

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

**Заведующий кафедрой
автоматизированного
электропривода,
д.т.н., профессор**

_____ / М.А. Григорьев /
« ____ » _____ 2020 г.

Электропривод пассажирского лифта для торгового комплекса

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПО ПРОГРАММЕ БАКАЛАВРИАТА
«ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»
ЮУрГУ–13.03.02.2020.801 ВКР**

Руководитель, должность

_____ / В.Л. Кодкин /

« ____ » _____ 2020 г.

**Автор работы,
бакалавр группы ПЗ–576**

_____ / Е.С. Лисица /

« ____ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер, должность

_____ / Т.А. Функ /

« ____ » _____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Лисица Е.С. Электропривод пассажирского лифта для торгового комплекса.

– Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ; 2020, 71 с., 21 ил., 15 табл., библиографический список – 8 наим., 1 лист чертежей ф. А3

В данном выпускном квалификационном проекте разрабатывается электропривод пассажирского лифта для торгового комплекса. Лифт необходим для транспортировки пассажиров с одного этажа на другой.

В ходе работы осуществляется выбор: электродвигателя с проверкой по нагреву и производительности, выбор редуктора, преобразователя частоты и программируемого логического контроллера, а также дополнительного оборудования. После выбора силового оборудования, осуществляется автоматизация работы (движения) пассажирского лифта.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.	Лисица Е.С.				Электропривод пассажирского лифта для торгового комплекса	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.	Кодкин В.Л.						4	71
Н. Контр.	Функ Т.А.					ЮУрГУ Кафедра АЭП		
Утверд.	Григорьев М.А.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ:	7
2 ВЫБОР И РАСЧЕТ РАБОЧЕЙ ДИАГРАММЫ.....	10
2.1 Расчетный цикл	10
2.2 Расчет времени и пути рабочей машины.....	10
2.3 Расчет статических и динамических моментов.	13
3 ВЫБОР СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	23
3.1 Расчет мощности электродвигателя	23
3.2 Выбор электродвигателя	25
3.3 Выбор преобразователя частоты	26
3.4 Выбор редуктора	28
3.5 Приведение статических моментов и моментов инерции к валу двигателя... ..	29
3.6 Предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности.....	34
3.7 Проверка перегрузочной способности выбранного преобразователя частоты	43
4 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА	46
5 ОПИСАНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .	50
6 СОСТАВЛЕНИЕ СПИСКА СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ	52
7 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ ОБЪЕКТА.....	56
8 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ	58
9 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АВТОМАТИЗАЦИИ	60
10 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	63
11 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ.....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	70

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.8016.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

На настоящий момент любой объект социальной значимости невозможно представить без лифтов. Он является быстрым и надежным средством перемещения грузов и людей. Технически, лифт – разновидность грузоподъемной машины, предназначенная для вертикального или наклонного перемещения грузов на специальных платформах, передвигающихся по жестким направляющим.

Современный мир с каждым годом уменьшает роль человека в работе, для этого автоматизируют практически все сферы деятельности. Подъемные механизмы, в том числе и лифт, также идут в ногу со временем и могут похвастаться своей безопасностью и комфортом.

В нашей работе для приведения в движение механизмов будем использовать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Управление будем производить преобразователем частоты, что позволит улучшить условия комфортности пассажиров, т.е. исключение возможных рывков при пуске и при подходе лифта к этажу.

Внедрение автоматизации в работу лифта позволит оптимизировать управление и уменьшить роль оператора в процессе работы, а также позволит обезопасить пассажиров при использовании подъемного механизма.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ:

В данном проекте будем рассматривать пассажирский лифт 3-ёх этажного торгового центра.

Торговый центр представляет собой большой торгово-развлекательный комплекс - многоэтажное здание, в котором кроме магазинов могут находиться также кафе, бары, кинотеатр и т.д. Одна из основных задач торгового центра, это привлечение посетителей на верхние этажи. Для современного торгового центра оптимальная высота до низа навесного потолка – 4,2-4,5 м; высота этажа от пола до пола – 6-6,5 м. В качестве упрощения передвижения людей используются: эскалаторы и пассажирские лифты. Эскалатор – наклоненная машина (обычно на 30-35 градусов), предназначенная для перемещения людей с одного уровня на другой. Лифт пассажирский предназначен для транспортировки людей в вертикальном положении.

В торговом центре пассажирские лифты необходимо оборудовать для маломобильных групп населения. Для этого необходимо:

- открытие дверей на достаточную ширину
- нахождение площадки ровно на уровне пола и отсутствие больших зазоров

На количество и характеристики подъемных механизмов влияют различные факторы:

- общая площадь здания
- этажность
- общее количество посетителей центра
- интенсивность пассажиропотока
- уровень комфортности и т.д.

Количество лифтов рассчитывается согласно: СНиП 2.08.02-83 «Пособие по проектированию общественных зданий и сооружений».

Выбор характеристик пассажирских лифтов осуществляется согласно: ГОСТ 22011-95. Лифты пассажирские и грузовые.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

Выберем необходимые для дальнейших расчетов данные и приведем в таблицу 1.

Таблица 1.1 – Исходные данные для привода пассажирского лифта

Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
$m_{гр}$	Грузоподъемность	кг	630
E	Вместительность	чел	8
H	Максимальная высота подъема	м	13
D	Количество этажей	шт	3
$V_{уст}$	Скорость подъема	м/с	1
m_k	Масса кабины	кг	1100
$a_{доп}$	Допустимое ускорение	м/с ²	0,5;1;2
$D_{шк}$	Диаметр канатоведущего шкива	м	0,93
$h_{кб}$	Высота кабины	м	2,2

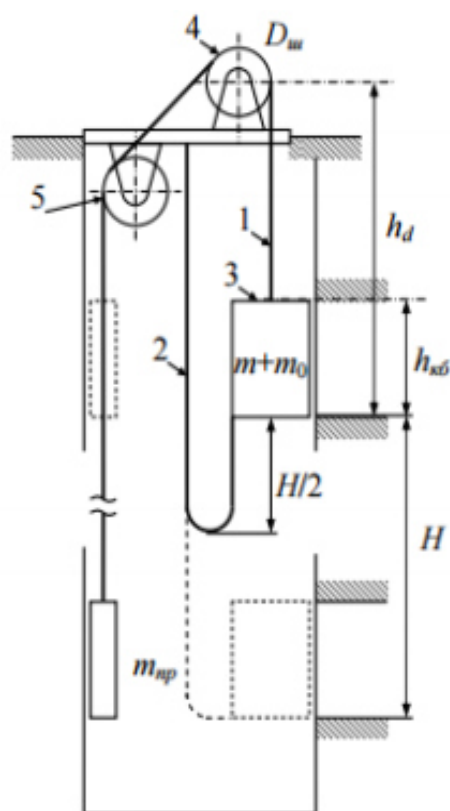
Так как допустимое ускорение для пассажирских лифтов в «ГОСТ 22011-95. Лифты пассажирские и грузовые» допускается до 2 м/с, мы рассмотрим в своей работе три ускорения:

$$a_{доп1}=0,5 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{доп2}=1 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{доп3}=2 \text{ м/с}^2.$$

Рассмотрим принцип работы подъемного механизма, изображенный на кинематической схеме рисунок 1.



1. Несущие канаты
2. Подвесные кабели
3. Кабина
4. Канатоведущий шкив
5. Отводной шкив

Рисунок 1.1 – Кинематическая схема лифта

Кабина и противовес, закрепленные на несущих канатах, совершают вертикальное движение (вверх и вниз). Противовес составляющая большинства лифтов, который необходим для уравнивания части сил тяжести и груза. По СНиП 2.08.02-83 используется не менее 2 параллельных канатов, для уменьшения риска обрыва при работе. Башмаки выполняют функцию фиксаторов положения кабины лифта в шахте, перемещение которых происходит по так называемым направляющим вместе с кабиной. Различают два вида башмаков: скользящие и роликовые. Канатоведущий шкив приводит во вращение электродвигатель через редуктор. После того, как поступает команда на двигатель, он включается в работу и выполняет разгон до рабочей скорости обеспечивая вертикальное движение рабочей машины (кабины лифта). При достижении необходимой высоты (этажа) на вал двигателя накладывается тормоз.

2 ВЫБОР И РАСЧЕТ РАБОЧЕЙ ДИАГРАММЫ

2.1 Расчетный цикл

Возьмём час пик для работы торгового комплекса (пятница 18.00-19.00) и примем за основу для расчетов двигателя, т.е. полная загруженность и остановки на каждом этаже, и при движении вверх, и при движении вниз.

Схематическое изображение расчетного цикла приведено на рисунке 2.1

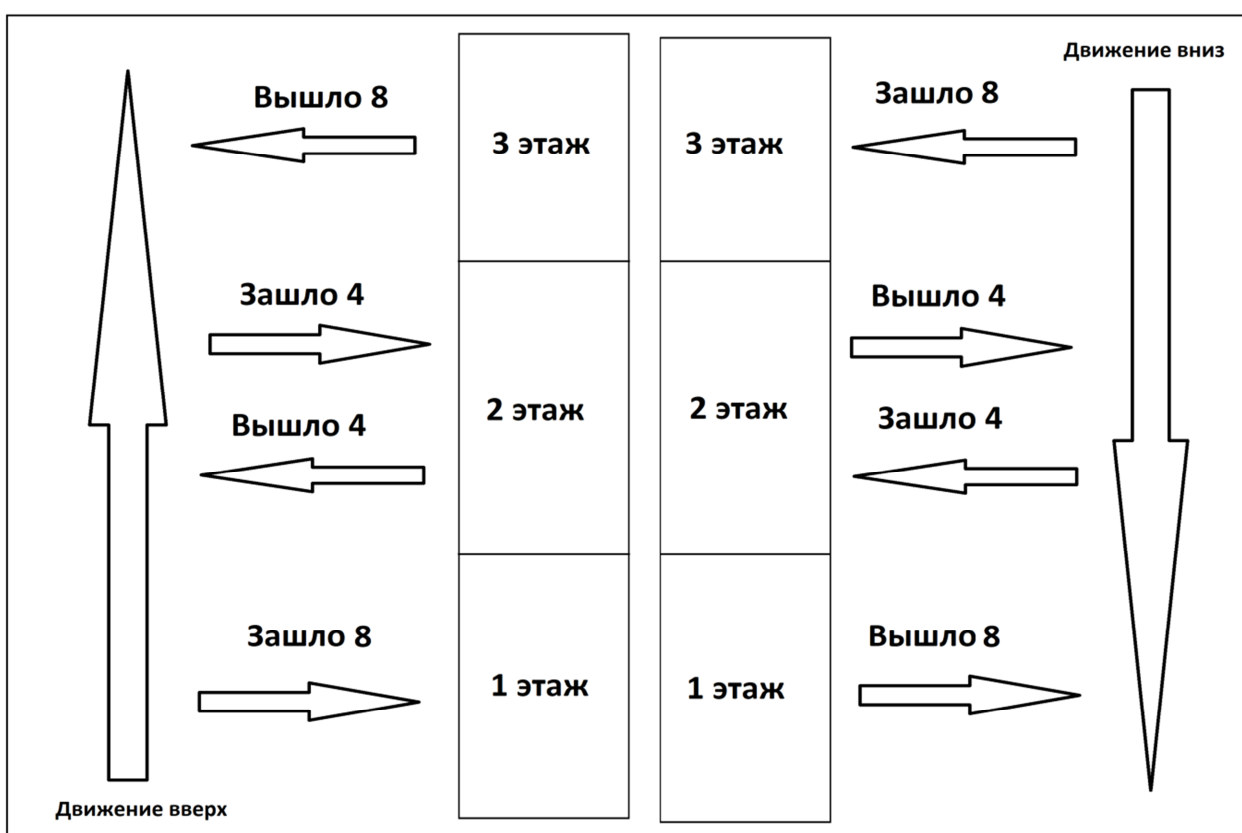


Рисунок 2.1 – Схематическое изображение расчетного цикла

2.2 Расчет времени и пути рабочей машины.

Зная высоту подъема H , установившуюся скорость $V_{уст}$ и допустимое ускорением a_{max} рассчитаем:

- затрачиваемое время при пуске и торможении:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ

Лист

10

$$t_{\text{пуск}} = t_{\text{торм}} = \frac{v_{\text{уст}}}{a_{\text{max}}}, \quad (1)$$

где $v_{\text{уст}}$ – заданная скорость движения, м/с;

a_{max} - допустимое ускорение, м/с².

Рассчитаем:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5$ м/с²:

$$t_{\text{пуск1}} = t_{\text{торм1}} = \frac{v_{\text{уст}}}{a_{\text{max}}} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ с};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1$ м/с²:

$$t_{\text{пуск2}} = t_{\text{торм2}} = \frac{v_{\text{уст}}}{a_{\text{max}}} = \frac{1}{1} = 1 \text{ с};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2$ м/с²:

$$t_{\text{пуск3}} = t_{\text{торм3}} = \frac{v_{\text{уст}}}{a_{\text{max}}} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ с}.$$

- расстояние преодолеваемое лифтом за время пуска и торможения:

$$H_{\text{пуск}} = H_{\text{торм}} = \frac{v_{\text{уст}}^2}{2 \cdot a_{\text{max}}}; \quad (2)$$

Рассчитаем:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5$ м/с²:

$$H_{\text{пуск1}} = H_{\text{торм1}} = \frac{1^2}{2 \cdot 0,5} = 1 \text{ м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1$ м/с²:

$$H_{\text{пуск2}} = H_{\text{торм2}} = \frac{1^2}{2 \cdot 1} = 0,5 \text{ м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2$ м/с²:

$$H_{\text{пуск3}} = H_{\text{торм3}} = \frac{1^2}{2 \cdot 2} = 0,25 \text{ м}.$$

- путь проходимый рабочей машиной за время установившегося режима при подъёме на этаж вверх (вниз):

$$H_{\text{устан}} = H/2 - (H_{\text{пуск}} + H_{\text{торм}}); \quad (3)$$

Рассчитаем:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5$ м/с²:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

$$H_{устан1} = 13/2 - (1+1) = 4,5 \text{ м};$$

Для второго случая при $a_{max} = 1 \text{ м/с}^2$:

$$H_{устан2} = 13/2 - (0,5+0,5) = 5,5 \text{ м};$$

Для третьего случая при $a_{max} = 2 \text{ м/с}^2$:

$$H_{устан3} = 13/2 - (0,25+0,25) = 6 \text{ м}.$$

- время установившегося режима движения при подъёме на этаж вверх (вниз):

$$t_{устан} = \frac{H_{уст}}{v_{уст}}; \quad (4)$$

Рассчитаем:

Для первого случая при $a_{max} = 0,5 \text{ м/с}^2$:

$$t_{устан1} = \frac{4,5}{1} = 4,5 \text{ с};$$

Для второго случая при $a_{max} = 1 \text{ м/с}^2$:

$$t_{устан2} = \frac{5,5}{1} = 5,5 \text{ с};$$

Для третьего случая при $a_{max} = 2 \text{ м/с}^2$:

$$t_{устан3} = \frac{6}{1} = 6 \text{ с}.$$

Время паузы:

Для расчета времени паузы необходимо принять время рабочего цикла, т.е. время за которое лифт выполнит круговой рейс.

Принимаем:

$$t_{р.ц.} = 70 \text{ с}.$$

Рассчитаем время паузы на каждом этаже по формуле:

$$t_{паузы} = t_{р.ц.} - 4 \cdot t_{пуск} - 4 \cdot t_{торм} - 4 \cdot t_{устан} \quad (5)$$

Для первого случая при $a_{max} = 0,5 \text{ м/с}^2$:

$$t_{паузы1} = 70 - 4 \cdot 2 - 4 \cdot 2 - 4 \cdot 4,5 = 36 \text{ с};$$

Для второго случая при $a_{max} = 1 \text{ м/с}^2$:

$$t_{паузы2} = 70 - 4 \cdot 1 - 4 \cdot 1 - 4 \cdot 5,5 = 40 \text{ с};$$

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$t_{\text{паузыз}} = 70 - 4 \cdot 0,5 - 4 \cdot 0,5 - 4 \cdot 6 = 42 \text{ с.}$$

2.3 Расчет статических и динамических моментов.

