

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

к.т.н., доцент

_____ К.М. Виноградов

_____ 2021 г.

Модернизация электропривода грузопассажирского лифта
грузоподъемностью 1000 кг для ПАО «ЧМК»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
доцент

_____ В.Д. Константинов

_____ 2021г.

Автор работы
студент группы ДО – 514

_____ Т.В. Коростелева

_____ 2021г.

Нормоконтролер,
преподаватель

_____ О.С. Микерина

_____ 2021г.

Челябинск,
2021

АННОТАЦИЯ

Коростелева Т.В. Модернизация электропривода грузопассажирского лифта грузоподъемностью 1000 кг для ПАО "ЧМК"

Челябинск; ЮУрГУ, ДО-514, 2021, 72 страницы, 22 иллюстраций, 7 таблиц, библиографический список – 19 наименований, 6 листов чертежей ф. А3.

В данной выпускной работе рассмотрены конструкционные особенности и режим работы лифтов, проведен расчет электрооборудования лифта, для электропривода, выполненного по системе «ПЧ - АД». Преимущество - системы без использования точной остановки тем самым сокращая количество коммутируемых аппаратов, использование ПЧ позволит совершать плавный пуск, разгон и торможение лифта. В нашем проекте мы рассчитаем двигатель асинхронный с к.з. ротором, который, позволяет продлить свой срок эксплуатации благодаря отсутствию коммутационных узлов в исследуемом устройстве электропривода лифта. А также более экономное потребление электроэнергии вследствие введения микропроцессорного управления взамен старой релейной схемы.

Все расчеты приводятся в пояснительной записке ВКР.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Коростелева			Модернизация электропривода грузопассажирского лифта грузоподъемностью 1000 кг для ПАО «ЧМК»	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Константинов				4	60	
Н. контр.		Микерина				ЮУрГУ (НИУ). Кафедра ТТС		
Утверд.		Виноградов						

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	8
1.1 Описание механизмов, рабочих органов, кинематическая схема	8
1.2 Описание и работа составных частей лифта.....	11
1.3 Исходные данные для проектирования.....	20
2 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ	22
2.1 Расчет нагрузочных диаграмм скорости и моментов рабочего органа	22
2.3 Предварительный выбор электродвигателя и редуктора	26
2.4 Приведение статических моментов, моментов инерции и коэффициента жесткости системы электропривод-рабочая машина.....	28
2.5 Предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности	33
3 ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЦЕПИ	38
3.1 Выбор преобразователя	38
3.2 Выбор коммутационных аппаратов	41
3.3 Шкаф управления электроприводом.....	42
4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	44
4.1 Выбор ПЛК.....	44
4.2 Матричный контроль и индикация	45
4.3 Программирование ПЛК.....	46
5 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА	48
5.1 Расчёт естественных характеристик двигателя	48
5.2 Расчет параметров схемы замещения электродвигателя	50
5.3 Расчет статических характеристик при частотном управлении	51
5.4 Расчет параметров схем включения, обеспечивающих пуск и торможение	54
двигателя	54
6 СОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И РАСЧЕТ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ.....	56
6.1 Структурная схема механической части электропривода	56
6.2 Структурная схема асинхронного двигателя	57
6.3 Структурная схема преобразователя частоты	59
7 РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	61
7.1 Переходные процессы в двигателе.....	61
7.2 Переходный процесс в механической части электропривода с упругими связями.....	63
7.3 Электромеханический переходный процесс.....	64
8 ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ЗАДАННУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ПО НАГРЕВУ И ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	67
8.1 Расчёт энергетических показателей электропривода	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	72

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

Лифтовое хозяйство – это отрасль с повышенной энергоёмкостью, так как ежегодный расход электроэнергии при эксплуатации лифтового оборудования составляет около одного миллиарда киловатт-часов. В связи с этим, внедрение новейших энергосберегающих технологий при модернизации лифтового оборудования становится крайне актуальной задачей.

Со временем лифт вырабатывает свой срок службы и начинает чаще выходить из строя. В такие моменты владелец задумывается о модернизации лифта. Модернизация лифта и лифтового оборудования помогает владельцу экономить на аварийно-техническом обслуживании и существенно снизить расход электроэнергии.

Систематический анализ информации промышленных проектных организаций приводит к выводу, что в качестве базовой программы энергосбережения на лифтах необходимо рассмотреть внедрение частотно-регулируемых электроприводов, основным элементом которых является преобразователь частоты.

Модернизации путем введения в электропривод преобразователя частоты могут существенно снизить затраты на эксплуатацию лифта и электроэнергию, а также могут быть использованы при производстве, монтаже и эксплуатации электрического грузового лифта на любых промышленных предприятиях.

Цель ВКР:

Основной целью данной работы является решение задачи модернизации, а также исследование силовой части электрического грузопассажирского лифта. Достижение цели в том, что результаты модернизации путем введения в электропривод преобразователя частоты могут существенно снизить затраты на эксплуатацию лифта и электроэнергию, а также могут быть использованы при производстве, монтаже и эксплуатации электрического грузового лифта на любых промышленных предприятиях.

Задачи:

- расчет моментов статического сопротивления и предварительный расчет мощности электродвигателя;
- выбор двигателя, определение передаточного числа и выбор редуктора, и преобразователя частоты;
- расчет приведенных статических моментов, моментов инерции и коэффициента жесткости системы электропривод - рабочая машина;
- расчет параметров схем включения, обеспечивающих пуск и торможение, и подготовка структурной схемы электропривода;
- расчет переходных процессов и построение нагрузочных диаграмм электропривода;
- провести оценку вариантов энергопотребления и сравнительный анализ технических показателей.

Преобразователи частоты – это электрические устройства, функция которых заключается в регулировании переменного тока стандартной частоты (50 (в России) или 60 (в некоторых других странах) Гц) за счет регулируемого выходного переменного напряжения.

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ				

Применение ПЧ позволяет улучшить следующие параметры привода:

1. Экономия электроэнергии.
2. Снижение уровня шума.
3. Комфортное движение лифта (без рывков).
4. Снизить затраты на эксплуатацию лифта.

Благодаря частотному пуску управляемый двигатель обеспечивает его плавный без повышенных пусковых токов и механических ударов разгон, что снижает нагрузку на двигатель и связанные с ним передаточные механизмы, увеличивает срок их эксплуатации. При этом появляется возможность по условиям пуска снижения мощности приводных двигателей нагруженных механизмов.

Благодаря введенному в схему электропривода микропроцессорного Пид-регулятора мы приобретаем способность регулировать скорость управляемых двигателей и их технологических процессов. То, что мы используем обратную связь в системе с частотным преобразователем, дает нам высококачественное обслуживание оборотов двигателя или регулируемых технологических параметров при переменных нагрузках и других возмущающих воздействиях.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ				

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Лифт - техническое устройство для перевозки по вертикали - между этажами зданий или уровнями шахт - людей, оборудования или грузов в кабине, на платформе или грузонесущими органами конвейера.

1.1 Описание механизмов, рабочих органов, кинематическая схема

ЛП-1010БГ. Лифт грузопассажирский грузоподъемностью 1000 кг, на 5 остановок, высота подъема 12.5 м. Двери центрального открывания.

1.1.1 Назначение лифта

Лифт предназначен для подъема и спуска людей. В отдельных случаях допускается в сопровождении пассажира подъем и спуск грузов, вес и габариты которых вместе не превышают номинальную грузоподъемность лифта и не повреждают оборудование и отделку его кабины.

Лифты не предназначены для работы:

- в зданиях и помещениях, отнесенных к категориям А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности национальных норм в области пожарной опасности;
- в помещениях с агрессивными парами или газами, вызывающими коррозию;
- в условиях конденсации влаги в шахте или машинном помещении, выпадения инея или образования льда на оборудовании.

Предельные значения климатических факторов окружающей среды для машинного помещения и шахты лифтов составляют:

- предельная температура воздуха для исполнения УХЛ4 в машинном помещении от плюс 40 ° до плюс 5 ° С, в шахте от плюс 40 ° до плюс 1 ° С;
- верхнее значение относительной влажности воздуха для исполнения УХЛ4 не более 80 % при температуре плюс 25 ° С и при более низких температурах без конденсации влаги.

Лифты рассчитаны на установку на высоте не более 2000 м над уровнем моря. При эксплуатации лифта на высоте над уровнем моря от 1000 до 2000 м число включений в час снижается на 1 % на каждые 100 м. Установка лифтов в зданиях и сооружениях, расположенных в районах с интенсивностью сейсмического воздействия 7 – 9 баллов, допускается с выполнением дополнительных мероприятий.

1.1.2 Состав, устройство и работа лифта

Лифт состоит из составных частей, размещенных в шахте и машинном помещении.

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ				

Машинное помещение и шахту лифта образуют строительные конструкции здания (кирпичная кладка, бетонные блоки и т. д.).

Основными составными частями лифта являются: лебедка, кабина, противовес, направляющие кабины и противовеса, двери шахты, ограничитель скорости, узлы и детали приемка, электрооборудование и электроразводка.

1.1.3 Кинематическая схема лифта показана на рисунке 1.1

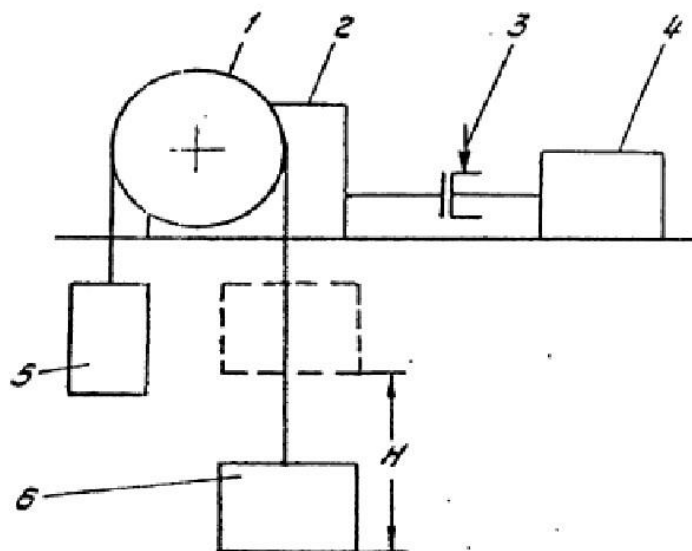


Рисунок 1.1 – Схема (кинематическая) грузового лифта

1 – канатоведущий шкив, 2 – редуктор, 3 – тормозной шкив, 4 – двигатель, 5 – клеть, 6 – противовес

Кинематическая схема (рисунок 1) представляет собой схему взаимодействия основных узлов лифта, на которой показаны силы взаимодействия. Кабина лифта закреплена к тяговому канату, который проходит через канатоведущий шкив и прикрепляется к противовесу. Двигатель лебедки при подаче на него напряжения, начинает вращаться, через редуктор вращательное движение поступает на канатоведущий шкив. Канатоведущий шкив и тяговый канат преобразуют вращательное движение в поступательное. Кабина лифта начинает подниматься. Уравновешивающий канат необходим для компенсации веса тягового каната. Червячный редуктор очень прост, поэтому у него $\eta = 75\%$, а также это позволяет кабине находиться в неподвижном положении. Тормоз служит для остановки вращения двигателя, чтобы кабина точно остановилась на уровне этажа (± 3 см), а также для удержания ее на месте.

