...+55

16 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

На основе описания технологического процесса, автоматизируемого объекта, определенных входных и выходных команд составлена схема электрическая функциональная, представленная на рисунке

В рассматриваемой системе автоматизации можно выделить следующие функциональные элементы:

пульт управления (ПУ);

блок управления (БУ);

системы управления двигателем (СУД);

приводной двигатель передвижения ворот гаража (М);

датчики технологической информации (ОВ, ЗВ, ПС);

блок питания (БП).

На функциональной схеме показана взаимосвязь отдельных элементов системы автоматизации. Основным связующим элементом является программируемый контроллер ОВЕН ПЛК 63.

На пульте управления предусмотрены:

индикационные светодиодные лампы с целью индикации состояния системы (режима работы): «Питание», «Автоматический режим», «Ручной режим», «Авария» и все возможные неисправности;

кнопка управления «Открыть/закрыть»;

переключатель положений автоматического и ручного режимов;

ключ-бирка для подачи питания на пульт управления;

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

кнопка «Аварийное отключение питания», предназначенная для ручной аварийной остановки всей линии и размыкания главного контактора.

Питание пульта управления и датчиков осуществляется от блока питания, преобразующего переменный ток напряжением 220В в постоянный ток с напряжением 24В.

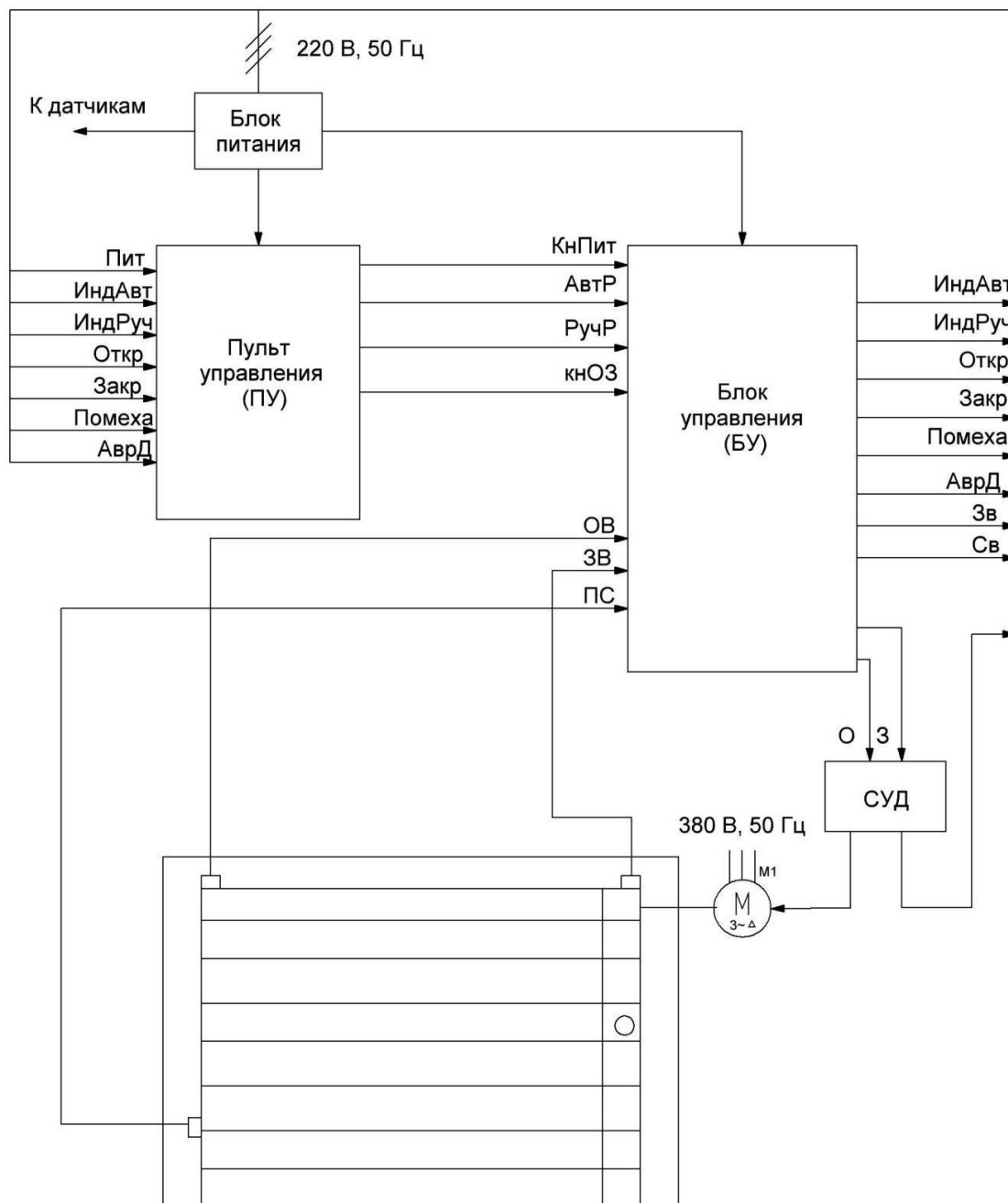


Рисунок 16.1 – Функциональная схема системы автоматизации

17 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

На основе приведенных ранее логических уравнений, а также с учетом подключения входных и выходных цепей к программируемому контроллеру, создадим программу. Программа в дальнейшем предназначена для записи в ОВЕН ПЛК 63.