Изучив кинематическую схему и основной технологический процесс для дальнейших расчетов статических и динамических моментов работы пассажирского лифта необходимо знать:

- массу противовеса;
- диаметр ступицы канатоведущего шкива;
- коэффициент трения кабины лифта при подъеме и спуске по направляющим;
- коэффициент трения скольжения в подшипниках;
- момент инерции тормозного шкива.

Противовес предназначен для уравнивания сил тяжести пустой кабины и части номинального груза. Массу противовеса принимают равной сумме массы кабины и 50% массы поднимаемого груза, в данном случае пассажиров.

Вычислим массу противовеса:

$$m_{\text{пртв}} = m_k + a \cdot m_{\text{гр}}, \quad (6)$$

где $a=0,5$ - коэффициент учитывающий долю массы поднимаемого груза.

$$m_{\text{пртв}} = 1100 + 0,5 \cdot 630 = 1415 \text{ кг.}$$

Диаметр ступицы канатоведущего шкива примем и рассчитаем по формуле:

$$d_{\text{см}} = 0,25 \cdot D_{\text{шк}}; \quad (7)$$
$$d_{\text{см}} = 0,25 \cdot 0,93 = 0,2325 \text{ м.}$$

Согласно методическому пособию ЮУрГУ для разработки курсового проекта по предмету: «Теория электропривода», возьмём идентичный подъемный механизм (грузовой лифт) и примем:

$k_{\text{тр1}}=1,3$ - коэффициент, учитывающий трение кабины при движении вверх по направляющим;

$k_{тр2}=0,7$ - коэффициент, учитывающий трение кабины при движении вниз по направляющим, значение меньше, так как трение противодействует весу;

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

$J_{ш}=0,4 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ – инерционный момент тормозного шкива.

Определим статические моменты возникающие при работе:

Найдем моменты сил тяжести по формуле:

$$M_{ст} = \frac{m \cdot g \cdot D}{2}, \quad (8)$$

где m – масса груза, которую поднимает или опускает лифт, кг;

D – диаметр шкива, м;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ускорение силы тяжести.

Момент силы тяжести при движении вверх (с учетом трения кабины при движении по направляющим):

$$M_{ствх} = \frac{(m_{гр} - m_{пртв} + m_{к}) \cdot D_{шк} \cdot k_{тр} \cdot g}{2};$$
$$M_{ствх} = \frac{(630 - 1415 + 1100) \cdot 0,93 \cdot 1,3 \cdot 9,81}{2} = 1868 \text{ Н.}$$

Момент силы тяжести при движении вниз (с учетом трения кабины при движении по направляющим):

$$M_{ствн} = \frac{(m_{пртв} - m_{гр} - m_{к}) \cdot D_{шк} \cdot k_{тр} \cdot g}{2};$$
$$M_{ствн} = \frac{(1415 - 630 - 1100) \cdot 0,93 \cdot 0,7 \cdot 9,81}{2} = -1005,84 \text{ Н.}$$

При работе лифта необходимо учесть моменты возникающие при работе в подшипниках:

$$M_{тр.под} = \frac{m_{тп} \cdot d_{ст} \cdot \mu \cdot g}{2}, \quad (9)$$

где $m_{тп}$ – масса деталей и узлов, опирающихся на вращательный элемент, кг;

$d_{ст}$ – диаметр подшипников шкива, м;

μ – коэффициент трения в подшипниках;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести.

При движении лифта вверх (вниз):

$$M_{\text{трпод}} = \frac{(m_{\text{г}} + m_{\text{п}} + m_{\text{к}}) \cdot d_{\text{ст}} \cdot \mu \cdot g}{2};$$

$$M_{\text{трпод}} = \frac{(1100 + 630 + 1415) \cdot 0,2325 \cdot 0,02 \cdot 9,81}{2} = 71,73 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Находим суммарный статический момент:

$$M_{\text{рост}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{тр}}; \quad (10)$$

Суммарный статический момент движения кабины лифта вверх:

$$M_{\text{роствх}} = M_{\text{ствх}} + M_{\text{трпод}} = 1868 + 71,73 = 1939,73 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Суммарный статический момент движения кабины лифта вниз:

$$M_{\text{роствн}} = M_{\text{ствн}} + M_{\text{трпод}} = -1005,84 + 71,73 = -934,11 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для определения динамических моментов рабочей машины, необходимо рассчитать моменты инерции:

$$J_{\text{рм}} = J_{\text{ш}} + m_{\text{рм}} \cdot \frac{D_{\text{шк}}^2}{4}, \quad (11)$$

где $J_{\text{ш}}$ – момент инерции вращающихся элементов;

$m_{\text{ро}}$ – масса поступательно движущихся частей, кг;

$D_{\text{шк}}$ – диаметр колеса, м.

$$J_{\text{рм}} = 0,4 + (1100 + 630 + 1415) \cdot \frac{0,93^2}{4} = 680,43 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Зная величину допустимого ускорения определим динамические моменты лифта при движении вверх (вниз).

$$M_{\text{родин}} = J_{\text{рм}} \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{max}}}{D_{\text{шк}}}, \quad (12)$$

где $J_{\text{рм}}$ – момент инерции рабочего органа, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

a_{max} – максимальное ускорение м/с^2 ;

$D_{\text{шк}}$ – диаметр шкива.

Рассчитаем:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

$$M_{\text{родин1}} = J_{\text{рм}} \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{max}}}{D_{\text{шк}}} = 680,43 \cdot \frac{2 \cdot 0,5}{0,93} = 731,65 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{родин2}} = J_{\text{рм}} \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{max}}}{D_{\text{шк}}} = 680,43 \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,93} = 1463,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{родин3}} = J_{\text{рм}} \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{max}}}{D_{\text{шк}}} = 680,43 \cdot \frac{2 \cdot 2}{0,93} = 2926,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Рассчитав статические и динамические моменты найдём полный момент рабочей машины по формуле:

$$M_{\text{рм}} = M_{\text{рост}} + M_{\text{родин}}; \quad (13)$$

Первый участок – пуск при движении лифта вверх:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{рм1.1}} = M_{\text{роствх}} + M_{\text{родин1}} = 1939,73 + 731,65 = 2671,38 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{рм1.2}} = M_{\text{роствх}} + M_{\text{родин2}} = 1939,73 + 1463,3 = 3403,03 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{рм1.3}} = M_{\text{роствх}} + M_{\text{родин3}} = 1939,73 + 2926,6 = 4866,33 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Второй участок – движение лифта вверх:

$$M_{\text{рм2}} = M_{\text{роствх}} = 1939,73 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Третий участок – торможение при движении лифта вверх:

$$M_{\text{рм3}} = M_{\text{роствх}} - M_{\text{родин}};$$

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{рм3.1}} = M_{\text{роствх}} - M_{\text{родин1}} = 1939,73 - 731,65 = 1208,08 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{рм3.2}} = M_{\text{роствх}} - M_{\text{родин2}} = 1939,73 - 1463,3 = 476,43 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{рм3.3}} = M_{\text{роствх}} - M_{\text{родин3}} = 1939,73 - 2926,6 = -986,87 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Четвертый участок – пуск при движении лифта вниз:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$M_{рм4} = M_{роствн} + M_{родин};$$

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{рм4.1} = M_{роствн} + M_{родин1} = -934,11 + 731,65 = -202,46 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{рм4.2} = M_{роствн} + M_{родин2} = -934,11 + 1463,3 = 529,19 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{рм4.3} = M_{роствн} + M_{родин3} = -934,11 + 2926,6 = 1992,49 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пятый участок – движение лифта вниз:

$$M_{рм5} = M_{роствн} = -934,11 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Шестой участок – торможение при движении лифта вниз:

$$M_{рм6} = M_{роствн} - M_{родин};$$

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{рм6.1} = M_{роствн} - M_{родин1} = -934,11 - 731,65 = -1665,76 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{рм6.2} = M_{роствн} - M_{родин2} = -934,11 - 1463,3 = -2397,41 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{рм6.3} = M_{роствн} - M_{родин3} = -934,11 - 2926,6 = -3860,71 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Таблица 2.1 – Данные рабочей машины по участкам движения для одного этажа при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

Направление движения	Вверх (участки)			Вниз (участки)		
	1-ый	2-ой	1-ый	2-ой	1-ый	2-ой
Обозначение	1-ый	2-ой	1-ый	2-ой	1-ый	2-ой
$V_{po}, \text{ м/с}$	-	1	-	-	1	-
$t_{pm}, \text{ с}$	2	4,5	2	2	4,5	2
$H_{pm}, \text{ м}$	1	4,5	1	1	4,5	1
$M_{ст}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	1868	1868	1868	-1005,64	-1005,64	-1005,64
$M_{тр.под}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	71,73	71,73	71,73	71,73	71,73	71,73
$M_{рост}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	1939,73	1939,73	1939,73	-934,11	-934,11	-934,11
$J_{рост}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43
$M_{родин}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	731,65	731,65	731,65	731,65	731,65	731,65
$M_{pm}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	2671,38	1939,73	1208,08	-202,46	-934,11	-1665,76

Таблица 2.2 – Данные рабочей машины по участкам движения для одного этажа при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

Направление движения	Вверх (участки)			Вниз (участки)		
	1-ый	2-ой	3-ий	4-ый	5-ый	6-ой
Обозначение	1-ый	2-ой	3-ий	4-ый	5-ый	6-ой
$V_{po}, \text{ м/с}$	-	1	-	-	1	-
$t_{pm}, \text{ с}$	1	5,5	1	1	5,5	1
$H_{pm}, \text{ м}$	0,5	5,5	0,5	0,5	5,5	0,5
$M_{ст}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	1868	1868	1868	-1005,64	-1005,64	-1005,64
$M_{тр.под}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	71,73	71,73	71,73	71,73	71,73	71,73

Продолжение таблицы 2.2

$M_{\text{рост}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	1939,73	1939,73	1939,73	-934,11	-934,11	-934,11
$J_{\text{рост}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43
$M_{\text{родин}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	1463,3	1463,3	1463,3	1463,3	1463,3	1463,3
$M_{\text{рм}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	3403,03	1939,73	476,43	529,19	-934,11	-2397,41

Таблица 2.3 – Данные рабочей машины по участкам движения для одного этажа при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

Направление движения	Вверх (участки)			Вниз (участки)		
	1-ый	2-ой	1-ый	2-ой	1-ый	2-ой
Обозначение	1-ый	2-ой	1-ый	2-ой	1-ый	2-ой
$V_{\text{ро}}, \text{м/с}$	-	1	-	-	1	-
$t_{\text{рм}}, \text{с}$	0,5	6	0,5	0,5	6	0,5
$H_{\text{рм}}, \text{м}$	0,25	6	0,25	0,25	6	0,25
$M_{\text{ст}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	1868	1868	1868	-1005,64	-1005,64	-1005,64
$M_{\text{тр.под}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	71,73	71,73	71,73	71,73	71,73	71,73
$M_{\text{рост}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	1939,73	1939,73	1939,73	-934,11	-934,11	-934,11
$J_{\text{рост}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43
$M_{\text{родин}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	2926,6	2926,6	2926,6	2926,6	2926,6	2926,6
$M_{\text{рм}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	4866,33	1939,73	-986,87	1130,33	-934,11	-3861,70

Исходя из рассматриваемого рабочего цикла, изобразим нагрузочные диаграммы скорости и моментов рассматриваемой машины:

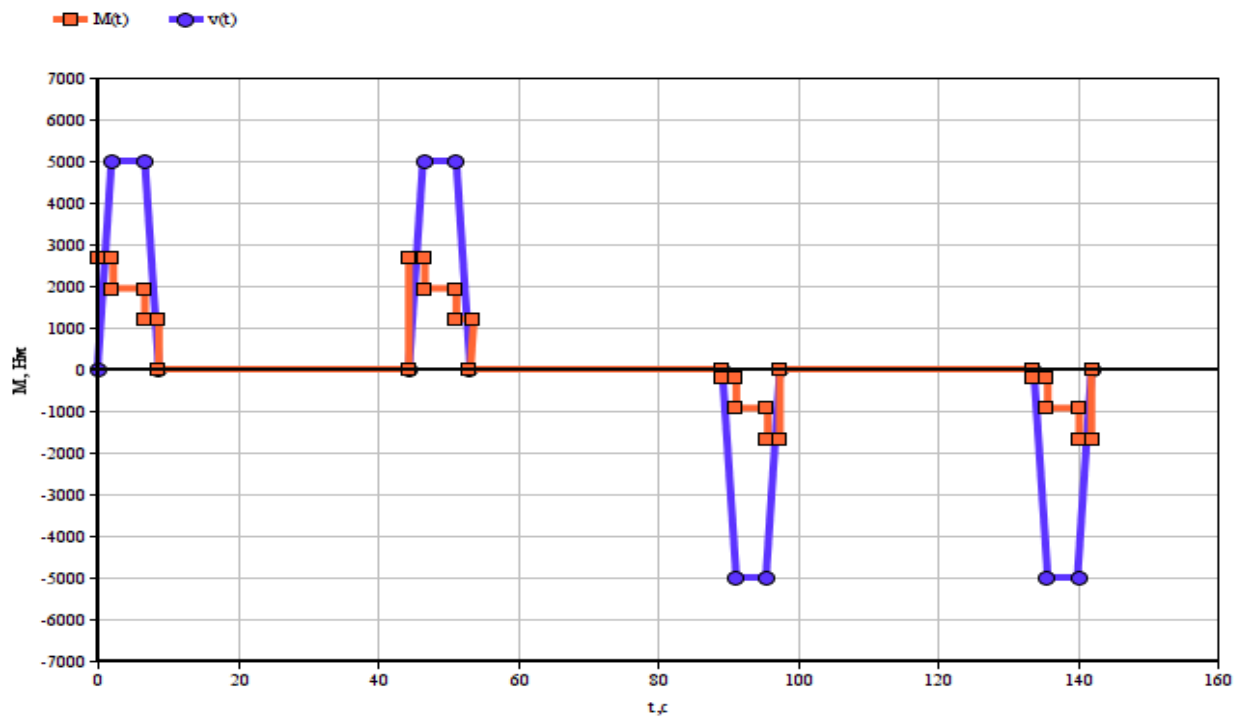


Рисунок 2.1 – Нагрузочная диаграмма скорости и моментов рабочего органа (полный цикл) при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$