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

1.1.4 Общий вид лифта показан на рисунке 1.2

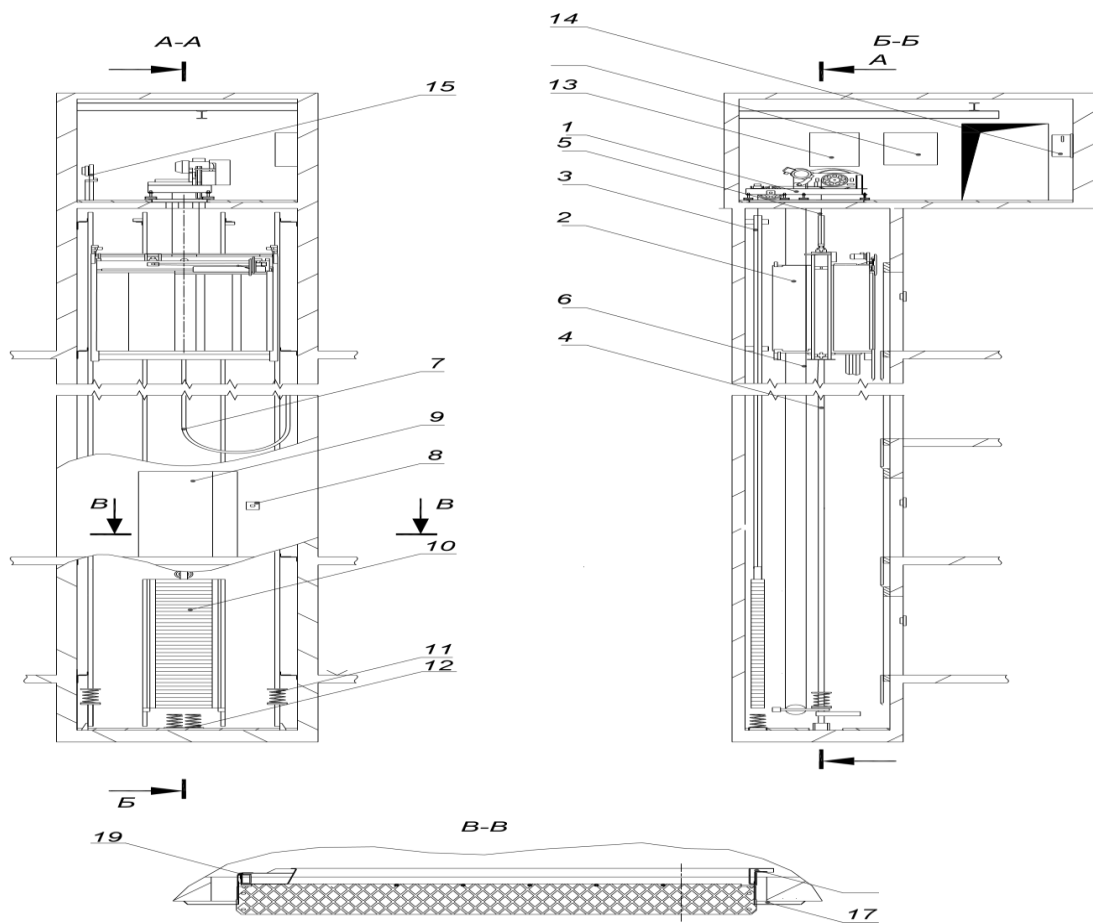


Рисунок 1.2 - Общий вид лифта

1 – лебедка; 2 – кабина; 3 – направляющие противовеса; 4 – направляющие кабины; 5 – канат тяговый; 6 – канат ограничителя скорости; 7 – кабель подвесной; 8 – аппарат вызывной; 9 – дверь шахты; 10 – противовес; 11, 12 – буфера; 13 – устройство управления; 14 – вводное устройство; 15 – ограничитель скорости; 16 – регулятор скорости (комплектуется по заказу); 17 – обрамление левое; 18 – дверь шахты; 19 – порог; 20 – обрамление правое; 21 – проем двери шахты

Транспортировка пассажиров и грузов производится в кабине 2, которая перемещается по вертикальным направляющим 4.

Передвижение кабины 2 и противовеса 10 осуществляется лебедкой 1, установленной в машинном помещении, с помощью тяговых канатов 5. Там же размещены ограничитель скорости 15, устройство управления 13, вводное устройство 14.

В нижней части шахты (приямке) расположено натяжное устройство каната ограничителя скорости, связанное посредством каната 6 с ограничителем скорости 15, а также буферные устройства кабины 11 и противовеса 12.

Для входа в кабину и выхода из нее шахта по высоте имеет ряд проемов, закрытых дверями шахты 9. Открывание и закрывание двери производится с

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

помощью привода, установленного на кабине. Дверь шахты открываются только тогда, когда кабина находится на данном этаже. В случае отсутствия кабины на этаже открывание двери шахты снаружи возможно только специальным ключом.

Составные части лифта в строительной части здания размещаются в определенной зависимости относительно друг друга, обеспечивающей их согласованное взаимодействие.

1.1.5 Общий принцип работы лифта следующий:

-при нажатии кнопки вызывного аппарата 8 (рисунок 1.2) в электроаппаратуру управления лифтом подается электрический сигнал (вызов), при этом:

-если кабина находится на остановке, с которой поступил вызов, то открываются двери кабины и шахты на данной остановке;

-если кабина отсутствует на остановке, с которой поступил вызов, то подается команда на ее движение на остановку, с которой поступил вызов.

-при подходе кабины к нужному этажу (остановке) система управления лифтом переключает электродвигатель лебедки на работу с пониженной частотой вращения ротора;

-скорость движения кабины снижается и в момент, когда порог пола кабины совместится с уровнем порога двери шахты, кабина останавливается, включается в работу привод двери кабины, двери кабины и шахты открываются;

-при нажатии на кнопку приказа в кабине, закрываются двери кабины и шахты, и кабина отправляется на этаж, кнопка приказа которого была нажата;

-по прибытию кабины на требуемый этаж и выходе пассажиров, двери закрываются, и кабина стоит на этаже до тех пор, пока не будет нажата кнопка аппарата любого этажа.

1.2 Описание и работа составных частей лифта

1.2.1 Лебедка

Лебедка установлена в машинном помещении лифта и предназначена для приведения в движение кабины и противовеса.

Основными составными частями лебедки (рисунок 1.3) являются:

- клиновые ремни 1;
- ведомый шкив 2;
- рама 3;
- двигатель 4;
- канатоведущий шкив 5; – отводной блок 13.

Все элементы лебедки смонтированы на раме 3, которая опирается на подставки 12 через амортизаторы 7.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

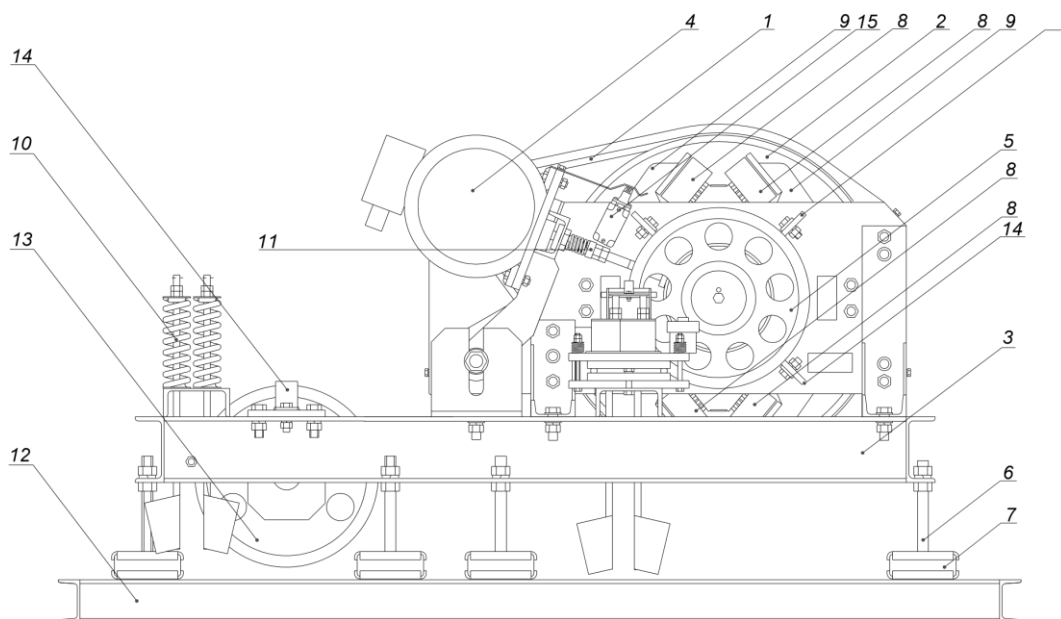


Рисунок 1.3 - Лебедка

1 – клиновые ремни; 2 – ведомый шкив; 3 – рама; 4 – двигатель; 5 – канатоведущий шкив; 6 – опора; 7 – амортизатор; 8 – электромагнит; 9 – рычаг; 10 – пружина; 11 – механизм натяжения ремней; 12 – подставка; 13 – блок отводной; 14 – ограничитель сбрасывания канатов; 15 – выключатель контроля целостности ремней

Тормоз колодочный, нормально – замкнутого типа предназначен для остановки и удержания в неподвижном состоянии кабины лифта при неработающем двигателе лебедки.

Тормоз состоит из электромагнита 8, рычагов 9 с закрепленными на них фрикционными накладками. Необходимый тормозной момент создается пружинами.

Двигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором. В обмотку статора вмонтированы датчики температурной защиты.

Канатоведущий шкив преобразует вращательное движение в поступательное движение тяговых канатов за счет силы трения, возникающей между канатом и ручьями шкива под действием силы тяжести кабины и противовеса.

1.2.2 Кабина

Кабина предназначена для перевозки пассажиров, в т.ч. с грузом.

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

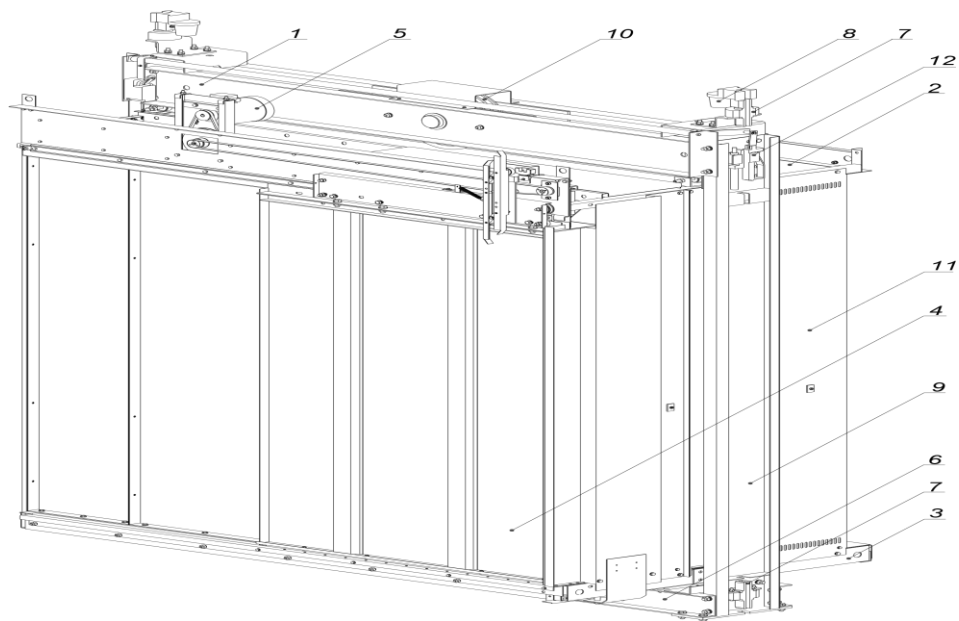


Рисунок 1.4 – Кабина

1 – балка верхняя; 2 – потолок; 3 – пол; 4 – створка двери кабины; 5 – привод двери кабины; 6 – балка нижняя; 7 – башмак; 8 – устройство смазывающее; 9 – стояк кабины; 10 – подвеска кабины; 11 – купе; 12 – ловители

Кабина лифта (рисунок 1.4) состоит из верхней балки 1, потолка 2, пола 3, створки двери кабины 4, привода двери 5, нижней балки 6, двух стояков 9 и купе 11.

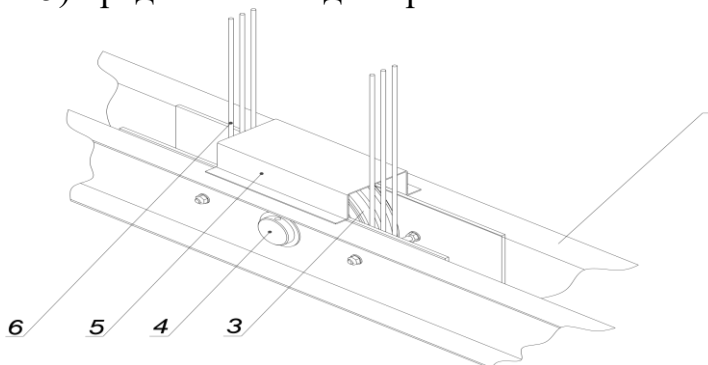
На верхней балке установлены подвеска кабины 10, башмаки 7 и смазывающие устройства 8. Башмаки установлены и внизу.

Потолок является верхней частью кабины. На потолке размещаются светильники и коробка с блоками зажимов для подключения проводов, а также кнопка деблокирования дверей шахты, при нажатии на которую возможно движение кабины в режиме ревизии.

Естественная вентиляция обеспечивается через вентиляционные отверстия в кабине.

1.2.3 Подвеска кабины

Подвеска (рисунок 1.5) предназначена для крепления канатов к кабине.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ

Лист

13

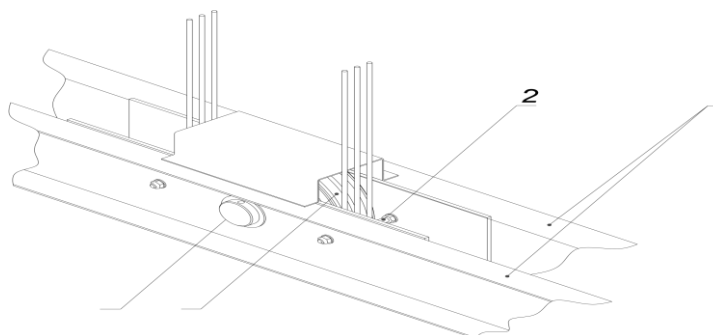


Рисунок 1.5 - Подвеска

Каждый канат 6 пропущен между ограничителем сбрасывания канатов 2 и блоком 3. После огибания канатом блока он соединяется с тягой, установленной на лебедке.

В случае вытяжки или обрыва любого количества канатов срабатывает устройство контроля слабины канатов (СПК), установленное на лебедке и размыкается контакт выключателя СПК. Кабина останавливается.

1.2.4 Ловители

Ловители (рисунок 1.6) предназначены для остановки и удержания кабины на направляющих при возрастании скорости движения кабины вниз и при срабатывании ограничителя скорости.

Ловители – клиновые, подпружиненные, плавного торможения.

Ловители рассчитаны на совместную работу с ограничителем скорости и являются одним из ответственных узлов, обеспечивающих безопасное пользование лифтом.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ

Лист

14

Основными элементами ловителей являются скоба 16, клин подвижный 13 и контрклин 14.

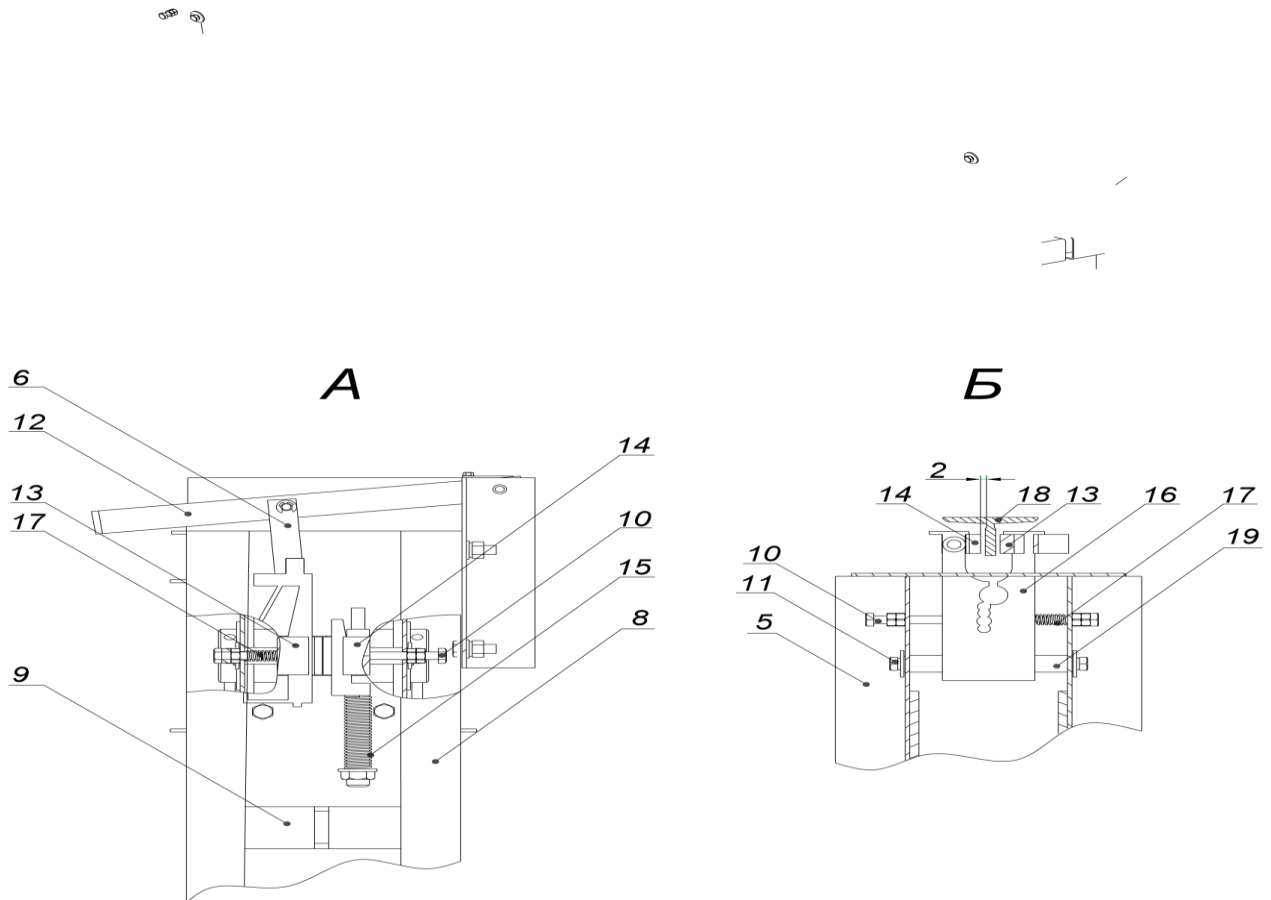


Рисунок 1.6 - Ловители

1 – вал; 2 – ловитель; 3 – рычаг; 4 – выключатель; 5 – балка верхняя; 6 – тяга; 7 – скоба; 8 – стояк; 9 – контрбашмак; 10 – болт регулировочный; 11 – болт; 12 – коуш; 13 – клин подвижный; 14 – контрклин; 15 – пружина стабилизирующая; 16 – скоба; 17 – упор с пружиной; 18 – направляющая; 19 – палец

На скобе закреплен клин подвижный и контрклин. В скобе имеется отверстие, через которое проходит палец 19, который крепится к балке верхней 5 болтами 11.