Прежде, чем записывать программу, присвоим переменным логических уравнений адреса ПЛК. Результаты представления переменных в адресах ПЛК для входных, выходных и промежуточных сигналов представлены в таблице 6.1.

Таблица 17.1 – Адреса переменных контроллера

№	Наименование сигнала, таймера, счетчиков или переменной	Обозначение переменной	Адрес
	Входные сигналы		
1	Кнопка «Открыть/закрыть»	кнОЗ	I1
2	Переключатель «Автоматический режим»	АвтР	I2
3	Переключатель «Ручной режим»	РучР	I3
4	Датчик «Закрты ворота»	ЗВ	I4
5	Датчик «Открытые ворота»	ОВ	I5
6	Датчик «Препятствие в створе ворот»	ПС	I6
	Выходные переменные		
7	Открытие дверей	O1	Q1
8	Открытие дверей при наличии препятствий	O2	Q2
9	Заккрытие дверей	31	Q3
10	Заккрытие дверей при исчезновении препятствия	32	Q4
11	Звуковой сигнал	ЗВ	Q5
12	Световой сигнал	СВ	Q6
	Промежуточные переменные		
13	Память кнопки	РК	M1
14	Память препятствия	РП	M2

Продолжение таблицы 17.1

№	Наименование сигнала, таймера, счетчиков или переменной	Обозначение переменной	Адрес
15	Память звука	РЗВ	М3
16	Автоматический режим	Авт	М4
17	Ручной режим	Руч	М5
18	Авария	Авария	М6

Составим уравнения с учетом адресации контроллера.

Память кнопки:

$$M1 = (I1 + M1) \cdot \overline{Q1} \cdot \overline{Q3}. \quad (60)$$

Память препятствия:

$$M2 = (I6 + M2) \cdot \overline{I4} \cdot \overline{M6}. \quad (61)$$

Память звука:

$$M3 = (Q1 + M3) \cdot \overline{I4} \cdot \overline{I6} \cdot \overline{M6}. \quad (62)$$

Автоматический режим работы:

$$M4 = (I2 + M4) \cdot \overline{I3} \cdot \overline{M6}. \quad (63)$$

Ручной режим работы:

$$M5 = I3 \cdot \overline{M4} \cdot \overline{M6}. \quad (64)$$

Открытие ворот:

$$Q1 = (I4 \cdot M1 \cdot \overline{I1} + Q1) \cdot \overline{I5} \cdot \overline{M6}. \quad (65)$$