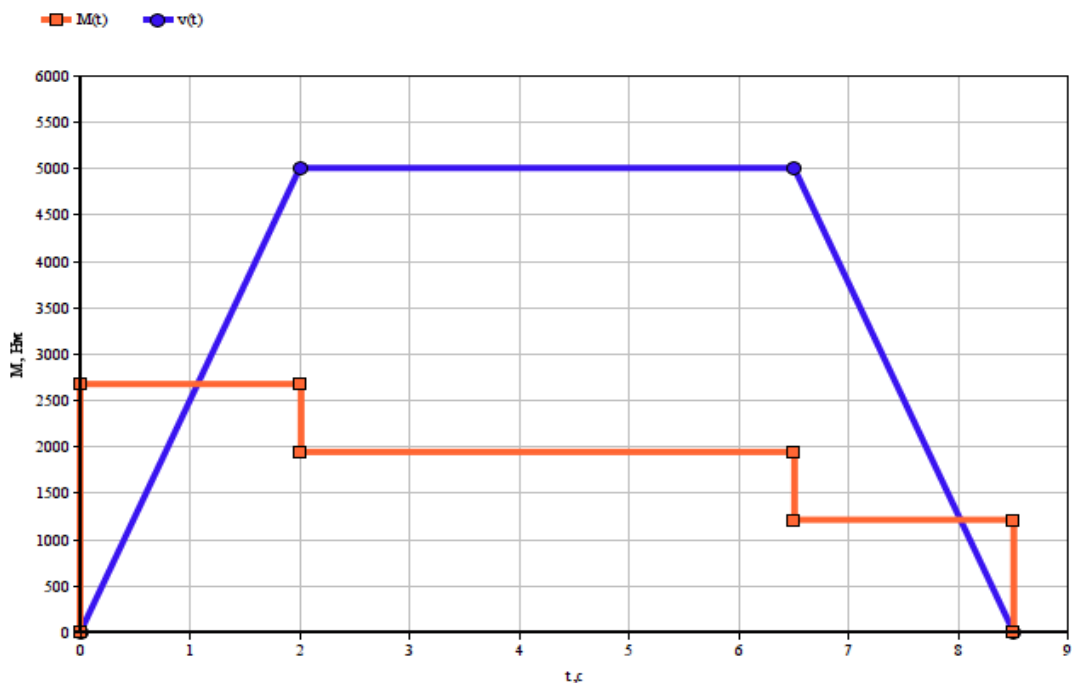


Рисунок 2.2 – Нагрузочная диаграмма скорости и моментов участка рабочего цикла $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ

Лист

20

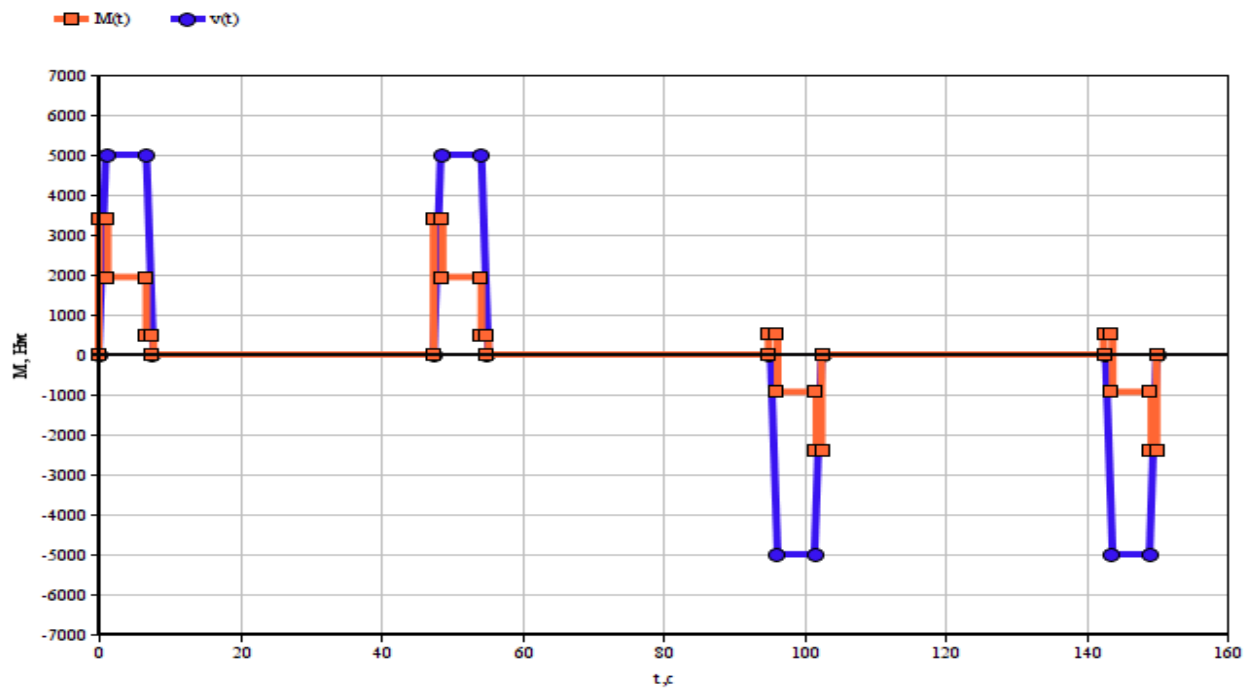


Рисунок 2.3 – Нагрузочная диаграмма скорости и моментов рабочего органа (полный цикл) при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$

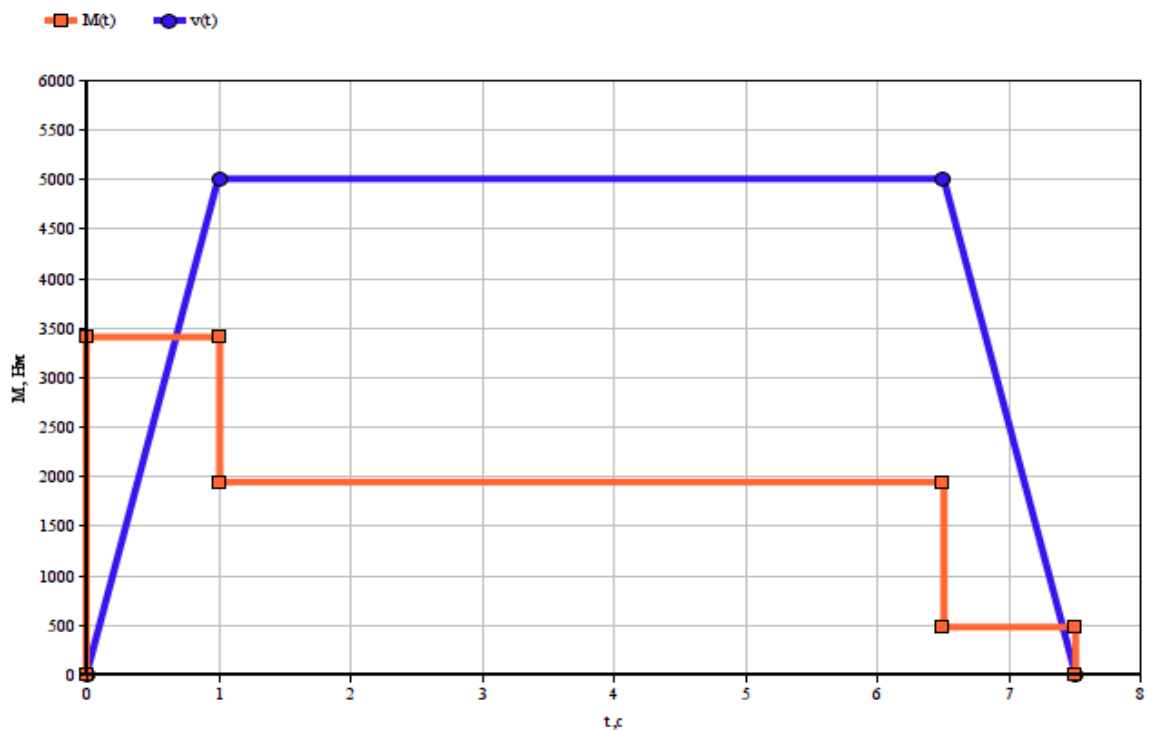


Рисунок 2.4 – Нагрузочная диаграмма скорости и моментов участка рабочего цикла при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ

Лист

21

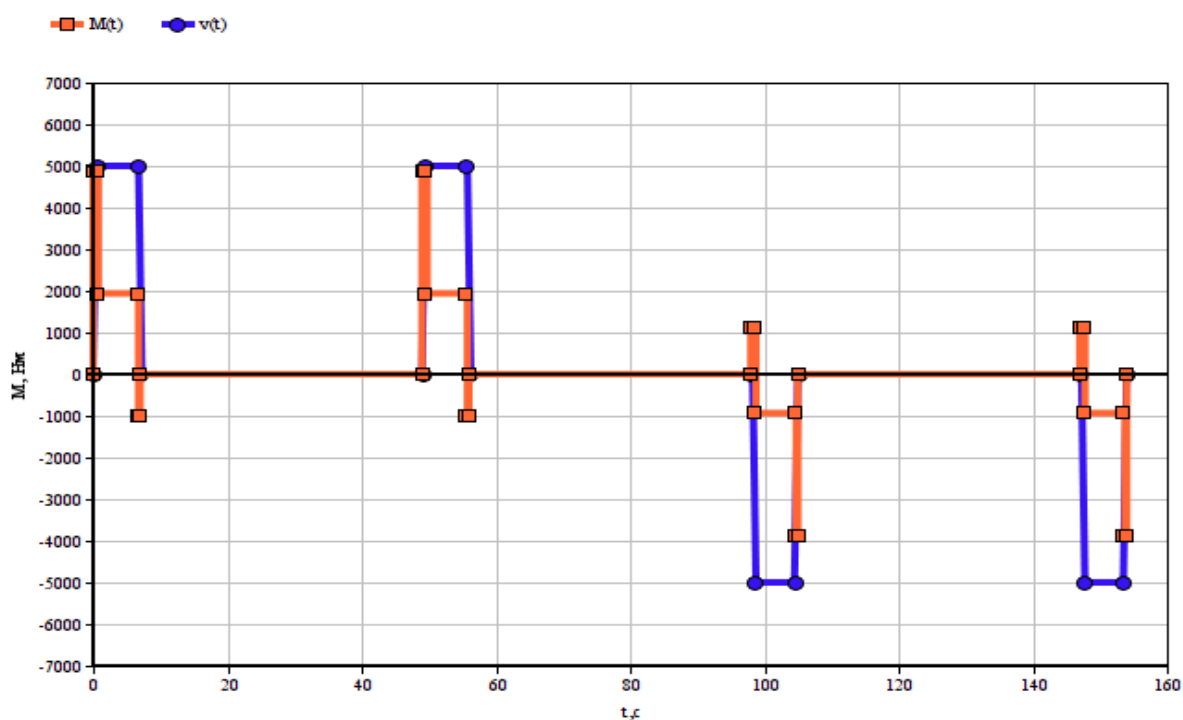


Рисунок 2.5 – Нагрузочная диаграмма скорости и моментов рабочего органа (полный цикл) при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$

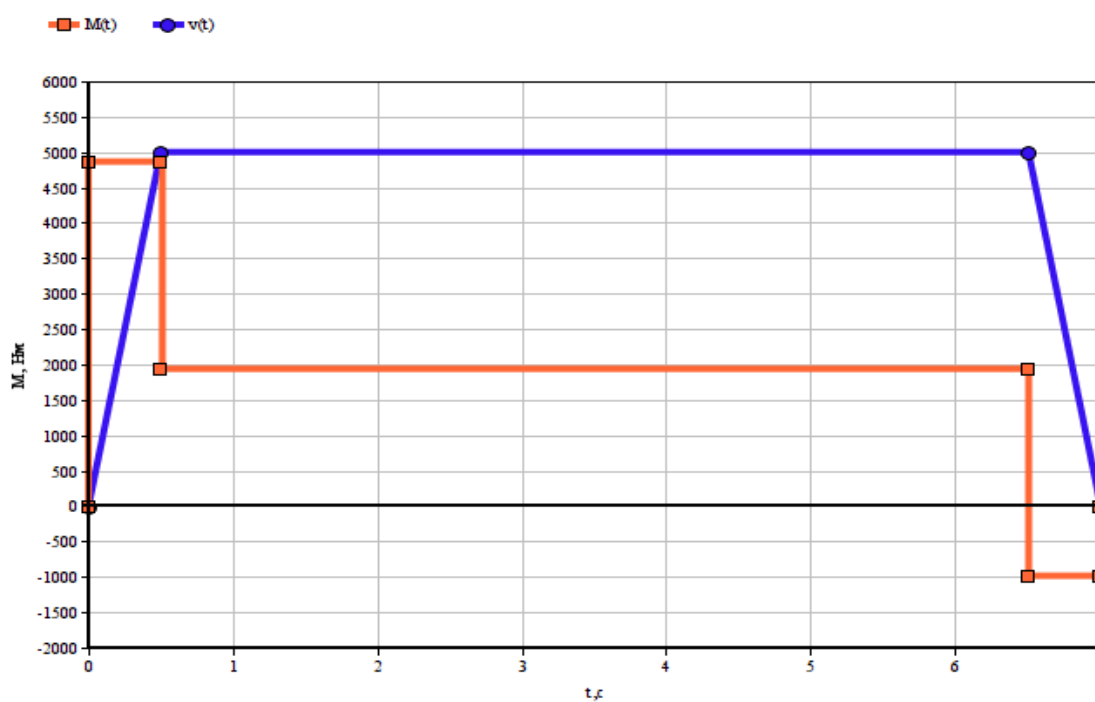


Рисунок 2.6 – Нагрузочная диаграмма скорости и моментов участка рабочего цикла при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ

3 ВЫБОР СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1 Расчет мощности электродвигателя

После произведенных расчетов моментов сможем найти среднеквадратичный момент рабочего цикла:

$$M_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m M_k^2 \cdot t_k}{\sum_{k=1}^m t_k}}, \quad (14)$$

где M_k – момент на каждом участке, Нм;

t_k – длительность каждого участка, с.

Рассчитаем:

$$M_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (M_{\text{рм1}}^2 \cdot t_{\text{пуск}} + M_{\text{рм2}}^2 \cdot t_{\text{уст}} + M_{\text{рм3}}^2 \cdot t_{\text{торм}}) + 2 \cdot (M_{\text{рм4}}^2 \cdot t_{\text{пуск}} + M_{\text{рм5}}^2 \cdot t_{\text{уст}} + M_{\text{рм6}}^2 \cdot t_{\text{торм}})}{4 \cdot (t_{\text{пуск}} + t_{\text{уст}} + t_{\text{торм}})}};$$

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{93199754,1106}{34}} = 1655,648 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{ср кв2}} = \sqrt{\frac{86656684,595}{30}} = 1699,575 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{ср кв3}} = \sqrt{\frac{96466820,4447}{28}} = 1856,137 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для определения мощности электродвигателя, воспользуемся формулой:

$$P_{\text{дв}} = M_{\text{ср кв}} \cdot \frac{2 \cdot V_{\text{уст}}}{D_{\text{шк}}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{факт}}}{ПВ_{\text{кат}}}}, \quad (15)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

где D – диаметр шкива, м;

$V_{уст}$ – скорость движения кабины лифта, м/с;

$PВ_{факт}$ – фактическое значение продолжительности работы привода;

$PВ_{кат}$ – ближайшее к $PВ_{факт}$ каталожное значение продолжительности работы для двигателей выбранной серии.

$$PВ_{факт} = \frac{1}{t_{ц}} \cdot \sum_{k=1}^m t_k \cdot 100\%; \quad (16)$$

Для второго случая при $a_{max}=0,5$ м/с²:

$$PВ_{факт1} = \frac{4 \cdot (2 + 4,5 + 2)}{4 \cdot 70} \cdot 100\% = 12,14\%;$$

Для второго случая при $a_{max}=1$ м/с²:

$$PВ_{факт2} = \frac{4 \cdot (1 + 5,5 + 1)}{4 \cdot 70} \cdot 100\% = 10,7\%;$$

Для третьего случая при $a_{max}=2$ м/с²:

$$PВ_{факт3} = \frac{4 \cdot (0,5 + 6 + 0,5)}{4 \cdot 70} \cdot 100\% = 10\%.$$

Для двигателей краново-металлургической серии ряд продолжительности включения: 15, 25, 40, 60, 100%.

Выбираем ближайшее $PВ$, то есть $PВ_{кат}=15\%$.