Болт регулировочный предназначен для выставления размера 2 мм между контрклином и головкой направляющей.

Механизм включения ловителей состоит из коуша 12, рычага 3, тяг 6 и вала 1.

При срабатывании ограничителя скорости, он воздействует на механизм включения ловителей, который в свою очередь начинает тянуть вверх клин подвижный. Клин подвижный начинают двигаться вверх между головкой, направляющей и скобой. В момент соприкосновения клиньев и боковых поверхностей головки, направляющей начинается самозатягивание клина подвижного. Скоба при этом упруго деформируется и создаёт требуемое усилие прижатия клина к направляющей.

На валу 1 установлена скоба 7, которая при включении ловителей давит на ролик выключателя 4.

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Применение ловителей плавного торможения позволяет снизить величину замедления при посадке кабины на ловители.

Для снятия кабины с ловителей необходимо поднять кабину вверх. Клинья под действием собственного веса и пружины, прикрепленной к стояку 8 и коушу, опускаются. Механизм ловителей и ролик выключателя 4 возвращаются в первоначальное положение, что обеспечивает восстановление работоспособности лифта

1.2.5 Устройство контроля загрузки кабины

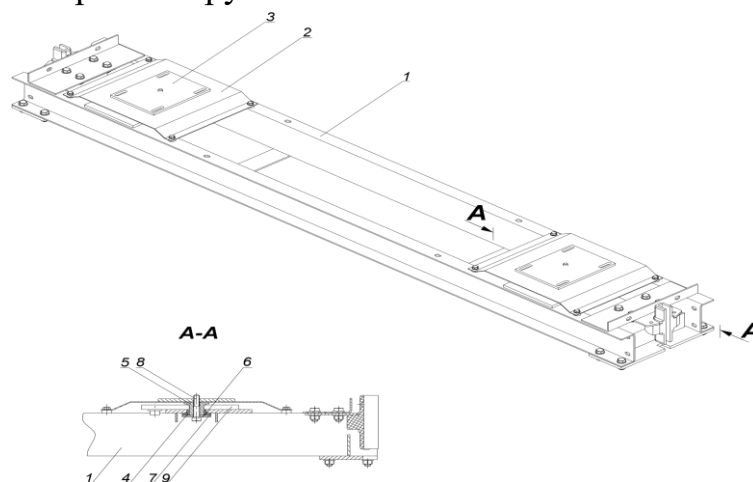


Рисунок 1.7 - Устройство контроля загрузки кабины

1 – балка нижняя; 2 – скоба; 3 – пластина; 4 – втулка резиновая; 5 – втулка датчика; 6 – шайба датчика; 7 – шайба резиновая; 8 – болт; 9 – датчик

Устройство контроля загрузки кабины (рисунок 1.7) предназначено для контроля степени загрузки кабины и обеспечения выполнения требований по попутным вызовам. При этом контролируется величина груза 15 кг, и 90, 110 % номинальной загрузки кабины.

При загрузке кабины на 90 % номинальной грузоподъемности (560 ± 40) кг, автоматически исключаются остановки по попутным вызовам.

Устройство контроля загрузки кабины состоит из балки нижней 1, на которой установлены две скобы 2 с пластинами 3, болтом 8 к пластинам через втулку датчика 5 и шайбу датчика 6 прикреплены датчики 9 тензометрического типа.

К пластинам жестко крепиться пол кабины, и величина веса загрузки кабины воздействует на датчики устройства взвешивания. На датчиках вырабатывается электрический сигнал, величина которого пропорциональна степени загрузки кабины, который подается в систему управления лифта.

1.2.6 Дверь кабины и привод двери

Автоматическая дверь кабины и ее привод (рисунок 1.8) гарантирует безопасное пользование кабиной.

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ					

Дверь кабины состоит из одной широкой створки, автоматически открывающейся. Закрытое положение створки двери контролируется электрическим выключателем 10.

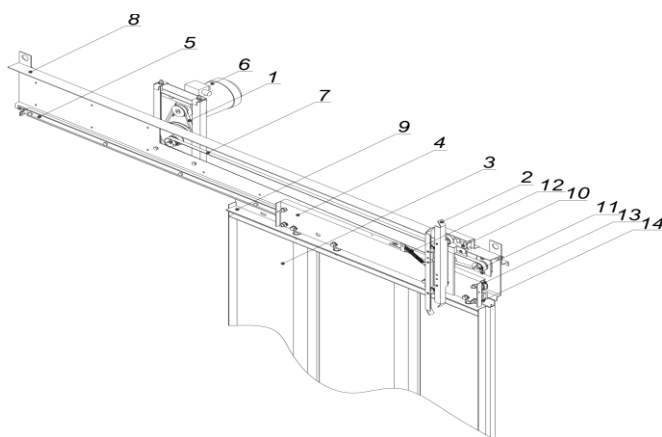


Рисунок 1.8 - Дверь кабины и привод двери

1 – привод двери; 2 – отводка; 3 – створка; 4 – каретка приводная; 5 – линейка; 6 – электродвигатель; 7 – ремень приводной каретки; 8 – балка двери; 9 – поперечина 10 – выключатель; 11 – ролик натяжной; 12 – пружина; 13 – ролик каретки; 14 – контролик каретки

Привод двери кабины состоит из привода двери 1, отводки 2, каретки приводной 4, линейки 5, ремня приводной каретки 7, балки двери 8.

Работа привода двери обеспечивается электродвигателем 6 через клиноременную передачу.

Каретка совместно со створкой двери кабины перемещается по линейке ремнем 7. Реверсирование привода, при случайном зажатии пассажира створкой, осуществляется автоматически по сигналу от датчика, установленного в приводе двери 1. Электродвигатель 6 установлен на площадке, где специальными болтами регулируется натяжение ремня клинового. При включении электродвигателя вращение его ротора передается через клиноременную понижающую передачу на ремень приводной каретки, что заставляет перемещаться приводную каретку.

Привод имеет на тихоходном шкиве датчик, сигнал с которого подается в устройство управления приводом двери кабины. По этому сигналу электродвигатель переключается на реверс, если при закрывании двери в дверном проеме оказался зажатый створкой пассажир или какой – либо предмет, не оказывая силового воздействия на пассажира.

Также по этому сигналу происходит управление движением створки при открывании и закрывании двери кабины.

1.2.7 Противовес. Башмаки. Направляющие

Противовес (рисунок 1.9) предназначен для уравнивания веса кабины и половины номинальной грузоподъемности лифта.

										Лист
										17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ					

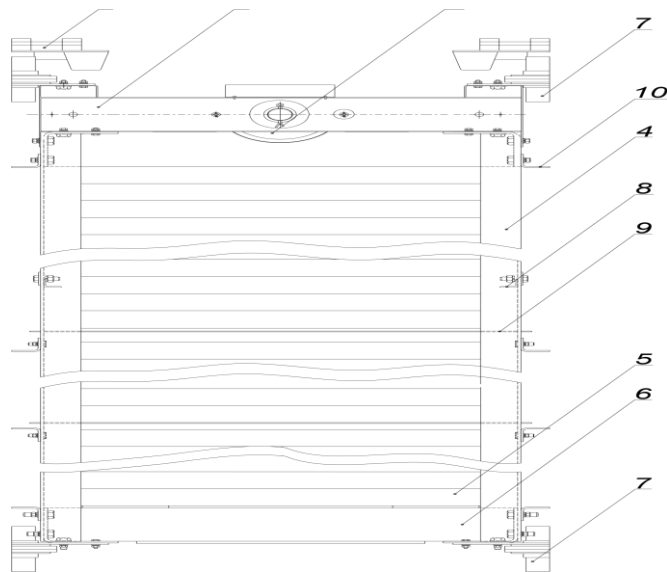


Рисунок 1.9 - Противовес

1 – устройство смазывающее; 2 – балка верхняя; 3 – блок; 4 – стояк; 5 – груз; 6 – балка нижняя; 7 – башмак; 8 – уголок; 9 – стяжка; 10 – контрбашмак

Противовес размещается в шахте лифта и подвешен на тяговых канатах. Противовес располагается сзади кабины и перемещается по направляющим.

Противовес состоит из каркаса, в котором уложены грузы 5. Грузы закреплены уголками 8, исключая их случайное выпадение из рамы каркаса.

Каркас состоит из верхней балки 2, нижней балки 6 и стояков 4. В средней части каркас скреплен стяжкой 9. На верхней и нижней балке установлены башмаки 7.

Башмаки (рисунок Е.10) предназначены для стабилизации кабины и противовеса на направляющих в шахте и устанавливаются попарно на верхней балке и бамперах кабины и на верхней и нижней балке противовеса.

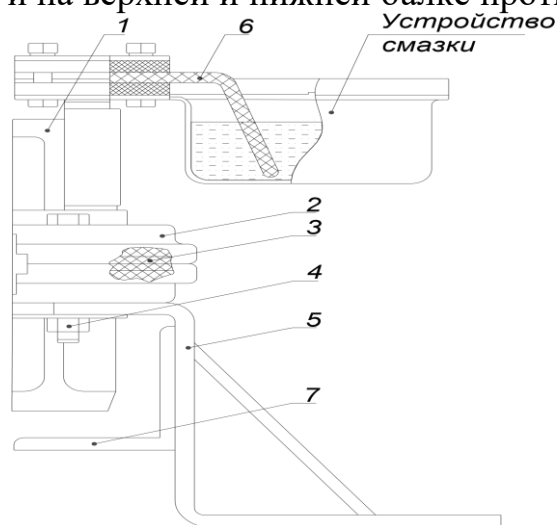


Рисунок 1.10 – Башмак

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1 – вкладыш; 2 – головка; 3 – полукольцо; 4 – болт; 5 – основание; 6 – фитиль; 7 – башмак контрольный

Башмак состоит из основания 5, полукольца 3 и двух головок 2, в которых устанавливается вкладыш 1. Головки крепятся к основанию с помощью болтов 4.

Полукольцо 3 выполняет функцию амортизатора, поглощающего толчки при движении кабины по направляющим.

На башмаках верхней балки кабины и противовеса установлены устройства для смазки направляющих.

С помощью пружины и резьбовой пробки обойма с вкладышем прижимается к направляющей, при этом между основанием и обоймой выдерживается зазор в пределах 1,5 – 2 мм.

Направляющие установлены в шахте лифта на всем пути движения кабины и противовеса и прикреплены к строительной части шахты.