Открытие ворот при наличии препятствия:

$$Q2 = (I6 + Q2) \cdot \bar{I5} \cdot \bar{M6} \quad (66)$$

Закрытие ворот:

$$Q3 = (I5 \cdot M1 \cdot I1 + Q3) \cdot \bar{I4} \cdot \bar{I6} \cdot \bar{M6}. \quad (67)$$

– Закрытие ворот при исчезновении препятствия:

$$Q4 = (\bar{I6} + Q4) \cdot M2 \cdot \bar{I4} \cdot \bar{M6}. \quad (68)$$

– Звуковой сигнал:

$$T001 = M3 \cdot \bar{M6}; \quad (69)$$

$$T002 = M2 \cdot \bar{M6}; \quad (70)$$

$$Q5 = T001 \cdot T002. \quad (71)$$

– Световой сигнал:

$$Q6 = (Q1 + Q6) \cdot \bar{I4} \cdot \bar{M6}. \quad (72)$$

– Авария:

$$M6 = I5 \cdot I4 + I4 \cdot I6. \quad (73)$$

17.1 Листинг программы на языке лестничных диаграмм

Листинг программы на языке лестничных диаграмм приведен на рисунках 17.1, 17.2, 17.3, 17.4

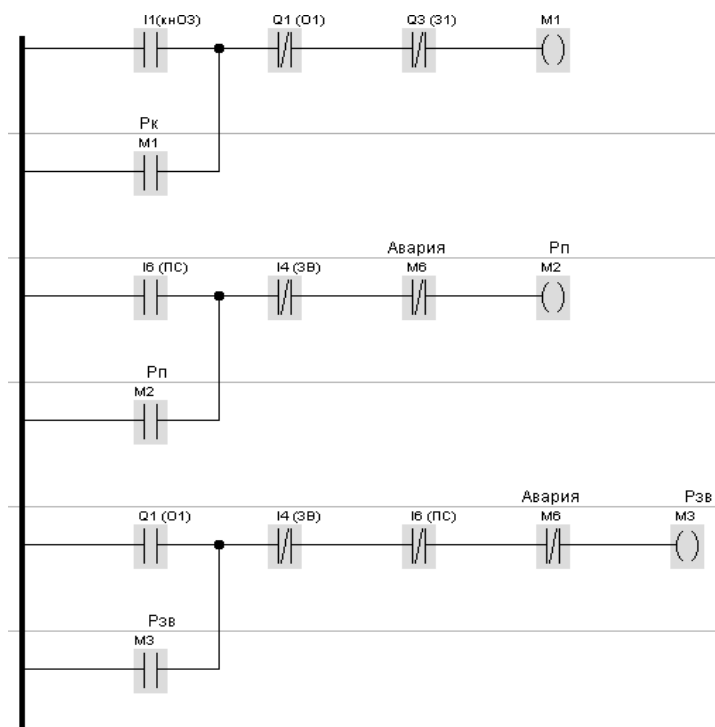


Рисунок 17.1 – Листинг программы на языке лестничных диаграмм

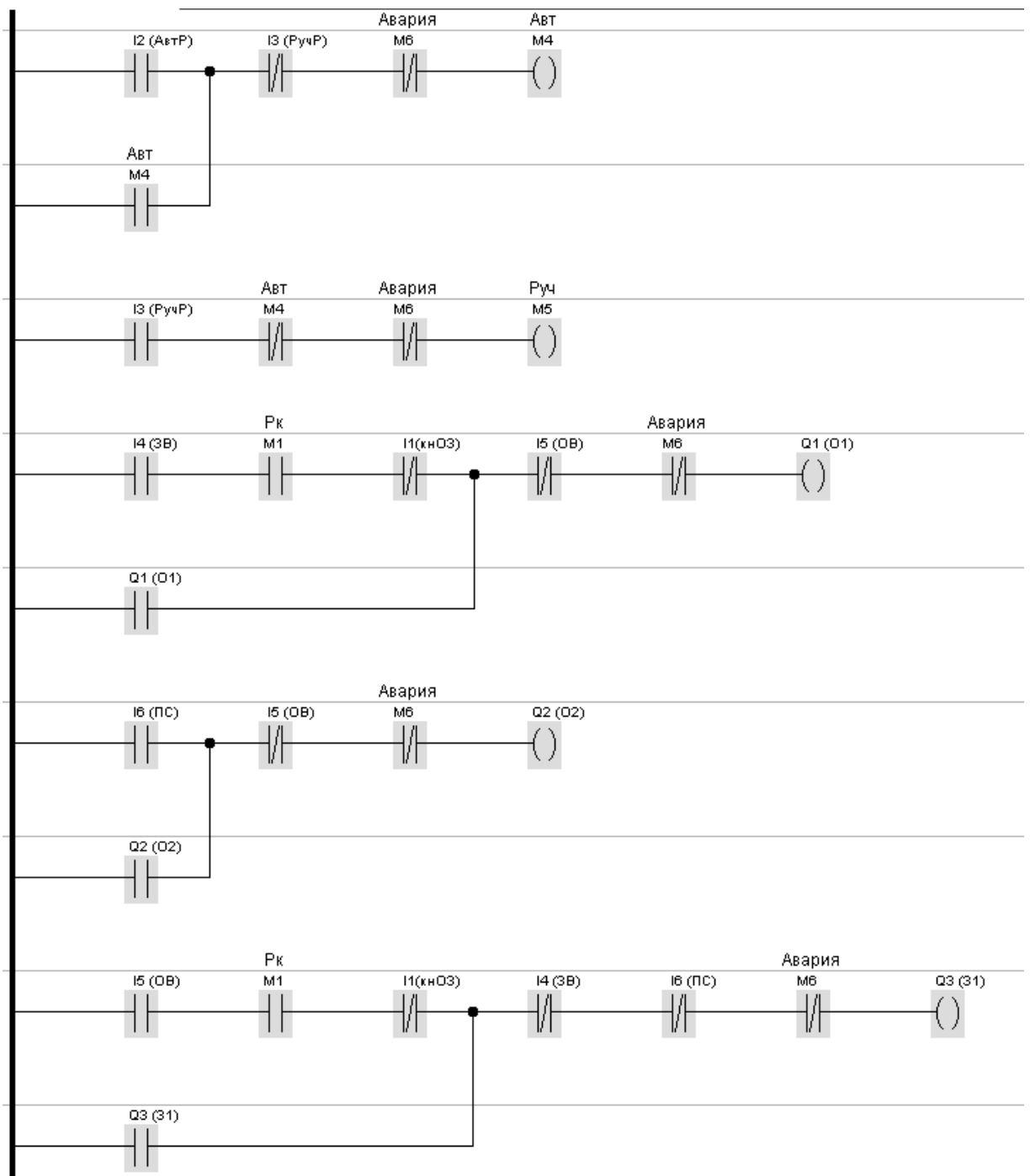


Рисунок 17.2 – Продолжение

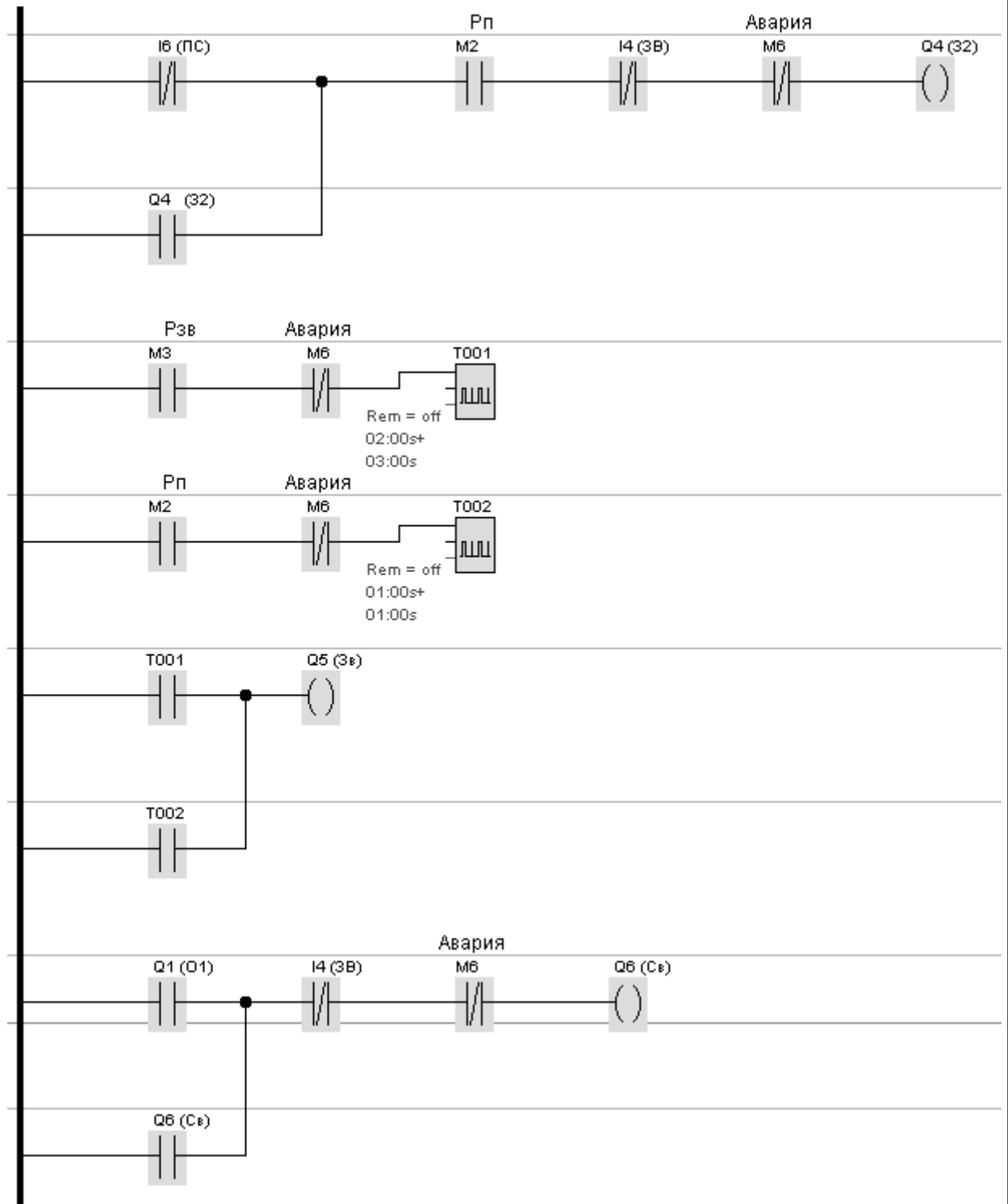


Рисунок 17.3 – Продолжение

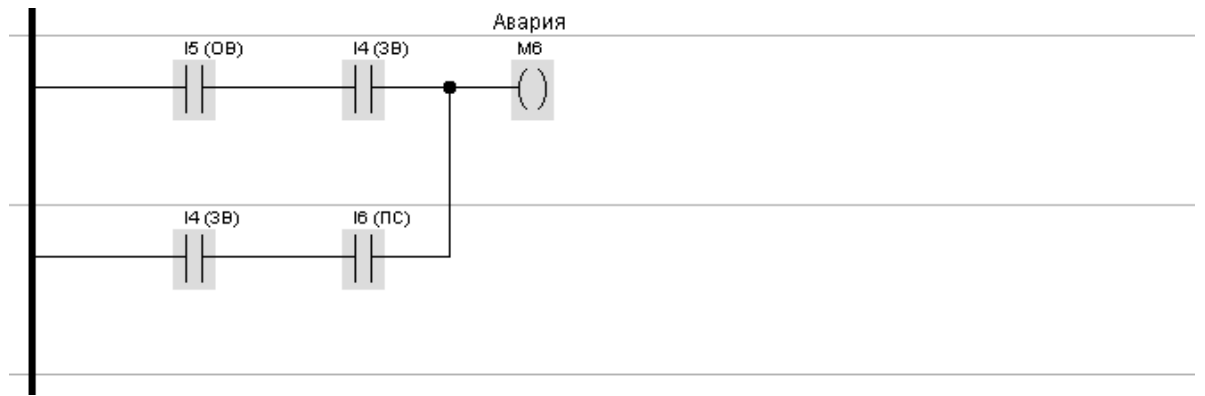