Рассчитаем мощность двигателя:

Для первого случая при $a_{max}=0,5$ м/с²:

$$P_{дв1} = 1655,648 \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,93} \cdot \sqrt{\frac{12,14}{15}} = 3203,16 \text{ Вт};$$

Для второго случая при $a_{max}=1$ м/с²:

$$P_{дв2} = 1699,575 \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,93} \cdot \sqrt{\frac{10,7}{15}} = 3086,98 \text{ Вт};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2$ м/с²:

$$P_{дв3} = 1856,137 \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,93} \cdot \sqrt{\frac{10}{15}} = 3371,35 \text{ Вт}.$$

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ				

3.2 Выбор электродвигателя

Выбираем двигатель краново-металлургической серии 4МТКФ(Н)132L6. Данный двигатель является асинхронным с короткозамкнутым ротором. Каталожные данные двигателя сведены в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Номинальные данные двигателя при ПВ=40%

Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
P_n	Номинальная мощность на валу	кВт	5,5
n_n	Номинальная частота вращения	об/мин	900
I_{1n}	Номинальный ток статора	А	13,6
$\cos \varphi_n$	Коэффициент мощности в номинальном режиме	-	0,75
I_n	Пусковой ток	А	57
M_n	Пусковой момент	Нм	145
M_{\max}	Максимальный (критический) момент	Нм	155
r_1	Активное сопротивление фазной обмотки статора	Ом	1,07
I_0	Ток холостого хода в номинальном режиме	Ом	8
$R_{кз}$	Активное сопротивление короткого замыкания	Ом	3,36
$X_{кз}$	Индуктивное сопротивление короткого замыкания	Ом	2,87
kr	Коэффициент приведения сопротивлений	-	1,97
$J_{дв}$	Момент инерции двигателя	кгм ²	0,09
$\eta_{дв}$	Коэффициент полезного действия	%	76

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

ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ

Лист

25

3.3 Выбор преобразователя частоты

По каталожным данным выбранного электродвигателя можем выбрать необходимый преобразователь частоты по следующим критериям:

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

$$I_{\text{нпч}} \geq I_{\text{н}},$$

где $U_{\text{нл}}$, $I_{\text{н}}$ – каталожные линейное напряжение и фазный ток статора двигателя;
 $U_{\text{нпч}}$, $I_{\text{нпч}}$ – каталожные линейное напряжение и ток нагрузки преобразователя частоты.

Выберем преобразователь фирмы «Kinda», модель KD330-00750T4. Его характеристики сведены в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Характеристики преобразователя KD330-00750T4

Модель	KD330-00750T4
Напряжение питания, В	Трехфазное 0 до ~380-460 ± 15%
Ном. мощность электродвигателя, кВт	7,5
Ном. ток нагрузки, А	17
Частота, Гц	50
Перегрузочная способность	50% - 120с
	160% - 60с
	180% - 10с
	200% - 1с

Блок-схема преобразователя частоты KD330-00750T4 представлена на рисунке 3.1

D. Схема подключения KD300 (4~7.5кВт)

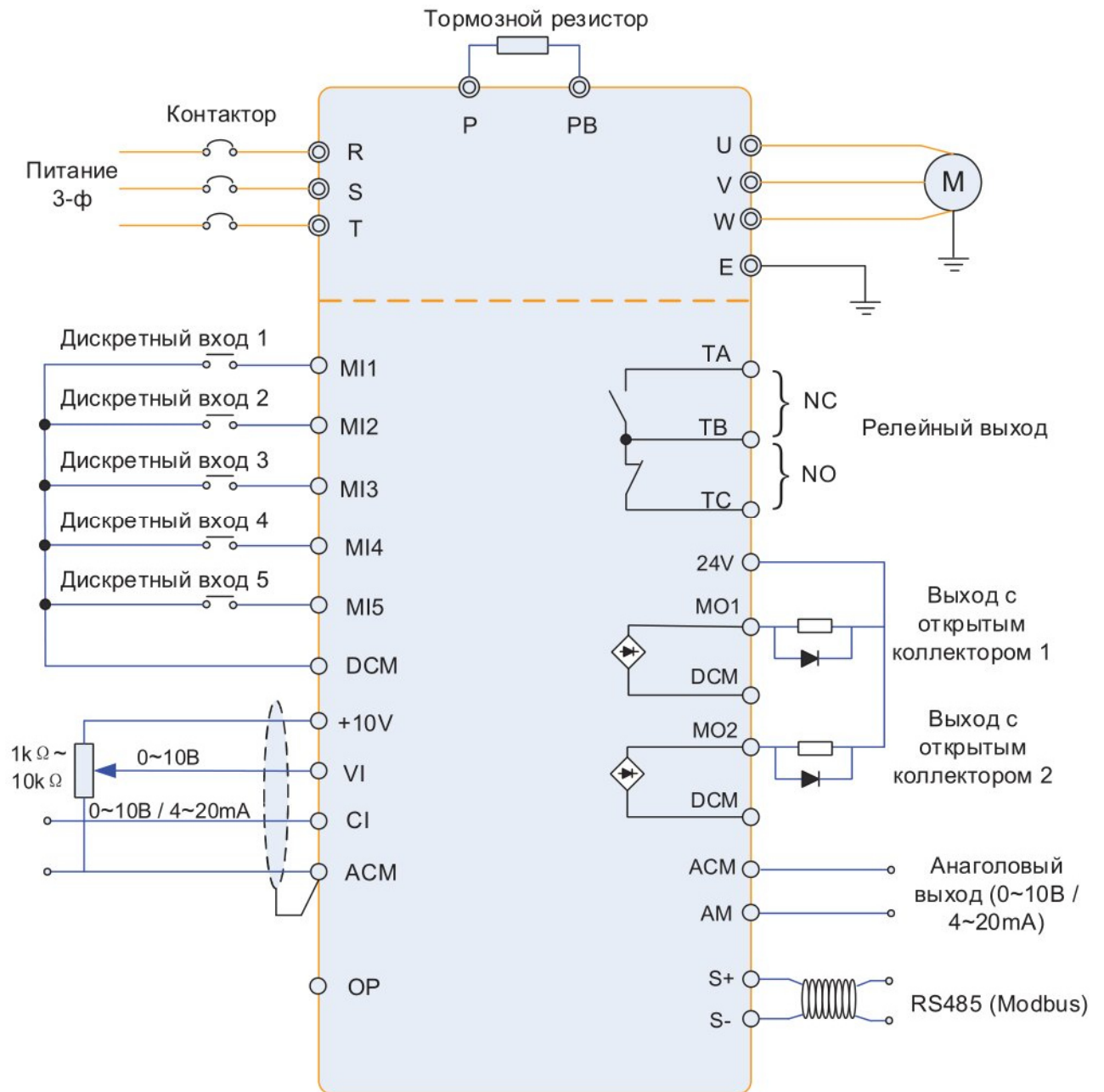


Рисунок 3.1 – Блок-схема силовых цепей KD330-00750T4.

3.4 Выбор редуктора

По следующей формуле можем определить передаточное число редуктора исходя из каталожных данных электродвигателя:

$$j_p = \omega_n \cdot \frac{D_{шк}}{2 \cdot V_{уст}}, \quad (17)$$

где ω_n – номинальная скорость вращения двигателя, рад/с;

$D_{шк}$ – диаметр колеса, преобразующего вращательное движение вала, м;

$V_{уст}$ – основная скорость рабочего органа, м/с.

$$\omega_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_n}{60}; \quad (18)$$

$$\omega_n = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 900}{60} = 94,2 \text{ рад/с.}$$

В соответствии с формулой 17:

$$j_p = 94,2 \cdot \frac{0,93}{2 \cdot 1} = 43,8.$$

Редуктор следует выбирать по рассчитанному передаточному числу, а именно данное значение должно быть равным или немного меньшим. А также должны учесть максимальный момент, условия работы механизма, мощность и скорость двигателя.

Выбираем редуктор Ч-80, характеристики которого представлены в таблице

Таблица 3.3 – Характеристики редуктора Ч-80

№	Наименования показателя	Обозначения	Размерность	Значение
1	Номинальный крутящий момент	M	Н·м	1398
2	Коэффициент полезного действия	η_p	%	97
3	Передаточное число	j_p	-	40

3.5 Приведение статических моментов и моментов инерции к валу

двигателя

После выбора необходимого оборудования приведем образующиеся при работе статические моменты к валу двигателя, воспользовавшись формулой:

$$M_{pc} = \frac{M_{рост}}{j_p}, \quad (19)$$

где $M_{рост}$ – статический момент рабочей машины, Н·м;

j_p – передаточное число редуктора Ч-80.

Рассчитаем:

При движении рабочей машины вверх:

$$M_{pc1} = \frac{M_{рост1}}{j_p} = \frac{1939,73}{40} = 48,49 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

При движении рабочей машины вниз:

$$M_{pc2} = \frac{M_{рост2}}{j_p} = \frac{-934,11}{40} = -23,35 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тогда статический момент на валу двигателя в двигательном режиме:

$$M_{двс} = \frac{M_{pc}}{\eta_p}, \quad (20)$$

где η_p – коэффициент полезного действия выбранного редуктора.

При подъеме:

$$M_{двс1} = \frac{M_{pc1}}{\eta_p} = \frac{48,49}{0,97} = 49,99 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

При опускании:

$$M_{двс2} = \frac{M_{pc2}}{\eta_p} = \frac{-23,35}{0,97} = -24,07 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

В тормозных режимах момент рассчитывается по формуле:

$$M_{твс} = M_{pc1} \cdot \eta_p; \quad (21)$$

Рассчитаем:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

При подъеме:

$$M_{\text{ТВС1}} = M_{\text{рс1}} \cdot \eta_p = 47,03 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

При опускании:

$$M_{\text{ТВС2}} = M_{\text{рс2}} \cdot \eta_p = -22,65 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Это связано с тем, что энергия поступает с вала двигателя, и за вычетом потерь в передаче поступает на двигатель.

Приведенные статические моменты системы электропривод – рабочая машина рассчитывают для каждого участка с учетом режима работы привода:

$$M_c = M_{\text{двс}} + M_{\text{хх}}, \quad (22)$$

где $M_{\text{хх}}$ – момент потерь холостого хода двигателя, Н·м.

$$M_{\text{хх}} = \frac{(I_{1n} U_{1n} 3 \cos \varphi_n - P_n) \cdot 9,55}{3 \cdot n_n}; \quad (23)$$

$$M_{\text{хх}} = \frac{(13,6 \cdot 220 \cdot 3 \cdot 0,75 - 5500) \cdot 9,55}{3 \cdot 900} = 4,36 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Двигательный режим:

Вверх:

$$M_{\text{дс1}} = M_{\text{двс1}} + M_{\text{хх}} = 49,99 + 4,36 = 54,35 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Вниз:

$$M_{\text{дс2}} = M_{\text{двс2}} + M_{\text{хх}} = -24,07 + 4,36 = -19,71 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тормозной режим:

Вверх:

$$M_{\text{тс1}} = M_{\text{твс1}} - M_{\text{хх}} = 47,03 - 4,36 = 42,67 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Вниз:

$$M_{\text{тс2}} = M_{\text{твс2}} - M_{\text{хх}} = -22,65 - 4,36 = -27,01 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

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

Суммарный приведенный момент инерции:

$$J = \delta \cdot J_d + J_{\text{пр}}, \quad (24)$$

где $J_{\text{пр}}$ – приведенный к валу двигателя момент инерции поступательно и вращательно движущихся частей системы, кг·м²;

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

$J_{д}$ – момент инерции ротора выбранного двигателя, кг·м²;

δ – коэффициент, учитывающий момент инерции остальных моментов электропривода: тормозного шкива, муфты, редуктора, и т.д. ($\delta = 1.3...1.5$).

Приведенный момент инерции рабочей машины к валу двигателя:

$$J_{пр} = \frac{J_{рм}}{j_p^2}; \quad (25)$$

Суммарный приведенный момент инерции при движении с пассажирами согласно формуле:

При движении кабины лифта вверх (вниз):

$$J = 1,4 \cdot J_{дв} + J_{пр} = 1,4 \cdot J_{дв} + \frac{J_{рм}}{j_p^2} = 1,4 \cdot 0,09 + \frac{680,43}{40^2} = 0,551 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

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

Пусковой момент:

$$M_{п} = M_{с} + M_{дин}, \quad (26)$$

где $M_{с}$ – статический момент сопротивления движению, Нм;

$M_{дин}$ – динамический момент, Нм.

Динамический момент рассчитываем по формуле:

$$M_{дин} = J \cdot \frac{2 \cdot a_{max} \cdot j_p}{D_{шк}}, \quad (27)$$

где $a_{доп}$ – допустимое ускорение при пуске и торможении, м/с²;

D – диаметр шкива, преобразующего вращение в поступательное движение, м;

J – приведенный момент инерции привода, кг·м².

Рассчитаем динамический момент при движении кабины лифта вверх (вниз):

Для первого случая при $a_{max}=0,5$ м/с²:

$$M_{дин1} = J \cdot \frac{2 \cdot a_{max} \cdot j_p}{D_{шк}} = 0,551 \cdot \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 40}{0,93} = 23,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{max}=1$ м/с²:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$M_{\text{дин2}} = J \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{max}} \cdot j_p}{D_{\text{шк}}} = 0,551 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot 40}{0,93} = 47,4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{дин3}} = J \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{max}} \cdot j_p}{D_{\text{шк}}} = 0,425 \cdot \frac{2 \cdot 2 \cdot 40}{0,93} = 94,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пусковой момент при движении вверх:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{п1.1}} = M_{\text{дс1}} + M_{\text{дин1}} = 54,35 + 23,7 = 78,05 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{п1.2}} = M_{\text{дс1}} + M_{\text{дин2}} = 54,35 + 47,4 = 101,75 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{п1.3}} = M_{\text{дс1}} + M_{\text{дин3}} = 54,35 + 94,8 = 149,15 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пусковой момент при движении вниз:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{п2.1}} = M_{\text{дс2}} + M_{\text{дин1}} = -19,71 + 23,7 = 3,99 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{п2.2}} = M_{\text{дс2}} + M_{\text{дин2}} = -19,71 + 47,4 = 27,69 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{п2.3}} = M_{\text{дс2}} + M_{\text{дин3}} = -19,71 + 94,8 = 75,09 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тормозной момент:

$$|M_{\text{Т}}| = |M_{\text{дин}}| - M_{\text{с}}; \quad (28)$$

При движении вверх:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$|M_{\text{Т1.1}}| = |M_{\text{дин1}}| - M_{\text{тс1}} = 23,7 - 42,67 = -18,97 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$|M_{\text{Т1.2}}| = |M_{\text{дин2}}| - M_{\text{тс1}} = 47,4 - 42,67 = 4,73 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$|M_{\text{Т1.3}}| = |M_{\text{дин3}}| - M_{\text{тс1}} = 94,8 - 42,67 = 52,13 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При опускании:

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$|M_{Т2.1}| = |M_{дин1}| - M_{Тс2} = 23,7 - (-27,01) = 50,71 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$|M_{Т2.2}| = |M_{дин2}| - M_{Тс2} = 47,4 - (-27,01) = 74,41 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$|M_{Т2.3}| = |M_{дин3}| - M_{Тс2} = 94,8 - (-27,01) = 121,81 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

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

Найдем средний момент двигателя при пуске:

$$M_{дср} = M_{п}; \quad (29)$$

При подъеме лифта:

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{дср1.1} = 78,05 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{дср1.2} = 101,75 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{дср1.3} = 149,15 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При спуске лифта:

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{дср2.1} = 3,99 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{дср2.2} = 27,69 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{дср2.3} = 75,09 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Найдем средний момент двигателя при торможении:

$$M_{\text{тср}} = M_{\text{т}}; \quad (30)$$

При подъеме лифта:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{тср1.1}} = -18,97 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{тср1.2}} = 4,73 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{тср1.3}} = 52,13 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При опускании лифта:

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{тср2.1}} = 50,71 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{тср2.2}} = 74,41 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{тср2.3}} = 121,81 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Установившуюся скорость двигателя находим по формуле:

$$\omega_{\text{с}} = 2 \cdot \frac{V_{\text{уст}}}{D_{\text{шк}}} \cdot j_{\text{р}}; \quad (31)$$

$$\omega_{\text{с}} = 2 \cdot \frac{1 \cdot 40}{0,93} = 86 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

3.6 Предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности

Необходимостью предварительной проверки двигателя является уточнение нагрузочных диаграмм моментов и скорости, учитывая момент инерции выбранного электродвигателя.