Направляющие исключают разворот кабины и противовеса вокруг вертикальных осей, а также раскачивание кабины и противовеса при движении. Кроме этого направляющие кабины воспринимают нагрузки при посадке кабины на ловители.

Направляющие кабины изготовлены из специального Т – образного в сечении профиля.

Направляющие противовеса изготовлены из углового проката.

Лифты, предназначенные для работы в районах с сейсмичностью от 7 до 9 баллов, комплектуются направляющими противовеса одинаковыми с направляющими кабины.

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ					

1.3 Исходные данные для проектирования

ЛП-1010БГ. Лифт грузопассажирский грузоподъёмностью 1000 кг, на 5 остановок, высота подъёма 12.5м. Двери центрального открывания.

В таблице 1 приведены технические характеристики механизма

Таблица 1 – Технические характеристики

Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
$m_{г}$	Грузоподъёмность	т	1
$m_{к}$	Масса клетки	т	1,5
$m_{п}$	Масса противовеса	т	1.9
D	Диаметр канатопроводящего шкива	мм	0,4
$C_{л}$	Линейная жёсткость	$\frac{мН}{м}$	25
H	Высота подъёма клетки	м	12.5
$V_{р}$	Скорость подъёма клетки	м/с	1
$V_{в}$	Скорость опускания клетки	м/с	1.2
a	Допустимое ускорение	$м/с^2$	0,5
z	Число циклов в час	-	70
$t_{р}$	Суммарное время работы, не более	с	35

Выводы по разделу один

Рассмотрен принцип работы лифта, представлено подробное описание каждой механической части конструкции лифта. С учётом данных технических характеристик грузопассажирского лифта ПАО «ЧМК» в следующем разделе

произведу расчет моментов статических сопротивлений и предварительный расчет мощности электродвигателя.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

2 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Цель расчета: обоснование параметров и выбор узлов и деталей механизма подъема лифта без учета действия инерционных сил, поэтому требуется последующая корректировка по результатам динамического расчета. Расчет включает в себя расчет массы и уравнивания подвижных частей лифта, расчет сопротивлений перемещению подвижных частей лифта.

2.1 Расчет нагрузочных диаграмм скорости и моментов рабочего органа

Момент силы тяжести:

$$M_c = \frac{m \cdot g \cdot D}{2} \quad (2.1)$$

где m - масса поднимаемого или опускаемого груза, кг;

D - диаметр канатоведущего шкива, находящегося на выходном валу редуктора и преобразующего вращение в поступательное движение, м;

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

Примем диаметр холостого ролика равным диаметру канатоведущего шкива и равного D .

В соответствии с формулой:

при движении лифта с грузом

$$M_{6p} = \frac{(m_k + m_r - m_n) \cdot D \cdot g}{2} = \frac{(1500 + 1000 - 1900) \cdot 0.4 \cdot 9.81}{2} = 1177.2 \text{ Нм}$$

при движении лифта без груза

$$M_{6в} = \frac{(m_n - m_k) \cdot D \cdot g}{2} = \frac{(1900 - 1500) \cdot 0.4 \cdot 9.81}{2} = 784.8 \text{ Нм}$$

Не учитывая силы трения суммарный статический момент рабочего органа:

$$M_{\text{ост}} = M_6 \quad (2.2)$$

Время пуска t_n до установившейся скорости с допустимым ускорением, торможения t_T от установившейся скорости до остановки:

$$t_n = t_T = \frac{v_y}{a} \quad (2.3)$$

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

где V_y - заданная скорость движения, м/с;

a - допустимое ускорение, м/с²

В соответствии с формулой при движении вниз:

$$t_{\text{нв}} = t_{\text{т}} = 1.2/0.5 = 2.4 \text{ с}$$

При движении вверх:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{т}} = 1/0.5 = 2 \text{ с}$$

Путь, проходимый рабочей машиной за время пуска:

$$\alpha_{\text{п}} = \alpha_{\text{т}} = \frac{v_y^2}{2 \cdot |a|} \quad (2.4)$$

В соответствии с формулой при движении вниз:

$$\alpha_{\text{нв}} = \alpha_{\text{мв}} = \frac{v_{\text{в}}^2}{2 \cdot |a|} = \frac{1.2^2}{2 \cdot |0.5|} = 1.44 \text{ м}$$

При движении вверх:

$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha_{\text{мп}} = \frac{v_{\text{п}}^2}{2 \cdot |a|} = \frac{1^2}{2 \cdot |0.5|} = 1 \text{ м}$$

Время установившегося режима движения со скоростью V_y :

$$t_y = \frac{a - (a_n + a_m)}{v_y} \quad (2.5)$$

где α - весь путь, проходимый рабочим органом, м.

В соответствии с формулой для движения вниз:

$$t_{\text{ув}} = \frac{h - (a_{\text{нв}} + a_{\text{мв}})}{v_{\text{в}}} = \frac{12.5 - (1.44 + 1.44)}{1.2} = 8 \text{ с}$$

Для движения вверх:

$$t_{\text{ур}} = \frac{h - (a_{\text{пр}} + a_{\text{мп}})}{v_{\text{п}}} = \frac{12.5 - (1 + 1)}{1} = 10.5 \text{ с}$$

Для определения динамических моментов рабочей машины рассчитывается момент инерции рабочей машины:

$$J_{\text{ро}} = m_{\text{I}} \cdot \frac{D^2}{2} \quad (2.6)$$

где m_1 - массы поступательно движущихся частей, кг;

D - диаметр колеса, м.

В соответствии с формулой для движения вверх:

$$J_{p\text{po}} = (m_k + m_r + m_n) \cdot \frac{D^2}{2} = (1500 + 1000 + 1900) \cdot \frac{0.4^2}{2} = 352 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

При движении вниз:

$$J_{v\text{po}} = (m_k + m_n) \cdot \frac{D^2}{2} = (1500 + 1900) \cdot \frac{0.4^2}{2} = 272 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Зная моменты инерции, можно определить динамические моменты, так как известно допустимое ускорение при разгоне и торможении:

$$M_{\text{родин}} = J \cdot \frac{2 \cdot a}{D} \quad (2.7)$$

Разгон и торможение лифта с грузом:

$$M_{p\text{ родин}} = J_p \cdot \frac{2a}{D} = 352 \cdot \frac{2 \cdot 0.5}{0.4} = 880 \text{ Нм}$$

Разгон и торможение лифта без груза:

$$M_{v\text{ родин}} = J_v \cdot \frac{2a}{D} = 272 \cdot \frac{2 \cdot 0.5}{0.4} = 680 \text{ Нм}$$

Полный момент рабочей машины находится по формуле:

$$M_{po} = M_{p\text{рост}} + M_{\text{родин}} \quad (2.8)$$

Первый участок – разгон лифта с грузом:

$$M_{po1} = M_{p\text{рост}} + M_{p\text{ родин}} = 1177.2 + 880 = 2057.2 \text{ Нм}$$

Второй участок – равномерное движение лифта с грузом:

$$M_{po2} = M_{p\text{рост}} = 1177.2 \text{ Нм}$$

Третий участок – торможение лифта с грузом:

$$M_{po3} = M_{p\text{рост}} - M_{p\text{ родин}} = 1177.2 - 880 = 297.2 \text{ Нм}$$

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Четвертый участок – время паузы:

$$M_{p04}=0$$

Пятый участок – разгон лифта без груза:

$$M_{p05}=M_{в\ рост}+M_{в\ родин}=784.8+680=1464.8\text{ Нм}$$

Шестой участок – равномерное движение лифта без груза:

$$M_{p06}=M_{в\ рос}=784.8\text{ Нм}$$

Седьмой участок – торможение лифта без груза:

$$M_{p07}=M_{в\ рост}-M_{в\ родин}=784.8-680=104.8\text{ Нм}$$

По рассчитанным значениям моментов на каждом участке нахожу среднеквадратичное значение момента:

$$M_{скрв} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m M_k^2 \cdot t_k}{\sum_{k=1}^m t_k}} \quad (2.9)$$

где M_k – момент на 1-7 участке, Нм;

t_k – длительность 1-7 участка, с.

Получаю значение момента:

$$M_{скрв} = \sqrt{\frac{2057.2^2 \cdot 2.4 + 1177.2^2 \cdot 10.5 + 297.2^2 \cdot 2.4 + 1464.8^2 \cdot 2 + 784.8^2 \cdot 2 + 104.8^2 \cdot 2}{2.4 + 10.5 + 2.4 + 2 + 8 + 2}} = 1118.6$$

2.2 Предварительный расчет мощности электродвигателя

Мощность двигателя находим по формуле:

$$P_{ДВ} = k_1 \cdot M_{скрв} \frac{2 \cdot V_0}{D} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\phi}}{ПВ_{кат}}} \quad (2.10)$$

где $k_1 = 1.3 \dots 1.5$ - коэффициент, учитывающий динамические нагрузки, обусловленные вращающимися элементами электропривода, то есть двигателем, редуктором, а также патели в редукторе;

D – диаметр канатоведущего шкива, м;

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

V_0 – основная скорость движения, м/с;

$PВ_{\phi}$ – фактическое значение относительной продолжительности включения проектируемого привода;

$PВ_{кат}$ – ближайшее к $PВ_{\phi}$ каталожное значение относительной продолжительности включения для электродвигателей выбранной серии. Фактическое значение $PВ$ рассчитаем, зная длительность времени работы t_k на всех участках движения к заданному времени цикла:

$$t_k = \frac{3600}{z} \quad (2.11)$$

где $z=60$ – число циклов работы машины в час.

$$t_k = \frac{3600}{70} = 52 \text{ с.}$$

$$PВ_{\phi} = \frac{1}{t_{ц}} \cdot \sum_{k=1}^m t_k \quad (2.12)$$

В соответствии с формулой:

$$PВ_{\phi} = \frac{1}{52} (2.4 + 10.5 + 2.4 + 2 + 8 + 2) = 52 \%$$

Для двигателей краново-металлургической серии ряд $PВ$: 15, 25, 40, 60, 100%. Выбираем ближайшее меньшее $PВ$, то есть $PВ_{кат} = 40$.