Рисунок 17.4 – Продолжение

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном курсовом проекте рассматривался процесс автоматизации системы управления воротами гаража.

В ходе проектирования выбран контроллер фирмы ОВЕН типа ПЛК 63. Выбраны датчики положения ворот VB2-18M85-8N84-C27, фотоэлементы PHOTOCCELL-N ФОТОЭЛЕМЕНТЫ DOORHAN., внешний радиоприемник SAME RE432M.

Опираясь на разработанный алгоритм автоматизации и составленные логические уравнения выходных сигналов, составлена схемы. Так же разработано программное обеспечение для контроллера.

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Драчев Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию / Драчев Г.И. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 1998.-160с.

2 Драчев Г.И. Теория электропривода. Часть 1,2: Учебное пособие / Драчев Г.И. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 207 с.

3 Копылов И.П. Справочник по электрическим машинам / Копылов И.П., Клоков В.В. – М.: Энергоатомиздат, 1988. Т1. – 456 с.

4 Кравчик А.Э. Ассинхронные двигатели серии 4А / Кравчик А.Э. Шлаф М.М. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504с.??

5 Системы управления электроприводов: Учебное пособие к курсовому проектированию / Ю.С. Усынин, А.Е. Бычков. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 20158. – 47 с.

6 Редукторы Ц2-250 – <http://www.uralreduktor.ru/katalog/standart/23?26=28>

7 Частотный преобразователь Micromaster 420 –
<https://www.siemens-pro.ru/mm420/6SE6420-2AD23-0BA1.html>

8 Автоматические выключатели – <https://rushop.se.com/avtomaty-i-shchitki/avtomaticheskie-vyklyuchateli/avtomaticheskiy-vyklyuchatel-3p-10a-s-4-5ka-400v-s-easy9-schneider-electric-ez9f34310.html>

9 Борисов А.М. Автоматизация технологических процессов и установок: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, А.Н. Горожанкин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 160 с.

10 Борисов А.М. Средства автоматизации и управления: учебное пособие / Борисов А.М., Нестеров А.С. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 207 с.

11 Борисов А.М. Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / Борисов А.М., Нестеров А.С., Логинова Н.А. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 186 с.

12 Контроллеры DirectLOGIC –
https://www.plcsystems.ru/catalog/DirectLOGIC_2/section.php?SECTION_ID=166

13 ПЛАТАН – <https://www.platan.ru/cgi-bin/qwery.pl/id=313852351>

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

14 ТЕКО – <https://teko-com.ru/katalog/induktivnye-datchiki/podbor-induktivnih-datchikov-po-parametram/isb-af8a-31p-10-z-g.html>

15 Источники питания Mean Well –
<http://www.mean-well.ru/store/LPP-100-24/>

16 ЧИП и ДИП – <https://www.chipdip.ru/product/xd12-1-r-24vdc>

17 ЧИП и ДИП – <https://www.chipdip.ru/product/xd12-1-g-24vdc>

18 ЧИП и ДИП – <https://www.chipdip.ru/product0/8000855733>

19 ЧИП и ДИП – <https://www.chipdip.ru/product/ns102-2>

20 ЧИП и ДИП – <https://www.chipdip.ru/product/cx-r13-507>

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2020.220.01ПЗ ВКП</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74