Рассчитаем времена переходных процессов для каждого участка по формуле:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

$$t_i = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{cp} - M_c}, \quad (32)$$

где J – приведенный момент инерции системы к валу двигателя, кг·м²;

ω_c – установившаяся скорость двигателя, рад/с;

M_{cp} – средний момент двигателя, Н·м;

M_c – приведенный статический момент, Н·м.

Первый участок – разгон лифта при движении вверх:

Для первого случая при $a_{max}=0,5$ м/с²:

$$t_{1.1} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{дср1.1} - M_{дс1}} = 0,551 \cdot \frac{86}{78,05 - 54,35} = 2 \text{ с};$$

Для второго случая при $a_{max}=1$ м/с²:

$$t_{1.2} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{дср1.2} - M_{дс1}} = 0,551 \cdot \frac{86}{101,75 - 54,35} = 1 \text{ с};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2$ м/с²:

$$t_{1.3} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{дср1.3} - M_{дс1}} = 0,551 \cdot \frac{86}{149,15 - 54,35} = 0,5 \text{ с}.$$

Третий участок – торможение лифта при движении вверх:

Для первого случая при $a_{max}=0,5$ м/с²:

$$t_{2.1} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{тср1.1} + M_{тс1}} = 0,551 \cdot \frac{86}{-18,97 + 42,67} = 2 \text{ с};$$

Для второго случая при $a_{max}=1$ м/с²:

$$t_{2.2} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{тср1.2} + M_{тс1}} = 0,551 \cdot \frac{86}{4,73 + 42,67} = 1 \text{ с};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2$ м/с²:

$$t_{2.3} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{тср1.3} + M_{тс1}} = 0,551 \cdot \frac{86}{52,13 + 42,67} = 0,5 \text{ с}.$$

Четвертый участок – разгон лифта при движении вниз:

Для первого случая при $a_{max}=0,5$ м/с²:

$$t_{4.1} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{дср2.1} - M_{дс2}} = 0,551 \cdot \frac{86}{3,99 - (-19,71)} = 2 \text{ с};$$

Для второго случая при $a_{max}=1$ м/с²:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$t_{4.2} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{дсп2.2} - M_{дс2}} = 0,551 \cdot \frac{86}{27,69 - (-19,71)} = 1 \text{ с};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$t_{4.3} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{дсп2.3} - M_{дс2}} = 0,551 \cdot \frac{86}{75,09 - (-19,71)} = 0,5 \text{ с}.$$

Шестой участок – торможение лифта при движении вниз:

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$t_{6.1} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{тсп2.1} + M_{тс2}} = 0,551 \cdot \frac{86}{50,71 + (-27,01)} = 2 \text{ с};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$t_{6.2} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{тсп2.2} + M_{тс2}} = 0,551 \cdot \frac{86}{74,41 + (-27,01)} = 1 \text{ с};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$t_{6.3} = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{тсп2.3} + M_{тс2}} = 0,551 \cdot \frac{86}{121,81 + (-27,01)} = 0,5 \text{ с}.$$

Угол поворота вала двигателя за время переходного процесса:

$$\alpha_i = \frac{\omega_c \cdot t_i}{2}; \quad (33)$$

Угол поворота вала на соответствующих участках пути:

Первый участок:

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{1.1} = \frac{\omega_c \cdot t_{1.1}}{2} = \frac{86 \cdot 2}{2} = 86 \text{ рад};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{1.2} = \frac{\omega_c \cdot t_{1.2}}{2} = \frac{86 \cdot 1}{2} = 43 \text{ рад};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{1.3} = \frac{\omega_c \cdot t_{1.3}}{2} = \frac{86 \cdot 0,5}{2} = 21,5 \text{ рад}.$$

Третий участок

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$\alpha_{3.1} = \frac{\omega_c \cdot t_{3.1}}{2} = \frac{86 \cdot 2}{2} = 86 \text{ рад};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{3.2} = \frac{\omega_c \cdot t_{3.2}}{2} = \frac{86 \cdot 1}{2} = 43 \text{ рад};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{3.3} = \frac{\omega_c \cdot t_{3.3}}{2} = \frac{86 \cdot 0,5}{2} = 21,5 \text{ рад.}$$

Четвертый участок:

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{4.1} = \frac{\omega_c \cdot t_{4.1}}{2} = \frac{86 \cdot 2}{2} = 86 \text{ рад};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{4.2} = \frac{\omega_c \cdot t_{4.2}}{2} = \frac{86 \cdot 1}{2} = 43 \text{ рад};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{4.3} = \frac{\omega_c \cdot t_{4.3}}{2} = \frac{86 \cdot 0,5}{2} = 21,5 \text{ рад.}$$

Шестой участок:

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{6.1} = \frac{\omega_c \cdot t_{6.1}}{2} = \frac{86 \cdot 2}{2} = 86 \text{ рад};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{6.2} = \frac{\omega_c \cdot t_{6.2}}{2} = \frac{86 \cdot 1}{2} = 43 \text{ рад};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{6.3} = \frac{\omega_c \cdot t_{6.3}}{2} = \frac{86 \cdot 0,5}{2} = 21,5 \text{ рад.}$$

Время работы с установившейся скоростью:

$$t_{ув} = \frac{\alpha_{\Sigma} - \alpha_{п} - \alpha_{т}}{\omega_c}, \quad (34)$$

где α_{Σ} – угол поворота вала двигателя, соответствующий величине перемещения в данном режиме, рад;

$\alpha_{п}, \alpha_{т}$ – угол поворота вала за время пуска и торможения, рад.

Угол поворота вала двигателя, соответствующий величине перемещения в режиме установившейся скорости:

$$\alpha_{\Sigma} = 2 \cdot L \cdot \frac{j_p}{D}; \quad (35)$$

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{\Sigma 1} = 2 \cdot 4,5 \cdot \frac{40}{0,93} = 387,1 \text{ рад};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{\Sigma 2} = 2 \cdot 5,5 \cdot \frac{40}{0,93} = 473,1 \text{ рад};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$\alpha_{\Sigma 3} = 2 \cdot 6 \cdot \frac{40}{0,93} = 516,1 \text{ рад}.$$

Время работы с установившейся скоростью при движении вверх:

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$t_{увверх1} = \frac{\alpha_{\Sigma 1} - \alpha_{1.1} - \alpha_{3.1}}{\omega_c} = \frac{387,1 - 86 - 86}{86} = 2,5 \text{ с};$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$t_{увверх2} = \frac{\alpha_{\Sigma 2} - \alpha_{1.2} - \alpha_{3.2}}{\omega_c} = \frac{473,1 - 43 - 43}{86} = 4,5 \text{ с};$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$t_{увверх3} = \frac{\alpha_{\Sigma 3} - \alpha_{1.3} - \alpha_{3.3}}{\omega_c} = \frac{516,1 - 21,5 - 21,5}{86} = 5,5 \text{ с}.$$

Время работы с установившейся скоростью при движении вниз:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$t_{уввниз1} = \frac{\alpha_{\Sigma 1} - \alpha_{4.1} - \alpha_{6.1}}{\omega_c} = \frac{387,1 - 86 - 86}{86} = 2,5 \text{ с;}$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$t_{уввниз2} = \frac{\alpha_{\Sigma 2} - \alpha_{4.2} - \alpha_{6.2}}{\omega_c} = \frac{473,1 - 43 - 43}{86} = 4,5 \text{ с;}$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$t_{уввниз3} = \frac{\alpha_{\Sigma 3} - \alpha_{4.3} - \alpha_{6.3}}{\omega_c} = \frac{516,1 - 21,5 - 21,5}{86} = 5,5 \text{ с.}$$

Суммарное фактическое время работы электропривода:

$$t_{\varphi} = 4 \cdot (t_{ув} + t_i); \quad (36)$$

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$t_{\varphi 1} = 4 \cdot (2 + 2,5 + 2) = 34 \text{ с;}$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$t_{\varphi 2} = 4 \cdot (1 + 4,5 + 1) = 26 \text{ с;}$$

Для третьего случая при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$:

$$t_{\varphi 3} = 4 \cdot (0,5 + 5,5 + 0,5) = 26 \text{ с.}$$

По величине среднеквадратичного момента произведем расчет предварительной проверки двигателя по нагреву:

$$M_{сркв} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \leq M_{доп}; \quad (37)$$

Для первого случая при $a_{max}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{сркв1} = \sqrt{\frac{2 \cdot (78,05^2 \cdot 2 + 48,49^2 \cdot 2,5 + (-18,97)^2 \cdot 2 + 52,7^2 \cdot 2) + 2 \cdot (3,99^2 \cdot 2 + (-23,35)^2 \cdot 2,5 + 50,71^2 \cdot 2)}{34}} = 38,59 \text{ Н} \cdot \text{м;}$$

Для второго случая при $a_{max}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{сркв2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (101,75^2 \cdot 1 + 48,49^2 \cdot 4,5 + 4,73^2 \cdot 1) + 2 \cdot (27,69^2 \cdot 1 + (-23,35)^2 \cdot 4,5 + 74,41^2 \cdot 1)}{26}} = 47,80 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{сркв3}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (149,15^2 \cdot 0,5 + 48,49^2 \cdot 5,5 + 52,13^2 \cdot 0,5) + 2 \cdot (75,09^2 \cdot 0,5 + (-23,35)^2 \cdot 5,5 + 121,81^2 \cdot 0,5)}{26}} = 54,52 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент двигателя при $\text{ПВ}_{\text{кат}}$, ближайшем к ПВ_{ϕ} :

$$M_{\text{КАТ}} = \frac{P_H \cdot 9,55}{n_H}; \quad (38)$$

$$M_{\text{КАТ}} = \frac{5500 \cdot 9,55}{900} = 58,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Фактическое значение ПВ:

$$\text{ПВ}_{\phi 1} = \frac{t_{\phi}}{t_{ц}} \cdot 100\%; \quad (39)$$

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$\text{ПВ}_{\phi 1} = \frac{34}{4 \cdot 70} \cdot 100\% = 12,14\%;$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$\text{ПВ}_{\phi 2} = \frac{26}{4 \cdot 70} \cdot 100\% = 9,28\%;$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$\text{ПВ}_{\phi 3} = \frac{26}{4 \cdot 70} \cdot 100\% = 9,28\%.$$

Допускаемый момент:

$$M_{\text{ДОП}} = M_{\text{КАТ}} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{КАТ}}}{\text{ПВ}_{\phi}}}; \quad (40)$$

Для первого случая при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{доп1}} = 58,4 \cdot \sqrt{\frac{15}{12,14}} = 64,91 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}}=1 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{доп2}} = 58,4 \cdot \sqrt{\frac{15}{9,28}} = 74,24 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}}=2 \text{ м/с}^2$:

$$M_{\text{доп3}} = 58,4 \cdot \sqrt{\frac{15}{9,28}} = 74,24 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Вывод:

Рассчитанные среднеквадратичные моменты меньше допустимых, а это значит, что выбранный электродвигатель краново-металлургической серии 4МТКФ(Н)132L6 проходит по нагреву, при трех заданных ускорениях.

Отообразим полученные результаты в таблицы:

Таблица 3.4 – Результаты расчетов при $a_{\text{max}}=0,5 \text{ м/с}^2$

Участок движения	Движение вверх			Движение вниз		
	1 уч	2 уч	3 уч	4 уч	5 уч	6 уч
Обозначение	1 уч	2 уч	3 уч	4 уч	5 уч	6 уч
$V_{\text{ро}}$, м/с	-	1	-	-	1	-
$M_{\text{рост}}$, Н·м	1939,73	1939,73	1939,73	-934,11	-934,11	-934,11
$J_{\text{рм}}$, кг · м ²	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43
ω_c , рад/с		86			86	
$M_{\text{двс}}$, Н·м	49,99	49,99	49,99	-24,07	-24,07	-24,07
$M_{\text{дс}}$, Н·м	54,35	54,35	54,35	-19,71	-19,71	-19,71
$M_{\text{тс}}$, Н·м	42,67	42,67	42,67	-27,01	-27,01	-27,01
$J_{\text{пр}}$, кг · м ²	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551

Продолжение таблицы 3.4

$M_{дин}, Н\cdot м$	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7
$M_{доп}, Н\cdot м$	64,91	64,91	64,91	64,91	64,91	64,91
$t_B, с$	2	2,5	2	2	2,5	2
$\alpha_B, с$	86	387,1	86	86	387,1	86

Таблица 3.5 – Результаты расчетов при $a_{max}=1 м/с^2$

Участок движения	Движение вверх			Движение вниз		
	1 уч	2 уч	3 уч	4 уч	5 уч	6 уч
Обозначение	1 уч	2 уч	3 уч	4 уч	5 уч	6 уч
$V_{ро}, м/с$	-	1	-	-	1	-
$M_{рост}, Н\cdot м$	1939,73	1939,73	1939,73	-934,11	-934,11	-934,11
$J_{рм}, кг \cdot м^2$	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43
$\omega_c, рад/с$		86			86	
$M_{двс}, Н\cdot м$	49,99	49,99	49,99	-24,07	-24,07	-24,07
$M_{твс}, Н\cdot м$	47,03	47,03	47,03	-22,65	-22,65	-22,65
$M_{дс}, Н\cdot м$	54,35	54,35	54,35	-19,71	-19,71	-19,71
$M_{тс}, Н\cdot м$	42,67	42,67	42,67	-27,01	-27,01	-27,01
$J_{пр}, кг \cdot м^2$	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551
$M_{дин}, Н\cdot м$	47,4	47,4	47,4	47,4	47,4	47,4
$M_{доп}, Н\cdot м$	74,24	74,24	74,24	74,24	74,24	74,24
$t_B, с$	1	4,5	1	1	4,5	1
$\alpha_B, с$	43	473,1	43	43	473,1	43

Таблица 3.6 – Результаты расчетов при $a_{max}=2 \text{ м/с}^2$

Участок движения	Движение вверх			Движение вниз		
	1 уч	2 уч	3 уч	4 уч	5 уч	6 уч
Обозначение						
$V_{po}, \text{ м/с}$	-	1	-	-	1	-
$M_{рост}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	1939,73	1939,73	1939,73	-934,11	-934,11	-934,11
$J_{рм}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2$	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43	680,43
$\omega_c, \text{ рад/с}$		86			86	
$M_{двс}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	49,99	49,99	49,99	-24,07	-24,07	-24,07
$M_{твс}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	47,03	47,03	47,03	-22,65	-22,65	-22,65
$M_{дс}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	54,35	54,35	54,35	-19,71	-19,71	-19,71
$M_{тс}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	42,67	42,67	42,67	-27,01	-27,01	-27,01
$J_{пр}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2$	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551	0,551
$M_{дин}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	94,8	94,8	94,8	94,8	94,8	94,8
$M_{доп}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	74,24	74,24	74,24	74,24	74,24	74,24
$t_b, \text{ с}$	0,5	5,5	0,5	0,5	5,5	0,5
$\alpha_b, \text{ с}$	21,5	516,1	21,5	21,5	516,1	21,5

3.7 Проверка перегрузочной способности выбранного преобразователя частоты

Для исправной работы пассажирского лифта необходимо удостовериться в правильности выбора преобразователя частоты. Для этого необходимо рассчитать ток, который потребляет двигатель при работе от преобразователя частоты в пиковые нагрузки.

$$I_{\text{потр}} = \frac{k \cdot n \cdot M}{9,55 \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \cos \varphi \cdot V \cdot \sqrt{3}} \quad (41)$$

где k – коэффициент искажения тока. Значения данного коэффициента варьируются от 0,95 до 1,05 и не имеют размерности;

$n = 900$ об/мин – частота вращения выбранного двигателя;

M – момент нагрузки на валу двигателя, Н·м;

$\eta_{\text{дв}}$ – КПД двигателя;

$\cos \varphi = 0,75$ - коэффициент мощности из спецификации на двигатель;

$V = 380$ В – линейное напряжение.