Тогда мощность двигателя, в соответствии с формулой:

$$P_{ДВ} = k_1 \cdot M_{скрв} \frac{2 \cdot V_0}{D} \cdot \sqrt{\frac{PВ_{\phi}}{PВ_{кат}}} = 1.5 \cdot 1118.6 \cdot \frac{2.1}{0.4} \sqrt{\frac{0.52}{0.6}} = 7.8 \text{ кВт}$$

2.3 Предварительный выбор электродвигателя и редуктора

Двигатели главного привода лифта должны удовлетворять следующим требованиям:

- надёжность в работе, обеспечение безопасности при пользовании лифтом;
- ограничение ускорении кабины;
- снижение уровня шума;
- обеспечение плавных переходных процессов пуска и торможения при широких пределах изменения момента сопротивления.

Из двигателей переменного тока краново-металлургической серии выбираю двигатель с короткозамкнутым ротором 4МТКФ(Н)160L6, так как он соответствует всем перечисленным требованиям.

Таблица 2.1 – Номинальные данные двигателя

Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
P_H	номинальная мощность на валу	кВт	11
n_H	номинальная частота вращения	об/мин	970
I_{1H}	номинальный ток статора	А	29
$\cos \varphi_H$	коэффициент мощности в номинальном режиме	-	0.76
$I_{п}$	пусковой ток	А	148
$M_{п}$	пусковой момент	Нм	340
M_{\max}	максимальный (критический) момент	Нм	395
r_1	активное сопротивление фазной обмотки статора	Ом	0.35
r_2	активное сопротивление фазной обмотки ротора;	Ом	0.072
x_1	индуктивное сопротивление фазной обмотки статора	Ом	0.59
x_2	приведенное индуктивное сопротивление фазной обмотки ротора	Ом	1.01
I_0	ток холостого хода для номинального режима;	А	20.4
$R_{кз}$	активное сопротивление короткого замыкания;	Ом	1.15
$X_{кз}$	индуктивное сопротивление короткого замыкания;	Ом	1.18
K_r	коэффициент приведения сопротивлений	-	0.695
$J_{дв}$	момент инерции двигателя	кгм ²	0.23

Определение передаточного числа и выбор редуктора

Передаточное число редуктора определяю по известной номинальной скорости вращения выбранного электродвигателя и по основной скорости рабочего органа:

$$j_p = \frac{\omega_H \cdot D}{2 \cdot v_0} \quad (2.13)$$

где $\omega_H = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_H}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 970}{60} = 101.5 \frac{1}{c}$ – номинальная скорость вращения двигателя

D – диаметр колеса, преобразующего вращательное движение вала в поступательное, м;

v_0 – основная скорость рабочего органа, $\frac{1}{c}$

В соответствии с формулой:

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ					

$$j_p = \frac{101.5 \cdot 0.4}{2 \cdot 1} = 20.3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Выбираю редуктор, исходя из того, что передаточное число должно быть равным или немного меньшим рассчитанного, при этом должны быть учтены условия работы механизма, номинальная мощность и скорость двигателя.

Режим работы редуктора в заданном механизме является тяжелым, поэтому принимаю при выборе редуктора коэффициент условий работы $k=1.5$ для тяжелого режима работы. Тогда расчетная мощность редуктора рассчитывается по формуле:

$$P_p = k \cdot P_M$$

где P_M – наибольшая мощность, передаваемая рабочей машиной, Вт

$$P_M = M_{maxpo} \cdot \frac{2 \cdot v_0}{D} = 2057.2 \cdot \frac{2 \cdot 1}{0.4} = 10286 \text{ Вт}$$

Следовательно

$$P_p = k \cdot P_M = 1.5 \cdot 10286 = 15429 \text{ Вт}$$

По полученной мощности выбираю редуктор 6Ц2С-87ES.

Таблица 2.2 – характеристики редуктора 6Ц2С-87ES

Ном. вращения вала.	частота вых.	Передаточное отношение	кпд редуктора	Крутящий момент на выходном валу редуктора.
об /мин		j_p	%	Нм
73		20.3	0.96	1440

2.4 Приведение статических моментов, моментов инерции и коэффициента жесткости системы электропривод-рабочая машина

После выбора электродвигателя и редуктора, а также после расчёта моментов сопротивления можно привести статические моменты системы к валу двигателя, воспользовавшись формулой:

$$M_{pc} = \frac{M_{рост}}{j_p} \quad (2.14)$$

где $M_{рост}$ - статический момент рабочей машины, Нм;

j_p - передаточное отношение выбранного редуктора.

При движении с грузом

$$M_{p\ pc} = \frac{M_{p\ рост}}{j_p} = \frac{1177.2}{20.3} = 57.9 \text{ Нм}$$

При движении без груза

$$M_{в.рс} = \frac{M_{в.рост}}{j_p} = \frac{784.8}{20.3} = 38.6 \text{ Нм}$$

Результаты расчета занесены в таблицу 2.3 для каждого участка.
Тогда статический момент на валу двигателя:

$$M_{вс} = \frac{M_{рс}}{\eta_p} \quad (2.15)$$

где η_p – коэффициент полезного действия выбранного редуктора.

При движении с грузом для двигательного режима

$$M_{д.вс}^p = \frac{M_{р.рс}}{\eta_p} = \frac{57.9}{0.96} = 60.3 \text{ Нм}$$

При движении без груза для двигательного режима

$$M_{д.вс}^в = \frac{M_{в.рс}}{\eta_p} = \frac{38.6}{0.96} = 40.2 \text{ Нм}$$

В тормозных режимах момент рассчитывается по формуле:

$$M_{вс} = M_{рс} \cdot \eta_p \quad (2.16)$$

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

При движении с грузом для тормозного режима:

$$M_{т.вс}^p = M_{р.рс} \cdot \eta_p = 57.9 \cdot 0.96 = 55.58 \text{ Нм}$$

При движении без груза для тормозного режима:

$$M_{т.вс}^в = M_{в.рс} \cdot \eta_p = 38.6 \cdot 0.96 = 37.05 \text{ Нм}$$

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

$$M_c = M_{вс} + M_{хх} \quad (2.17)$$

где $M_{хх}$ – момент потерь холостого хода двигателя, Нм.

Принимаю $M_{хх}$ равным 5% от номинального:

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$M_{xx} = \frac{P_H}{n_H} \cdot 9,55 \cdot 0,05 = \frac{11000}{970} \cdot 9,55 \cdot 0,05 = 5.41 \text{ Нм} \quad (2.18)$$

Двигательный режим при движении с грузом:

$$M_{дс}^P = M_{двс}^P + M_{xx} = 60.3 + 5.41 = 65.71 \text{ Нм}$$

Двигательный режим при движении без груза:

$$M_{дс}^B = M_{двс}^B + M_{xx} = 40.2 + 5.41 = 45.61 \text{ Нм}$$

Тормозной режим при движении с грузом:

$$M_{тс}^P = M_{твс}^P - M_{xx} = 55.58 - 5.41 = 50.17 \text{ Нм}$$

Тормозной режим при движении без груза:

$$M_{тс}^B = M_{твс}^B - M_{xx} = 37.05 - 5.41 = 31.64 \text{ Нм}$$

Расчёт приведённых моментов инерции и коэффициентов жесткости

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

$$J = \delta \cdot J_d + J_{пр} \quad (2.19)$$

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

J_d – 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:

$$J_{пр} = \frac{J_{ро}}{j_p^2} \quad (2.20)$$

Нахожу приведенный суммарный момент инерции:

$$J \cdot \frac{\omega_C^2}{2} = J_{дв} \cdot \frac{\omega_C^2}{2} + J_{тш} \cdot \frac{\omega_C^2}{2} + J_1 \cdot \frac{\omega_C^2}{2} + J_2 \cdot \frac{\omega_C^2}{2} + J_3 \cdot \frac{\omega_C^2}{2} + J_M \cdot \frac{\omega_C^2}{2} + m_1 \cdot \frac{V^2}{2};$$

J_1, J_2, J_3 – моменты инерции соответствующих зубчатых колес редуктора, кг·м²;

$J_{тш}$ – момент инерции тормозного шкива, кг·м²;

						13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			30

J_M – момент инерции соединительной муфты, кг·м²,

Значит:

$$J = J_{дв} + J_{тш} + J_1 + J_2 \cdot \frac{\omega_2^2}{\omega_c^2} + J_3 \cdot \frac{\omega_3^2}{\omega_c^2} + J_M \cdot \frac{\omega_3^2}{\omega_c^2} + m_1 \frac{v^2}{\omega_c^2};$$

В данной формуле принимаю:

$$\delta \cdot J_{дв} = J_{дв} + J_{тш} + J_1 + J_2 \cdot \frac{\omega_2^2}{\omega_c^2} + J_3 \cdot \frac{\omega_3^2}{\omega_c^2} + J_M \cdot \frac{\omega_3^2}{\omega_c^2} = 1.5 \cdot J_{дв}$$

Тогда:

$$J = 1.5 J_{дв} + m_1 \frac{v^2}{\omega_c^2} \quad (2.21)$$

где ω_c – установившаяся скорость двигателя, 1/с

Установившуюся скорость двигателя находим по формуле:

$$\omega_c = \frac{2 \cdot V_0}{D} \cdot j_p \quad (2.22)$$

Приведенный момент инерции при движении с грузом:

$$J_p = 1.5 J_{дв} + m_1 \frac{v^2}{\omega_c^2} = 1.5 J_{дв} + m_1 \frac{D^2}{4j_p^2} = 1.5 \cdot 0.23 + 4400 \frac{0.4^2}{4 \cdot 20.3^2} = 0.774 \text{ кгм}^2$$

При движении без груза:

$$J_b = 1.5 J_{дв} + m_2 \frac{v^2}{\omega_c^2} = 1.5 J_{дв} + m_2 \frac{D^2}{4j_p^2} = 1.5 \cdot 0.23 + 3400 \frac{0.4^2}{4 \cdot 20.3^2} = 0.674 \text{ кгм}^2$$

Для каждого участка проведены расчеты, и все значения занесены в таблицу 2.3.

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

Пусковой момент:

$$M_p = M_c + M_{дин} \quad (2.23)$$

где M_c - статический момент сопротивления движению, Нм;

$M_{дин}$ – динамический момент, Нм.

Динамический момент рассчитываем по формуле:

$$M_{дин} = J \cdot \frac{2 \cdot a \cdot j_p}{D} \quad (2.24)$$

где a – допустимое ускорение при пуске и торможении, м/с²;

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

D – диаметр шестерни, преобразующей вращение в поступательное движение, м;

J – приведенный момент инерции привода, кг·м².

Динамический момент инерции при движении с грузом:

$$M_{\text{дин}}^p = J_p \cdot \frac{2 \cdot a \cdot j_p}{D} = 0.774 \cdot \frac{2 \cdot 0.5 \cdot 20.3}{0.4} = 39.3 \text{ Нм}$$

при движении без груза:

$$M_{\text{дин}}^b = J_b \cdot \frac{2 \cdot a \cdot j_p}{D} = 0.674 \cdot \frac{2 \cdot 0.5 \cdot 20.3}{0.4} = 34.2 \text{ Нм}$$

Пусковой момент при движении с грузом:

$$M_{\text{п}}^p = M_{\text{дс}}^p + M_{\text{дин}}^p = 65.71 + 39.3 = 105.01 \text{ Нм}$$

при движении без груза:

$$M_{\text{п}}^b = M_{\text{дс}}^b + M_{\text{дин}}^b = 45.61 + 34.2 = 79.81 \text{ Нм}$$

Тормозной момент:

$$|M_{\text{т}}| = |M_{\text{дин}}| - M_{\text{с}} \quad (2.25)$$

при движении с грузом:

$$|M_{\text{т}}^p| = |M_{\text{дин}}^p| - M_{\text{тс}}^p = 39.3 - 50.17 = -10.87 \text{ Нм}$$

при движении без груза:

$$|M_{\text{т}}^b| = |M_{\text{дин}}^b| - M_{\text{тс}}^b = 34.2 - 31.64 = 2.56 \text{ Нм}$$

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

Средний момент двигателя принимаем равным моменту, допустимому по ускорению, так как питание получаем от преобразователя с датчиком интенсивности:

Пуск:

$$M_{\text{ср}} = M_{\text{п}};$$

Торможение:

$$M_{\text{ср}} = M_{\text{т}};$$

Определим приведенную к валу двигателя жесткость упругой механической связи $C_{пр}$ через значение линейной жесткости:

$$C_{пр} = \frac{C_{л} \cdot D^2}{4 \cdot j_p^2} = \frac{25 \cdot 10^6 \cdot 0.4^2}{4 \cdot 20.3^2} = 2426.65 \frac{\text{Нм}}{\text{рад}} \quad (2.26)$$

2.5 Предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности

Целью предварительной проверки двигателя является уточнение нагрузочных диаграмм момента, а также диаграммы скорости с учетом момента инерции выбранного двигателя.

Рассчитываю время переходных процессов для каждого участка по формуле:

$$t_i = J \cdot \frac{\omega_c}{M_{ср} - M_c} \quad (2.27)$$

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

ω_c – установившаяся скорость двигателя, 1/с;

$M_{ср}$ – средний момент двигателя, Нм;

M_c – приведенный статический момент, Нм.

Первый участок – разгон с грузом:

$$t_1 = J_p \cdot \frac{\omega_c^p}{M_{ср}^p - M_{дс}^p} = J_p \cdot \frac{\frac{2 \cdot V_p}{D} \cdot j_p}{M_{ср}^p - M_{дс}^p} = 0.774 \cdot \frac{\frac{2 \cdot 1}{0.4} \cdot 20.3}{105.01 - 65.71} = 1.9 \text{ с}$$

Третий участок – торможение с грузом

$$t_3 = J_p \cdot \frac{\omega_c^p}{M_{тср}^p + M_{тс}^p} = J_p \cdot \frac{\frac{2 \cdot V_p}{D} \cdot j_p}{M_{тср}^p + M_{тс}^p} = 0.774 \cdot \frac{\frac{2 \cdot 1}{0.4} \cdot 20.3}{-10.87 + 50.17} = 1.9 \text{ с}$$

Пятый участок – разгон без груза:

$$t_5 = J_b \cdot \frac{\omega_c^b}{M_{дср}^b - M_{дс}^b} = J_b \cdot \frac{\frac{2 \cdot V_b}{D} \cdot j_p}{M_{дср}^b - M_{дс}^b} = 0.674 \cdot \frac{\frac{2 \cdot 1.2}{0.4} \cdot 20.3}{79.81 - 45.61} = 2.4 \text{ с}$$

Седьмой участок – торможение без груза:

$$t_7 = J_b \cdot \frac{\omega_c^b}{M_{тср}^b + M_{тс}^b} = J_b \cdot \frac{\frac{2 \cdot V_b}{D} \cdot j_p}{M_{тср}^b + M_{тс}^b} = 0.674 \cdot \frac{\frac{2 \cdot 1.2}{0.4} \cdot 20.3}{2.56 + 31.64} = 2.4 \text{ с}$$

Угол поворота вала двигателя за время переходного процесса:

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ					

$$\alpha_1 = \frac{\omega_c \cdot t_1}{2} \quad (2.28)$$

Угол поворота вала:
за 1-й и 3-й участки

$$\alpha_{1,3} = \frac{\omega_c^p \cdot (t_1 + t_3)}{2} = \frac{101.5 \cdot (1.9 + 1.9)}{2} = 192.85 \text{ рад}$$

за 5-й и 7-й участки

$$\alpha_{5,7} = \frac{\omega_c^b \cdot (t_5 + t_7)}{2} = \frac{121.8 \cdot (2.4 + 2.4)}{2} = 292.32 \text{ рад}$$

Время работы с установившейся скоростью:

$$t_y = \frac{\alpha_\Sigma - (\alpha_\Pi + \alpha_T)}{\omega_c} \quad (2.29)$$

где α_Σ – угол поворота вала двигателя, соответствующий величине перемещения в данном режиме, рад;

α_Π , α_T – угол поворота вала за время пуска и торможения, рад.

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

$$\alpha_\Sigma = 2 \cdot h \cdot \frac{j_p}{D} \quad (2.30)$$

В соответствии с формулой:

$$\alpha_\Sigma = 2 \cdot h \cdot \frac{j_p}{D} = 2 \cdot 12.5 \cdot \frac{20.3}{0.4} = 1268.75 \text{ рад}$$

В соответствии с формулой:

$$t_y^p = \frac{\alpha_\Sigma - \alpha_{1,3}}{\omega_c^p} = \frac{1268.75 - 192.85}{101.5} = 10.6 \text{ с}$$

$$t_y^b = \frac{\alpha_\Sigma - \alpha_{5,7}}{\omega_c^b} = \frac{1268.75 - 292.32}{121.8} = 8 \text{ с}$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.3

Суммарное фактическое время работы привода:

$$t_\phi = 1.9 + 10.6 + 1.9 + 2.4 + 8 + 2.4 = 27.2 \text{ с}$$

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Полученное время меньше заданного времени работы привода, то есть требование по производительности выполнено.

Предварительная проверка двигателя по нагреву производится по величине среднеквадратичного момента:

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \leq M_{\text{доп}} \quad (2.31)$$

где допускаемый момент:

$$M_{\text{д}} = M_{\text{кат}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{кат}}}{ПВ_{\phi}}} \quad (2.32)$$

Фактическое значение ПВ:

$$ПВ_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_n} \cdot 100\% \quad (2.33)$$

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{105.01^2 \cdot 1.9 + 65.71^2 \cdot 10.6 + 10.87^2 \cdot 1.9 + 79.81^2 \cdot 2.4 + 45.61^2 \cdot 8 + 2.56^2 \cdot 2.4}{1.9 + 10.6 + 1.9 + 2.4 + 8 + 2.4}} = 60.29 \text{ Нм}$$

$$ПВ_{\phi} = \frac{1.9+10.6+1.9+2.4+8+2.4}{40} 100\% = 68 \%$$

Момент двигателя при ПВ_{кат}, ближайшем к ПВ_φ:

$$M_{\text{кат}} = \frac{P_n}{0,105 \cdot n_n} = \frac{11000}{0,105 \cdot 970} = 108 \text{ Нм} \quad (2.34)$$

Допускаемый момент:

$$M_{\text{д}} = M_{\text{кат}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{кат}}}{ПВ_{\phi}}} = 108 \cdot \sqrt{\frac{40}{68}} = 82.8 \text{ Нм} \quad (2.35)$$

Среднеквадратичный момент меньше допустимого (62.9 Нм < 82.8 Нм), следовательно, двигатель проходит по нагреву.

Исходя из табличных данных максимальное значение момента 105 Нм А максимально допустимый момент двигателя 82.8 *2=165.6 Нм. То есть данная величина больше максимального значения момента, двигатель проходит по перегрузке.

Таблица 2.3 – Предварительный расчет нагрузочных диаграмм

Участок движения	Движение с грузом			Движение без груза		
	Пуск	Установившийся режим	Торможение	Пуск	Установившийся режим	Торможение
t, с	1.9	10.6	1.9	2.4	8	2.4
α , м	1	4,82	1	1.44	4,68	1.44
v, м/с	-	1	-	-	1.2	-
$M_{рост}$, Н·м	1177	1177	1177	785	785	785
$J_{рост}$, кг·м ²	352	352	352	272	272	272
$M_{родин}$, Н·м	880	0	880	680	0	680
$M_{ро}$, Н·м	2057	1177	297	1465	784	105
$M_{рс}$, Н·м	61	61	61	41	41	41
$M_{вс}$, Н·м	63.5	63.5	58.56	42.7	42.7	39.36
M_c , Н·м	69.27	69.27	52.79	48.47	48.47	33.59
ω_c , рад/с	101.5	101.5	101.5	121.8	121.8	121.8
J, кг·м ²	0,774	0,774	0,774	0,674	0,674	0,674
$M_{дин}$, Н·м	39.3	0	39.3	34.2	0	34.2
$M_{доп.уск}$, Н·м	105.01	65.71	-10.87	79.81	45.61	2.56
$M_{ср}$, Н·м	60.3	57.9	55.58	40.2	38.6	37.05

Выводы по разделу два

В данном разделе произведен расчет нагрузочных диаграмм скорости и моментов рабочего органа, предварительный расчет мощности электродвигателя, выбран двигатель переменного тока краново-металлургической серии с короткозамкнутым ротором 4МТКФ(Н)160L6, выбран редуктор 6Ц2С-87ES. Приведены статические моменты, моменты инерции и коэффициент жесткости системы электропривод-рабочая машина. Ни на одном участке момент при торможении или разгоне не оказался выше максимального момента двигателя. Произведена предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности. Полученное время меньше заданного времени работы привода, то есть требование по производительности выполнено. Среднеквадратичный момент меньше допустимого ($62.9 \text{ Нм} < 82.8 \text{ Нм}$), следовательно, двигатель проходит по нагреву.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

3 ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЦЕПИ

К преобразователям частоты, используемым в системах управления электроприводом, предъявляется ряд определенных требований, которые должны быть учтены при выборе преобразователя для модернизируемого электропривода. Перечислим эти требования.