Максимальные моменты в работе нашего механизма возникают при пуске двигателя (при движении вверх):

Для первого случая при $a_{\text{max}} = 0,5$ м/с²: $M_{\text{дср1}} = 78,05$ Н·м;

Для второго случая при $a_{\text{max}} = 1$ м/с²: $M_{\text{дср2}} = 101,75$ Н·м;

Для третьего случая при $a_{\text{max}} = 2$ м/с²: $M_{\text{дср1}} = 149,15$ Н·м.

Тогда рассчитаем токи для максимальной нагрузки при заданных ускорениях:

Для первого случая при $a_{\text{max}} = 0,5$ м/с²:

$$I_{\text{потр1}} = \frac{1 \cdot 900 \cdot 78,05}{9,55 \cdot 0,76 \cdot 0,75 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} = 19,61 \text{ А};$$

Для второго случая при $a_{\text{max}} = 1$ м/с²:

$$I_{\text{потр2}} = \frac{1 \cdot 900 \cdot 101,75}{9,55 \cdot 0,76 \cdot 0,75 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} = 25,56 \text{ А};$$

Для третьего случая при $a_{\text{max}} = 2$ м/с²:

$$I_{\text{потр3}} = \frac{1 \cdot 900 \cdot 149,15}{9,55 \cdot 0,76 \cdot 0,75 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} = 37,47 \text{ А}.$$

Рассчитаем полученные значения в процентном соотношении к нагрузочному току выбранного преобразователя частоты:

$$I_{\text{перег}} = \frac{I_{\text{потр}}}{I_{\text{н.пр.ч}}} \cdot 100\%, \quad (42)$$

где $I_{н.пр.ч} = 17$ А - номинальный ток нагрузки выбранного преобразователя частоты.

Для первого случая при $a_{max} = 0,5$ м/с²:

$$I_{перег1} = \frac{19,61}{17} \cdot 100\% = 115,3\%;$$

Время работы в данном режиме: $t_{1,1} = 2$ с.

Для второго случая при $a_{max} = 1$ м/с²:

$$I_{перег2} = \frac{25,56}{17} \cdot 100\% = 150,3\%;$$

Время работы в данном режиме: $t_{1,2} = 1$ с.

Для третьего случая при $a_{max} = 2$ м/с²:

$$I_{перег3} = \frac{37,47}{17} \cdot 100\% = 220,4\%.$$

Время работы в данном режиме: $t_{1,3} = 0,5$ с.

Перегрузочная способность преобразователя частоты KD330-00750T4 представлена в таблице 3.2.

Исходя из расчетов при $a_{max} = 2$ м/с² и $a_{max} = 1$ перегрузочная способность выше допустимой, выбранного преобразователя частоты. Высока вероятность его отключения, что приведет к аварийной ситуации, а в дальнейшем и выход из строя преобразователя частоты. Считаю, что времена разгона и торможения незначительно повлияют на время цикла работы пассажирского лифта. В дальнейшей работе принято данные ускорения не рассматривать.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

4 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Синхронная скорость вращения ω_{0H} :

$$\omega_{0H} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{3} = 104,67, \quad (43)$$

где p – число пар полюсов;

f_{1H} – номинальная частота напряжения статора, Гц.

Номинальный момент на валу M_H :

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H}; \quad (44)$$

$$M_H = \frac{5500}{94,2} = 58,39 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальный электромагнитный момент:

$$M_{\text{ЭМН}} = \frac{3 \cdot U_{1H} I_{1H} \cdot \cos \varphi - 3 \cdot I_{1H}^2 \cdot r_1}{\omega_{0H}}; \quad (45)$$

$$M_{\text{ЭМН}} = \frac{3 \cdot 220 \cdot 13,6 \cdot 0,75 - 3 \cdot 13,6^2 \cdot 1,07}{104,67} = 58,62 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальное относительное скольжение:

$$S_H = \frac{\omega_{0H} - \omega_H}{\omega_{0H}}; \quad (46)$$

$$S_H = \frac{104,67 - 94,2}{104,67} = 0,1.$$

Критическое скольжение :

$$S_k = S_H \cdot (\mu_k + \sqrt{\mu_k^2 - 1}), \quad (47)$$

где μ_k – перегрузочная способность асинхронного двигателя.

$$\mu_k = \frac{M_k}{M_{\text{ЭМН}}}; \quad (48)$$

$$\mu_k = \frac{M_k}{M_{\text{ЭМН}}} = \frac{155}{58,62} = 2,64.$$

$$S_k = 0,1 \cdot (2,64 + \sqrt{2,64^2 - 1}) = 0,51.$$

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 4.1 – Расчетные параметры для работы в заданных точках

Расчетные параметры		Скорость при движении					
		вверх			вниз		
		1	2	3	4	5	6
Заданные точки							
$\omega_{\text{зад}}$	Рад/с		86			86	
	О.е.		0,82			0,82	-
$M_{\text{зад}}$ на валу	Нм	49,99			-24,07		
	О.е.	0,86			-0,41		
Расчетные данные							
$\omega_{0\text{зад}}$	О.е.		0,906			-0,779	
	Рад/с		94,87			-81,58	
f_1	О.е.		0,906			-0,799	
	Гц		45,3			39,95	
U_1	О.е.		0,906			-0,799	
	В		199,32			171,38	
$R_{1\text{доб}}$	Ом	0	0	0	0	0	0

Синхронная скорость:

$$\omega_{0\text{зад}} = \omega_{\text{зад}} + \Delta\omega_{\text{ест}} = \omega_{\text{зад}} + M_{\text{зад}} \cdot S_{\text{Н}}; \quad (49)$$

$$\text{Участок 2: } \omega_{0\text{зад}} = 0,82 + 0,86 \cdot 0,1 = 0,906;$$

Участок 5: $\omega_{0зад} = 0,82 - 0,41 \cdot 0,1 = -0,779$.

$$\omega_{0зад} = \omega_{0зад} \cdot \omega_{0н}; \quad (50)$$

Участок 2: $\omega_{0зад} = 0,906 \cdot 104,72 = 94,87$ рад/с;

Участок 5: $\omega_{0зад} = -0,779 \cdot 104,72 = -81,58$ рад/с.

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

$$\alpha = \frac{f_1}{f_{1н}} = \omega_{0зад} \quad (51)$$

$$f_1 = \alpha \cdot f_{1н} \quad (52)$$

$$U_1 = \alpha \cdot U_{1н} \quad (53)$$

Участок 2:

$$\alpha = f_1/f_{1н} = \omega_{0зад} = 0,906;$$

$$f_1 = \alpha \cdot f_{1н} = 0,906 \cdot 50 = 45,3 \text{ Гц};$$

$$U_1 = \alpha \cdot U_{1н} = 0,906 \cdot 220 = 199,32 \text{ В.}$$

Участок 5:

$$\alpha = f_1/f_{1н} = \omega_{0зад} = -0,779;$$

$$f_1 = \alpha \cdot f_{1н} = 0,779 \cdot 50 = 39,95 \text{ Гц};$$

$$U_1 = \alpha \cdot U_{1н} = 0,779 \cdot 220 = 171,38 \text{ В.}$$

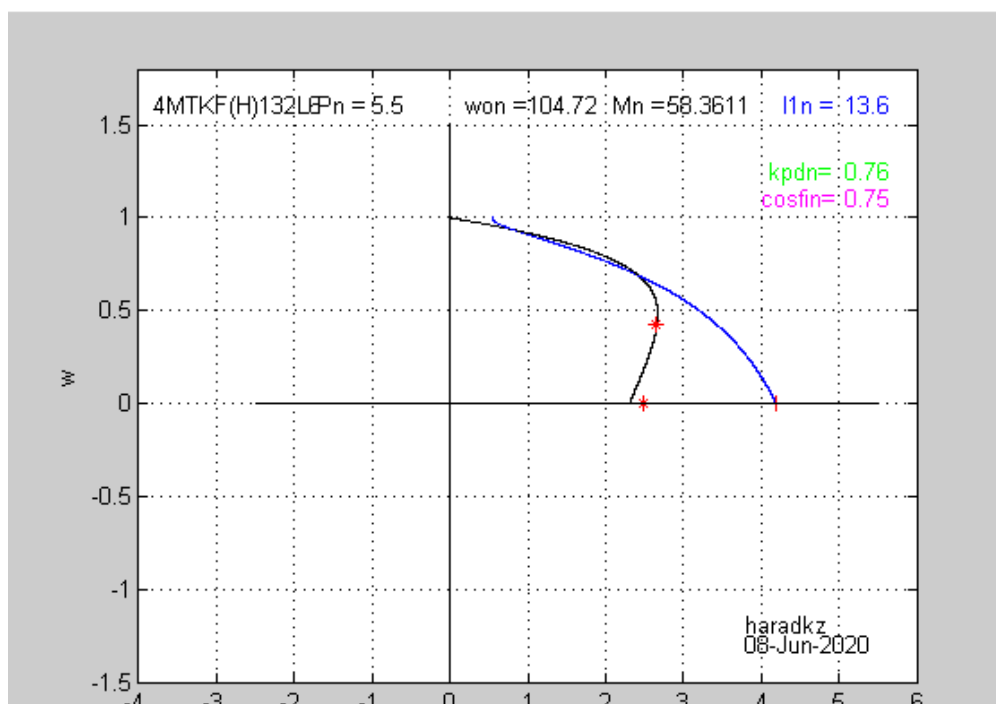


Рисунок 4.1 – Естественная механическая характеристика

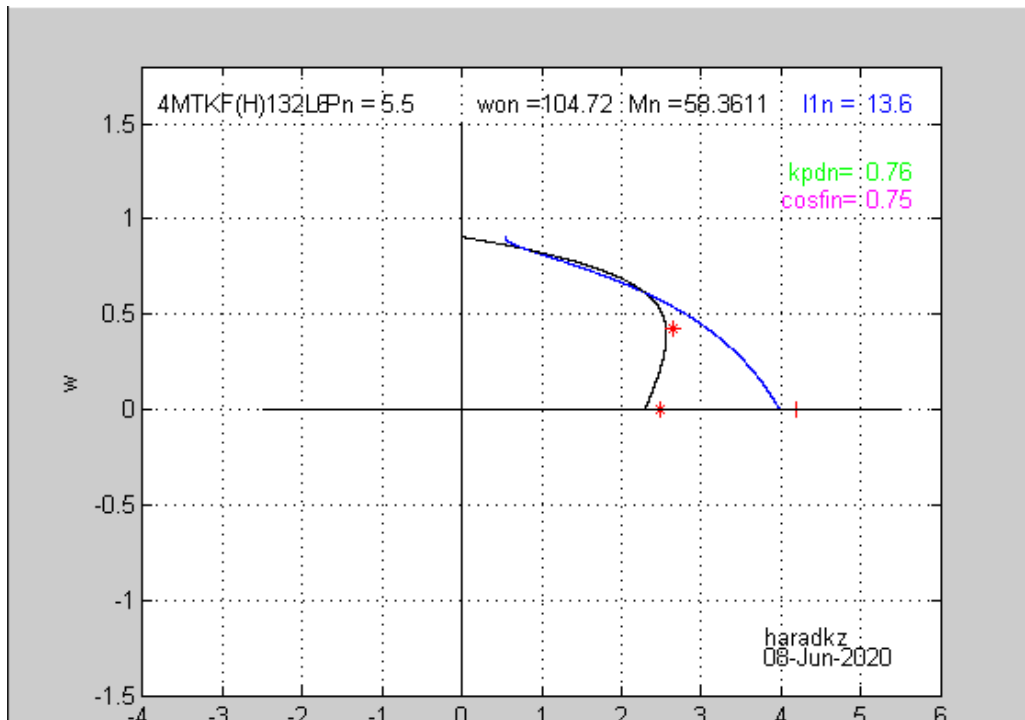


Рисунок 4.2 – Искусственная механическая характеристика при работе в заданных точках (движение вверх)

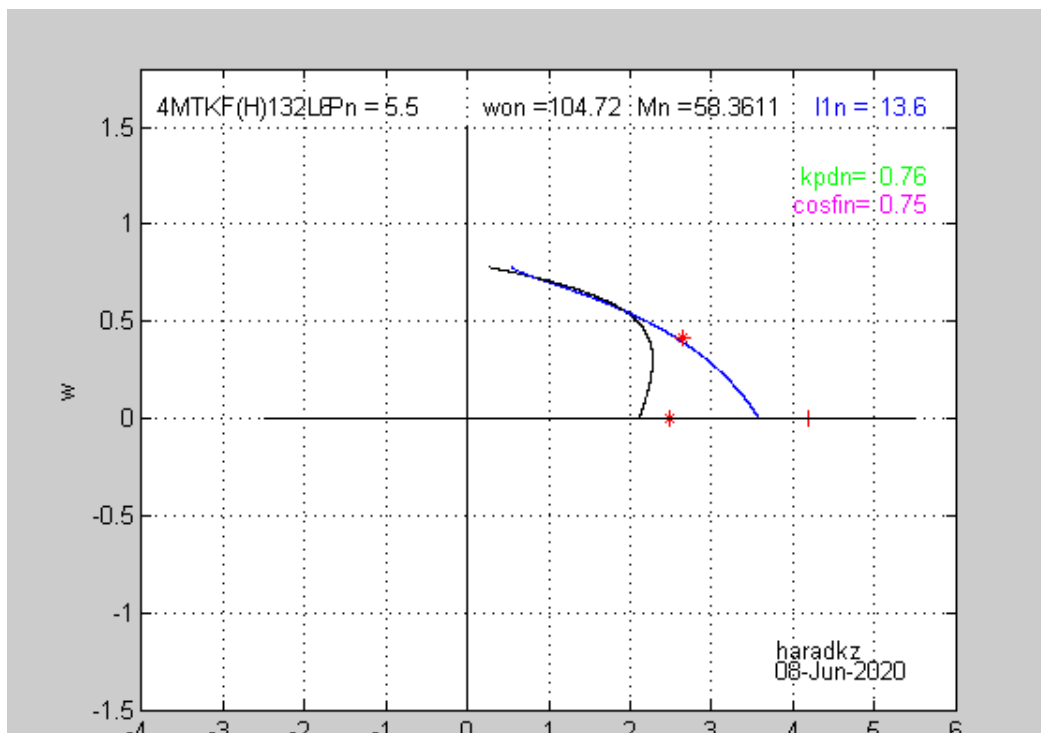


Рисунок 4.3 – Искусственная механическая характеристика при работе в заданных точках (движение вниз)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ

Лист

49

5 ОПИСАНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Пассажирский лифт торгового комплекса обеспечивает транспортировку пассажиров по этажам комплекса. Пассажир нажимает на кнопку вызова кабины, выбор направления движения кабины происходит автоматически.

Прибывшая кабина останавливается на нужном уровне. Это обеспечивает наличие концевых датчиков на каждом этаже. При срабатывании датчика положения в кабине включается свет и происходит автоматическое открытие дверей.

При входе пассажира в кабину срабатывает датчик присутствия. Пассажир выбирает нужный этаж, нажатием соответствующей кнопки на панели управления.

Двери не закроются и лифт не поедет до того момента, пока от датчика движения не придет сигнал об отсутствии пассажиров в дверях лифта.

Кабина начинает движение с установившейся рабочей скоростью до выбранного уровня, автоматически открываются двери, при выходе пассажира срабатывает датчик присутствия, двери лифта закрываются, и отключается освещение.

При любых отклонениях от рабочего режима лифт останавливается, а двери блокируются.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

6 СОСТАВЛЕНИЕ СПИСКА СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Согласно описанному технологическому процессу, а также последовательности работы механизма следует, что система автоматизации должна обеспечить работу, как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Система автоматизации должна формировать следующие выходные команды:

- включение привода передвижения кабины лифта вверх (Вверх);
- включение привода передвижения кабины лифта вниз (Вниз);
- включение освещения (Свет).

Кроме команд на исполнительные механизмы, необходимо задействовать выходные сигналы на индикацию и сигнализацию состояния системы, для удобства эксплуатации и устранения неполадок в системе. На пульт управления будут выводиться следующие сигналы:

- индикатор «Питание» (индПит);
- индикатор «Авария» (индАвария);

Для управления процессом автоматизации будем рассматривать диспетчерский пульт управления, (изображенный на рисунке 6.1), представляющий собой панель с блоками кнопок, формирующих следующие выходные сигналы:

- сигнал «Питание» (Пит);
- сигнал «Сброс Аварии» (СбросА);
- сигнал «1-й этаж» (кнЭ1);
- сигнал «2-й этаж» (кнЭ2);
- сигнал «3-й этаж» (кнЭ3);
- сигнал «Вызов кабины лифта на 1-й этаж» (кнВЭ1);
- сигнал «Вызов кабины лифта на 2-й этаж» (кнВЭ2);
- сигнал «Вызов кабины лифта на 3-й этаж» (кнВЭ3);

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

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

- датчик, сигнализирующий о нахождении кабины на уровне первого этажа (П1);
- датчик, сигнализирующий о нахождении кабины на уровне второго этажа (П2);
- датчик, сигнализирующий о нахождении кабины на уровне третьего этажа (П3);
- датчик, сигнализирующий о присутствии пассажира (ДПП);
- датчик, сигнализирующий о наличии препятствия в дверях лифта (ДП);
- датчик, сигнализирующий о том, что дверь закрыта (ДЗД).

На рисунке 6.1 изображен диспетчерский пульт, который необходим для проведения проверок и плановых ремонтов.

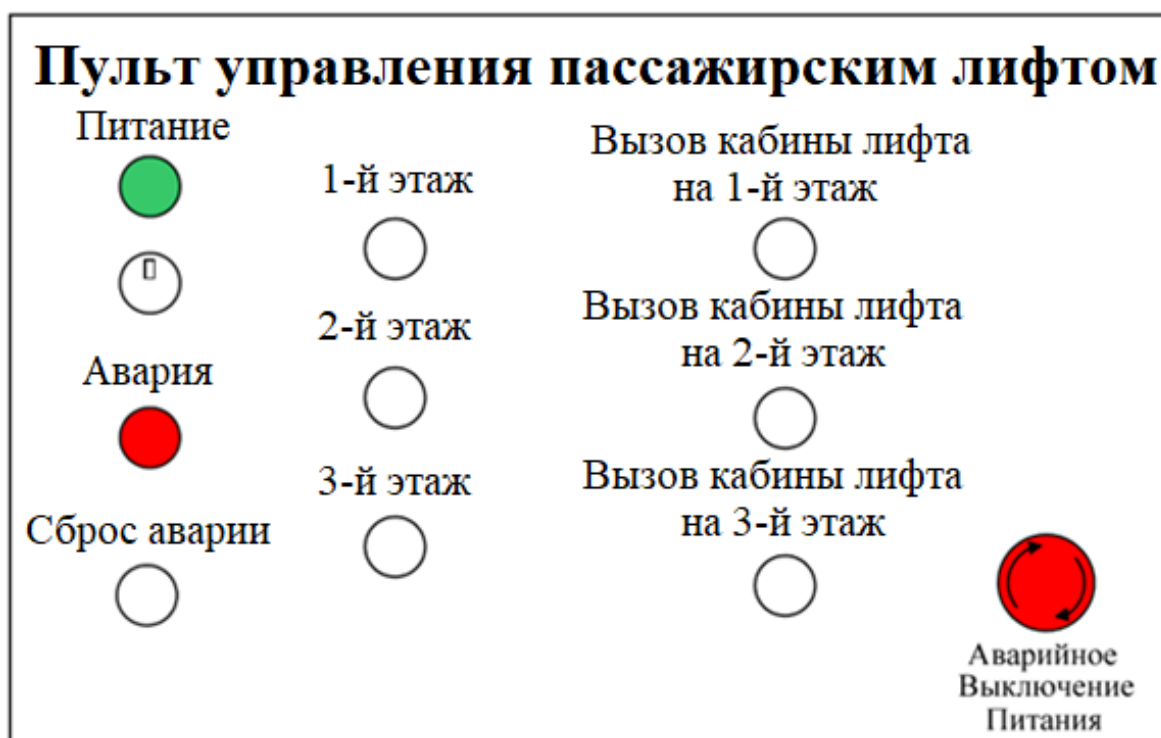


Рисунок 6.1 – Диспетчерский пульт управления

В таблицу 6.1 сведены все сигналы и команды, используемые в системе. В этой же таблице выражено соответствие действий сигналов и команд дискретным значениям этих переменных.

Таблица 6.1 – Сигналы и команды, используемые в системе автоматизации

Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
Входные сигналы пульта управления и выходные контроллера	индПит	Лампа индикации «Питание»	Есть
	индАвария	Лампа индикации «Авария»	Есть
Выходные сигналы пульта управления	Пит	Ключ-бирка «Питание»	Ключ повернут
	кнЭ1	Кнопка «1-й этаж»	Нажата один раз
	кнЭ2	Кнопка «2-й этаж»	Нажата один раз
	кнЭ3	Кнопка «3-й этаж»	Нажата один раз
	кнВЭ1	Кнопка «Вызов кабины лифта на 1-й этаж»	Нажата один раз
	кнВЭ2	Кнопка «Вызов кабины лифта на 2-й этаж»	Нажата один раз
	кнВЭ3	Кнопка «Вызов кабины лифта на 3-й этаж»	Нажата один раз
	СбросА	Кнопка «Сброс аварии»	Нажата один раз

Продолжение таблицы 6.1

Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
Входные сигналы контроллера	П1	датчик, сигнализирующий о нахождении кабины на уровне первого этажа	Есть
	П2	датчик, сигнализирующий о нахождении кабины на уровне второго этажа	Есть
	П3	датчик, сигнализирующий о нахождении кабины на уровне третьего этажа (П3)	Есть
	ДПП	датчик, сигнализирующий о присутствии пассажира	Есть
	ДП	датчик, сигнализирующий о наличии препятствия в дверях лифта	Есть
	ДЗД	датчик, сигнализирующий о том, что дверь закрыта	Есть
Выходные сигналы контроллера	Вверх	включение привода передвижения кабины лифта вверх	Есть
	Вниз	включение привода передвижения кабины лифта вниз	Есть
	Свет	включение освещения	Есть

7 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ ОБЪЕКТА

Программу для контроллера разделим условно на три блока: «блок управления кабиной», «блок управления светом» и «блок аварийных сигналов».

7.1 Блок управления кабиной

Сигнал на движение кабины лифта вверх возникает:

1. При нажатии кнопки 2-й этаж и наличии пассажира в кабине лифта или при нажатии кнопки вызова лифта на второй этаж до тех пор, пока кабина лифта не доедет до положения на уровне второго этажа, в отсутствие сигнала «Авария»:

2. При нажатии кнопки 3-й этаж и наличии пассажира в кабине лифта или при нажатии кнопки вызова лифта на третий этаж до тех пор, пока кабина лифта не доедет до положения на уровне третьего этажа, в отсутствие сигнала «Авария»:

$$\text{Вверх} = (\text{Вверх}_2 + \text{Вверх}_3) \cdot \text{ДЗД},$$

$$\text{Вверх}_2 = ((\text{кнЭ2} \cdot \text{ДПП} + \text{кнВЭ2}) \cdot \text{П1} + \text{Вверх}_2) \cdot \overline{\text{П2}} \cdot \overline{\text{Авария}},$$

$$\text{Вверх}_3 = (\text{кнЭ3} \cdot \text{ДПП} + \text{кнВЭ3} + \text{Вверх}_3) \cdot \overline{\text{П3}} \cdot \overline{\text{Авария}}.$$

Сигнал на движение кабины лифта вниз возникает:

1. При нажатии кнопки 1-й этаж и наличии пассажира в кабине лифта или при нажатии кнопки вызова лифта на первый этаж до тех пор, пока кабина лифта не доедет до положения на уровне первого этажа, в отсутствие сигнала «Авария»:

2. При нажатии кнопки 2-й этаж и наличии пассажира в кабине лифта или при нажатии кнопки вызова лифта на второй этаж до тех пор, пока кабина лифта не доедет до положения на уровне второго этажа, в отсутствие сигнала «Авария»:

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

$$Вниз = (Вниз_1 + Вниз_2) \cdot ДЗД,$$

$$Вниз_1 = (кнЭ1 \cdot ДПП + кнВЭ1 + Вниз_1) \cdot \overline{П1} \cdot \overline{Авария},$$

$$Вниз_2 = ((кнЭ2 \cdot ДПП + кнВЭ2) \cdot П3 + Вниз_2) \cdot \overline{П2} \cdot \overline{Авария}.$$

7.2 Блок управления светом

Сигнал на включение освещения возникает при присутствии пассажира в кабине лифта или при нахождении лифта напротив любого из этажей при закрытых дверях:

$$Свет = (П1 + П2 + П3) \cdot \overline{ДЗД} + ДПП.$$

7.3 Блок аварийных сигналов

Сигнал аварии возникает при отсутствии нажатой кнопки «Сброс Аварии» и неисправности механизмов и датчиков:

$$Авария = (Вверх \cdot Вниз + П1 \cdot П2 + П1 \cdot П3 + П2 \cdot П3 + Авария) \cdot \overline{СбросА}$$

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

8 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

На основе описания технологического процесса, автоматизируемого объекта, определенных входных и выходных команд составлена схема электрическая функциональная, представленная на рисунке 8.1.

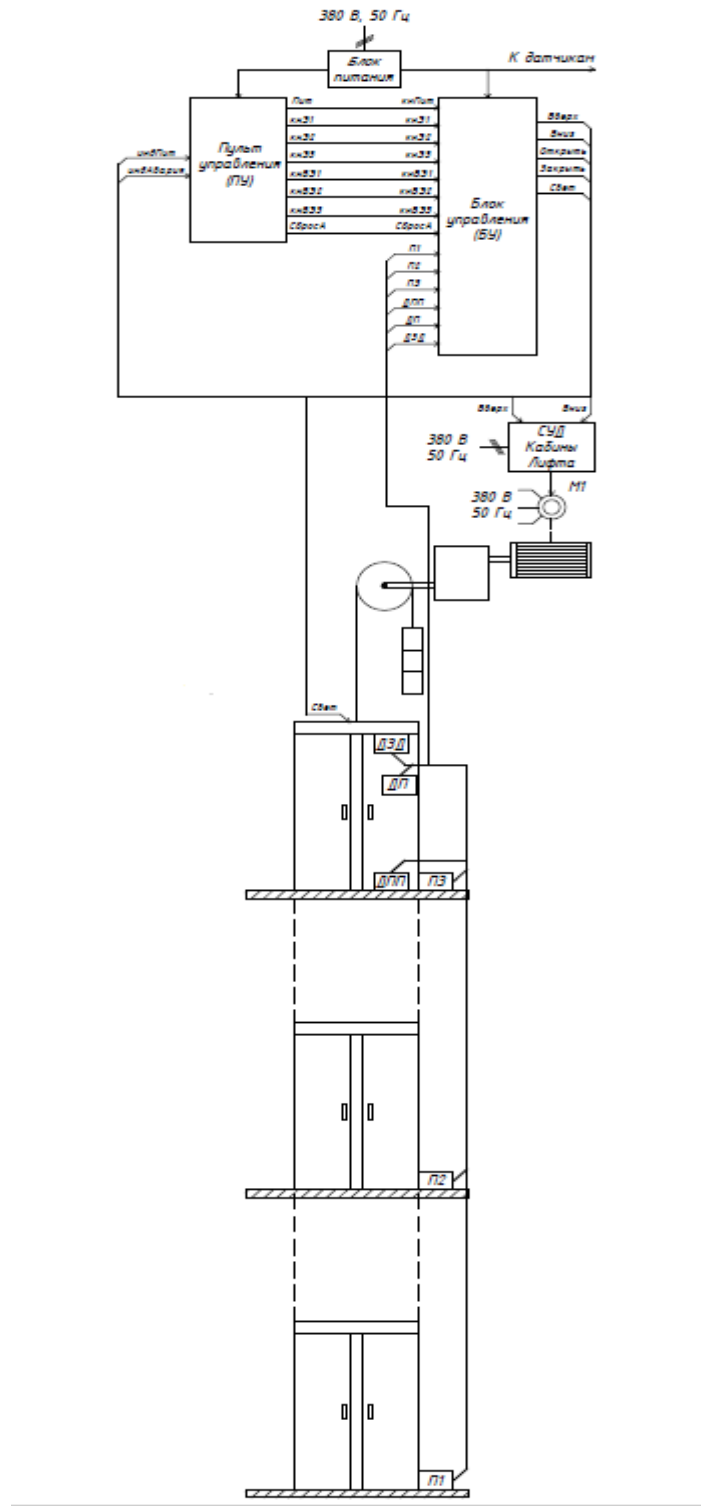


Рисунок 8.1 – функциональная схема пассажирского лифта

В рассматриваемой системе автоматизации можно выделить следующие функциональные элементы:

- пульт управления (ПУ);
- блок управления (БУ);
- система управления двигателем (СУД);
- приводной двигатель (М1) кабины лифта;
- датчики технологической информации (П1, П2, П3, ДПП, ДП, ДЗД);
- блок питания (БП).

На функциональной схеме показана взаимосвязь отдельных элементов системы автоматизации.

На диспетчерском пульте управления предусмотрены:

- индикационные светодиодные лампы с целью индикации состояния системы: «Питание», «Авария»;
- кнопки управления работы приводов: «1-й этаж», «2-й этаж», «3-й этаж», «Вызов кабины лифта на 1-й этаж», «Вызов кабины лифта на 2-й этаж», «Вызов кабины лифта на 3-й этаж», а также кнопка «Сброс аварии».

Питание контроллера, пульта управления и датчиков осуществляется от блока питания, преобразующего переменный трехфазный ток напряжением 380В в постоянный ток напряжением 24В.

9 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

9.1 Выбор блока управления

В качестве блока управления выберем контроллер Siemens *S7-300 CPU 312*. Контроллер включает в себя 64 канала ввода-вывода с возможностью использовать до 32 модулей различного назначения.



Рисунок 9.1 – Внешний вид контроллера *S7-300*

9.2 Выбор датчиков технологической информации

Из задания на проектирование для определения положения дверей выберем концевой выключатель фирмы «Omron» *D4N-1132*.



Рисунок 9.2 – Внешний вид концевого выключателя *D4N-1132*

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Согласно описанию технологического процесса нам необходим датчик, сигнализирующий о присутствии пассажира. В качестве такого датчика нам подходит тензометрический датчик фирмы «VPG» SQB-1000 Kg.



Рисунок 9.3 – Внешний вид тензометрического датчика SQB-1000

Для определения отсутствия препятствия в дверях лифта выберем оптический датчик фирмы «Schindler» REER MR24FY.



Рисунок 9.4 – Внешний вид оптического датчика REER MR24FY

Точность остановок на каждом этаже одна из основных задач пассажирского лифта, для этого необходима установка датчиков точной остановки. Выберем датчики фирмы «SIGMA LG OTIS» MPS-1600.



Рисунок 9.5 – Внешний вид датчика точной остановки MPS-1600

9.3 Выбор блока питания

Выбор блока питания необходимо производить с учетом мощности всех потребителей, питающихся от него (контроллер, датчики и пульт управления).

$$P_{\text{Потр}} = U_{\text{контр.}} \cdot I_{\text{контр}} + 5 \cdot U_{\text{Датч1}} \cdot I_{\text{Датч1}} + 1 \cdot U_{\text{Датч2}} \cdot I_{\text{Датч2}} ;$$

$$P_{\text{Потр}} = 24 \cdot 1 + 5 \cdot 24 \cdot 0,27 + 1 \cdot 24 \cdot 0,1 = 58,8 \text{ Вт.}$$

По полученной мощности выберем блок питания *RSP-75-24* - AC/DC преобразователь мощностью 75 Вт, производства компании «Mean Well», его характеристики представлены в таблице 9.1

Таблица 9.1 – Характеристики *RSP-75-24*

Наименование параметра	Размерность	Значение
Выходное напряжение	В	24
Выходной ток	А	3,2
Мощность	Вт	76
Диапазон температур работы	°С	-25...70

10 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

На основе приведенных в п. 7 логических уравнений создадим программу. Программа в дальнейшем предназначена для записи в ПЛК S7-300. 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 10.1.

Таблица 10.1 – Адреса переменных контроллера

№ п/п	Наименование сигнала, таймера, счетчиков или переменной	Обозначение переменной	Адрес
	Входные сигналы		
1	Ключ-бирка «Питание»	Пит	I124.0
2	Кнопка «1-й этаж»	кнЭ1	I124.1
3	Кнопка «2-й этаж»	кнЭ2	I124.2
4	Кнопка «3-й этаж»	кнЭ3	I124.3
5	Кнопка «Вызова кабины лифта на 1-й этаж»	кнВЭ1	I124.4
6	Кнопка «Вызова кабины лифта на 2-й этаж»	кнВЭ2	I124.5
7	Кнопка «Вызова кабины лифта на 3-й этаж»	кнВЭ3	I124.6
8	Кнопка «Сброс аварии»	СбросА	I124.7
9	датчик, сигнализирующий о нахождении кабины на уровне первого этажа	П1	I124.8
10	датчик, сигнализирующий о нахождении кабины на уровне второго этажа	П2	I124.9
11	датчик, сигнализирующий о нахождении кабины на уровне третьего этажа (П3)	П3	I124.10

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

ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ

Лист

63

Продолжение таблицы 10.1

№ п/п	Наименование сигнала, таймера, счетчиков или переменной	Обозначение переменной	Адрес
12	датчик, сигнализирующий о присутствии пассажира	ДПП	I124.11
13	датчик, сигнализирующий о наличии препятствия в дверях лифта	ДП	I124.12
14	датчик, сигнализирующий о том, что дверь закрыта	ДЗД	I124.13
	Выходные сигналы		
1	включение привода передвижения кабины лифта вверх	Вверх	Q124.0
2	включение привода передвижения кабины лифта вниз	Вниз	Q124.1
3	включение освещения	Свет	Q124.4
4	Лампа индикации «Питание»	индПит	Q124.5
5	Лампа индикации «Авария»	индАвария	Q124.6

Уравнения с учетом адресации контроллера представлены в таблице 10.2

Таблица 10.2 – Уравнения в адресации контроллера S7-300

Команда	Уравнения в адресах ПЛК
Вверх	$Q124.0 = (M4.0 + M4.1) \cdot I124.13$
Вверх ₂	$M4.0 = ((I124.2 \cdot I124.11 + I124.5) \cdot I124.8 + M4.0) \cdot \overline{I124.9} \cdot \overline{M4.5}$
Вверх ₃	$M4.1 = (I124.3 \cdot I124.11 + I124.6 + M4.1) \cdot \overline{I124.10} \cdot \overline{M4.5}$
Вниз	$Q124.1 = (M4.2 + M4.3) \cdot I124.13$
Вниз ₁	$M4.2 = (I124.1 \cdot I124.11 + I124.4 + M4.2) \cdot \overline{I124.8} \cdot \overline{M4.5}$
Вниз ₂	$M4.3 = ((I124.2 \cdot I124.11 + I124.5) \cdot I124.10 + M4.3) \cdot \overline{I124.9} \cdot \overline{M4.5}$
Свет	$Q124.4 = (I124.8 + I124.9 + I124.10) \cdot \overline{I124.13} + I124.11$
ИндПит	$Q124.5 = I124.0$
ИндАвария	$Q124.6 = M4.5$
Авария	$M4.5 = (Q124.0 \cdot Q124.1 + I124.8 \cdot I124.9 + I124.8 \cdot I124.10 + I124.9 \cdot I124.10 + M4.5) \cdot \overline{I124.7}$

На рисунке 10.1 представлена лестничная диаграмма

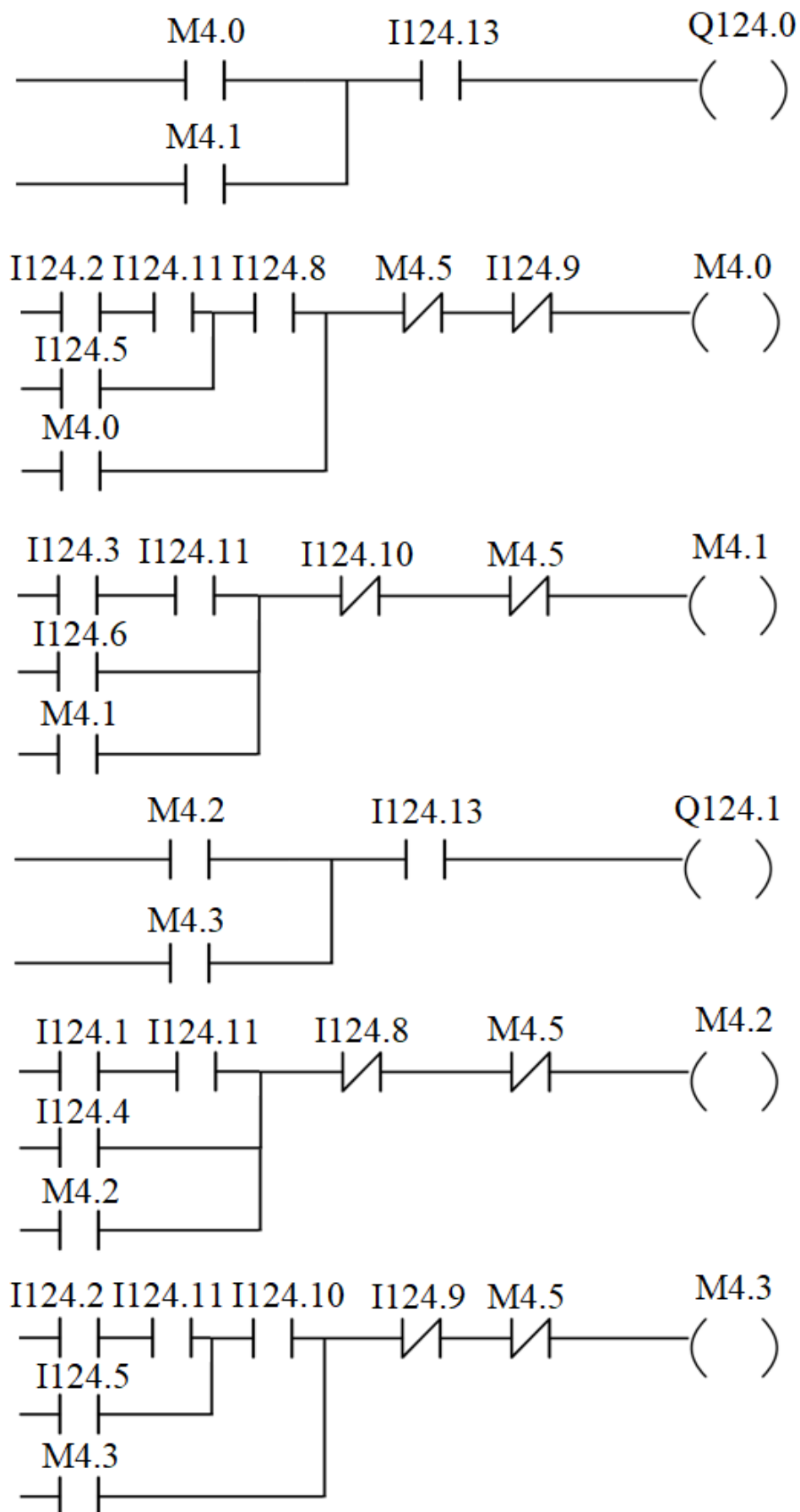
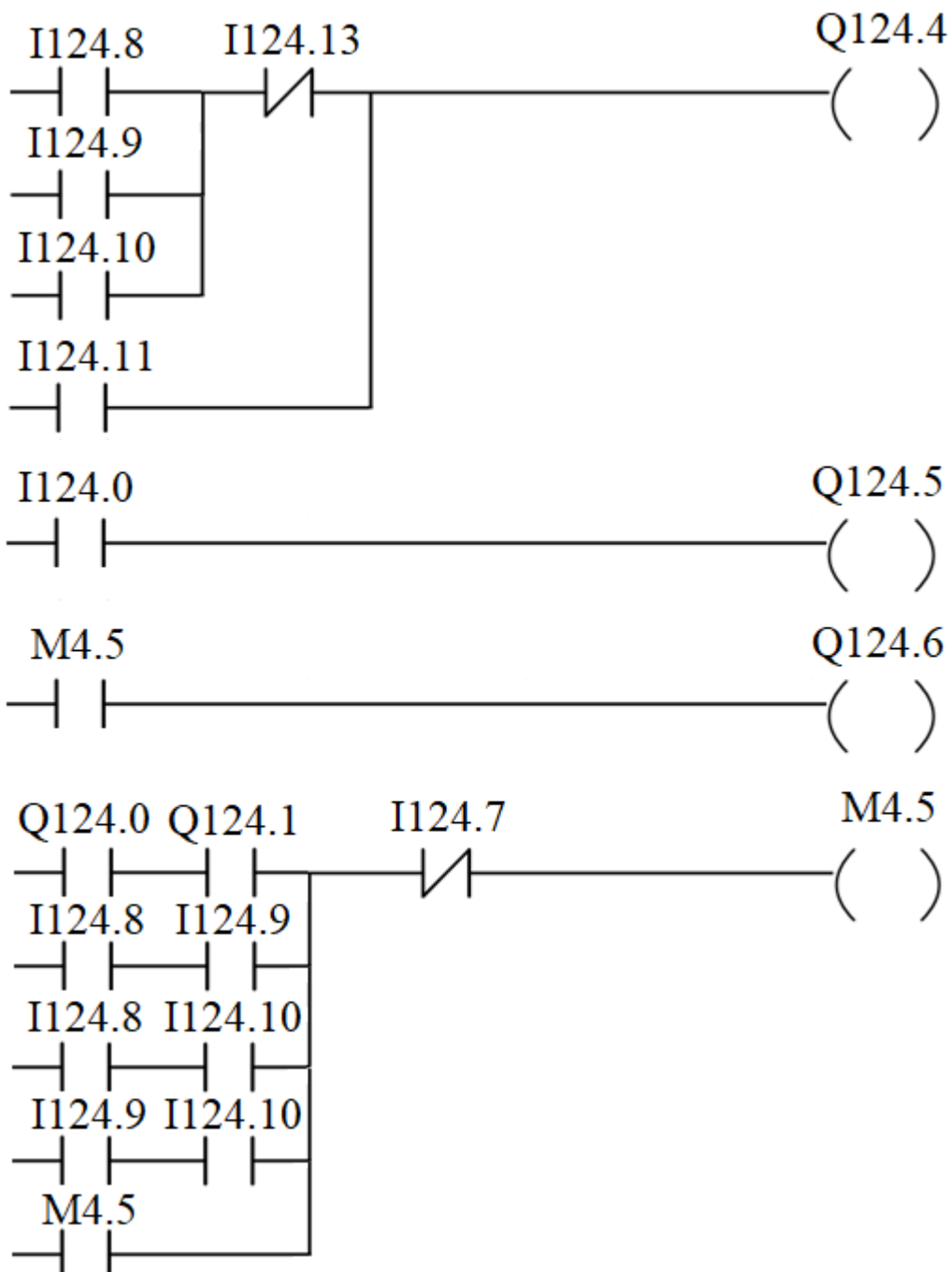


Рисунок 10.1 – Лестничная диаграмма.



Продолжение рисунка 10.1

11 РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ

В соответствии с выбранной элементной базой и разработанной функциональной схемой системы автоматизации (приложение А) была составлена принципиальная схема (чертеж ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.02ЭЗ ВКП).

Автоматический выключатель QF1 обеспечивает питание всей системы, а также осуществляет защиту от токов короткого замыкания.

С помощью контактора KM1 реализована нулевая защита двигателя, которая исключает самозапуск электродвигателя при исчезновении или резком снижении напряжения питающей сети. При повороте ключ-бирки SA1 подается питание на силовые цепи и на пульт управления, после ее отпускания происходит самоподхват. А после нажатия кнопки SB1 силовые цепи разрываются.

Автоматический выключатель QF2 обеспечивает питание системы, управление двигателем и защищают его от токов короткого замыкания.

Блок питания G1 с выходным напряжением 24 В подает питание на основные низковольтные элементы: пульт управления A1, контроллер A2 и датчики SQ1-SQ6.

Пульт A1 обеспечивает управление всем технологическим процессом в ручном и автоматическом режиме, а также индикацию аварийных режимов.

Автоматизация технологического процесса реализуется программируемым контроллером A2. Входные сигналы поступают с пульта управления A1, датчиков технологической информации SQ1-SQ6, а затем выходные сигналы подаются на преобразователь частоты двигателя и HL1 (свет в кабине лифта).

В данной системе автоматизации для фиксации положений механизмов используются датчики SQ1-SQ6. Выходы датчиков подключены к контроллеру A2.

Управление двигателем осуществляется преобразователями частоты UZ1, сигналы на него подаются с контроллера A2.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускного квалификационного проекта, исходя из данных технического задания, были построены принципиальная и функциональная схемы управления электроприводом пассажирского лифта торгового комплекса.

Выбрано оптимальное оборудование, основываясь на расчетах, актуальности и экономических показателях.

Разработана система автоматизации пассажирского лифта, которая обеспечивает возможность работы, как в автоматическом, так и в ручном режиме, точную остановку на уровне этажа и не допускает возможных аварий и травм пассажиров.

Графическая часть включает в себя:

– 1 лист формата А3 – принципиальная схема автоматизации пассажирского лифта для торгового комплекса (Чертеж 13.03.02.2020.801.02.ЭЗ).

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Драчев Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2012. – 168 с.
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
- 3 Вешеневский, С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. – С.Н. Вешеневский. – М.: Энергия, 1977. – 432 с.
- 4 Анфимов М.И. Редукторы. Конструкция и расчет. – М.: Машиностроение, 1993. – 463 с.
- 5 Борисов, А.М. Автоматизация технологических процессов (технологические средства, проектирование, лабораторный практикум): учебное пособие в 2 ч. / А.М. Борисов, Н.Е. Лях. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – Ч.1. – 404 с.
- 6 Борисов, А.М. Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, Н.А. Логинова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 186 с.
- 7 ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. СХЕМЫ. Виды и типы. Общие требования к выполнению; – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 25с.
- 8 Гельман, М.В. Преобразовательная техника: Учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.

					ЮУрГУ-13.03.02.2020.801.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70