-Номинальная мощность преобразователя частоты должна превышать номинальную мощность двигателя.

- Максимальный ток преобразователя должен превышать, либо быть равен максимальному току двигателя.

- Номинальное напряжение преобразователя частоты должно соответствовать напряжению сети.

-Преобразователь частоты должен быть двухкомпонентным, с целью генерации энергии в сеть.

3.1 Выбор преобразователя

По каталогу выбираю, преобразователь частоты фирмы AT24 линии LE фирмы Triol, который обладает преимуществами уникальных алгоритмов векторного управления. Линия LE специально разработана для обеспечения безопасной и надежной работы лифтового оборудования и обладает расширенными функциональными возможностями для современных лифтов.

Номинальная мощность преобразователя.....11 кВт;

Номинальный ток преобразователя.....22 А;

Номинальное напряжение питающей сети частотой тока 50 Гц.....3х380 В;

Cos φ электропривода.....0,95;

Диапазон регулирования выходной частоты преобразователя..... 0-400 Гц;

Кратность перегрузки по моменту (токи).....0.9;

Электропривод переменного тока серии Triol AT24 линии 1 лифтовое применение (далее Triol AT24 LE) оптимизирован для применения в составе главного привода грузопассажирских лифтов жилых и административных зданий.

Данный прибор подходит для управления асинхронными и вентильными двигателями. Электропривод оснащен современной системой векторного управления в замкнутой системе с обратной связью по скорости и в разомкнутой системе без обратной связи. Система управления электроприводом построена на базе современного высокопроизводительного двухъядерного микропроцессора, и реализует все функциональные режимы работы изделия. В силовой схеме применяются современные силовые модули с IGBT-транзисторами (Insulated Gate Bipolar Transistor - биполярный транзистор с изолированным затвором), обеспечивающие высокий КПД и быстродействие.

Электропривод переменного тока серии Triol AT24 LE обладает высокой надежностью и разнообразием функций. Оригинальный способ широтно-импульсной модуляции с выбором частоты коммутации дает возможность обеспечивать бесшумную работу электродвигателя. Обширные функции защиты

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

обеспечивают эффективную защиту всей системы «электропривод — электродвигатель».

Электропривод переменного тока серии Triol AT24 LE обеспечивает:

- векторное управление (датчиковое и бездатчиковое),
- управление безредукторными двигателями (с прямым приводом лебедки),
- плавный пуск, регулирование частоты вращения двигателя, длительную работу в номинальном режиме,
- реверсирование и торможение с заданными темпами, поддержание во всем диапазоне рабочих частот номинальных характеристик электродвигателя, а также специальные технологические режимы,
- универсальное управление по дискретным входам для различных лифтовых станций, S-образные темпы.

Использование метода векторного управления обеспечивает снижение потребляемой энергии, сокращение и стабилизацию переходных процессов, повышение точности регулирования моментом или частотой вращения двигателя.

3.1.1 Основные функции электропривода серии Triol AT24 LIFT

- пуск, останов и регулирование частоты вращения двигателя;
- разгон и торможение с заданными темпами, S-образные темпы;
- реверс;
- ускорение, замедление, останов;
- защита двигателя от токов короткого замыкания, перегрузки;
- лифтовая работа с фиксированными скоростями, возможность универсальной настройки на лифтовую станцию управления и встраивание в системы управления лифтами при использовании в старом жилом фонде;
- сохранение конфигурации управления двигателем;
- динамическое торможение двигателя;
- режим работы «Эвакуация»;
- режим работы «Короткий этаж»;
- режим работы «Инспекция»;
- поддержка управления тормозом;
- управление контактором двигателя;
- векторное управление с обратной связью и без обратной связи.

3.1.2 Принцип действия и устройство электропривода серии Triol AT24 LE

По принципу действия электропривод представляет собой транзисторный автономный инвертор напряжения (АИН) с промежуточным звеном постоянного тока. Входной (сетевой) выпрямитель — диодный, неуправляемого типа с цепями предварительного заряда звена постоянного тока. АИН выполнен на транзисторах IGBT, способ управления — ШИМ с настраиваемой частотой коммутации от 2 до 10 кГц.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Принцип действия и устройство электропривода поясняет схема силовых цепей и функциональная схема цепей управления, представленная на рис.3.1

Обозначение элементов в схеме:

В – силовой выпрямитель;

ФС – силовой С-фильтр звена постоянного напряжения;

ТК – транзисторный ключ инверторного торможения;

БТР – тормозной резистор;

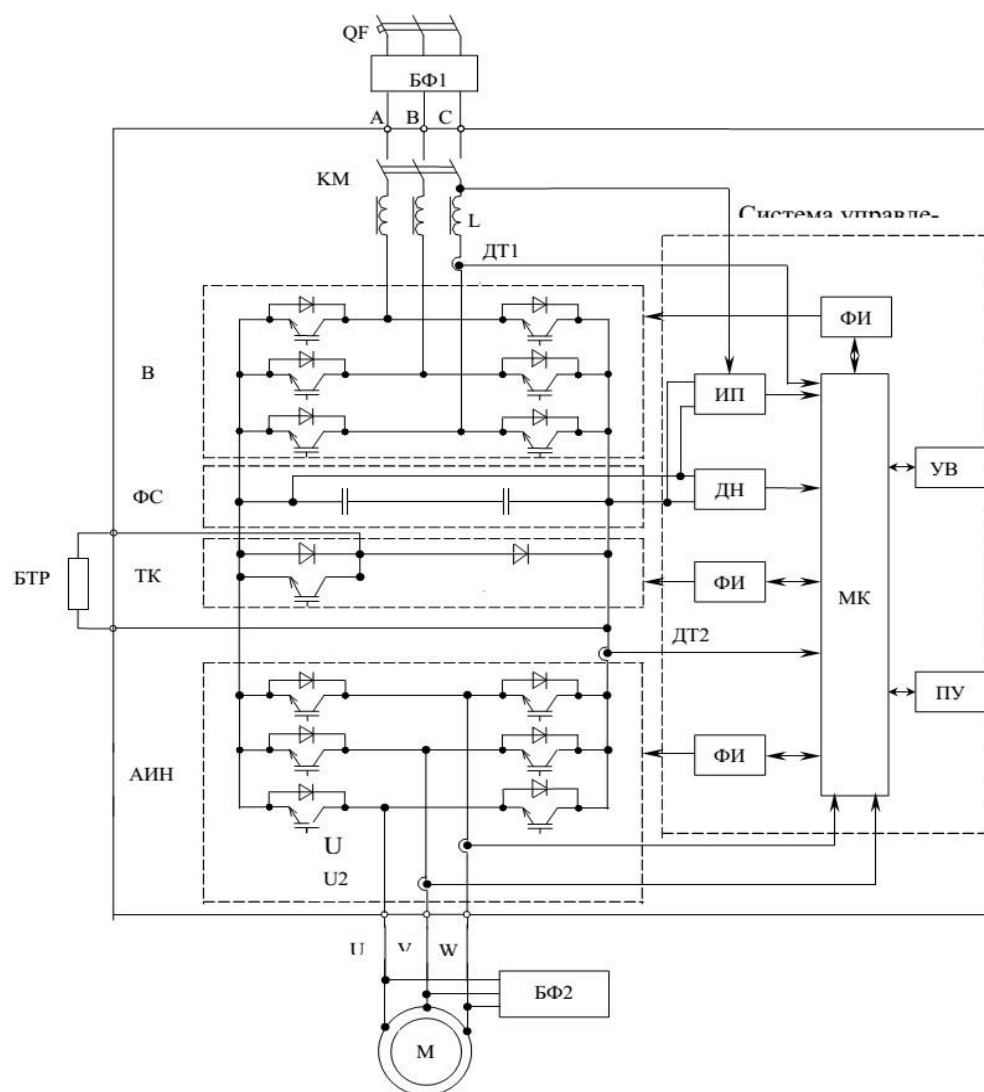


Рис.3.1 Схема силовых цепей и функциональная схема управления электропривода. АИН – автономный инвертор напряжения;

ДТ – датчики тока;

М – асинхронный электродвигатель;

ИП – источник питания (конвертор);

ДН – датчик напряжения;

ФИ – формирователь управляющих сигналов транзисторов (драйвер);

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

МК – микропроцессорный контроллер;

УВВ – устройство ввода / вывода (внешний интерфейс);

ПУ – пульт управления.



Рисунок 3.2 – Внешний вид АТ24 линии LE

АТ24 линии LE имеет исполнение — шкаф для установки внутри помещения и степень защиты корпуса IP21, температура эксплуатации -10...+40 °С.

3.2 Выбор коммутационных аппаратов

Для защиты двигателя и преобразователя от токов короткого замыкания, замыкания на «землю» и перегрева двигателя.

Выбираем автоматический выключатель серия HMF MB325A со способностью пропускать длительный ток 20 А.

- а.) Номинальная отключающая способность 6 кА согласно EN 60 898;
- б.) класс ограничения электроэнергии 3;
- в.) номинальное напряжение 230/400 В;
- г.) корпус IP20 с крышкой IP30.

В реальном электрическом приводе возможны перегрузки – превышение тока или напряжения в цепи, приводящие к перегреву оборудования или выходу его из строя, что может привести к большим финансовым потерям.

В целях защиты от перегрузок выбираем трехполюсное тепловое реле перегрузки серии DTeSys с предохранителями. Модель LRD3357, установка тока реле – 16 А.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

3.3 Шкаф управления электроприводом

Используем шкаф управления электроприводом типа ШУЛМ

3.3.1 Назначение и область применения

Настоящий шкаф предназначен для построения на его основе систем управления пассажирскими лифтами различного назначения со скоростью до 1,6 м/с в жилых и общественных зданиях с числом остановок до 32. Изменение функционального назначения шкафа достигается путем изменения схемы подключения внешних устройств управления лифтом и изменением программного обеспечения. Для управления автоматической работой дверей лифта возможно применение нерегулируемого электропривода, а также регулируемых электроприводов типа “Prizma”, “Fermator”, “БУАД-4, 5”.

Путем включения в системную магистраль нескольких шкафов можно построить систему группового управления лифтами до шести лифтов без использования каких-либо дополнительных устройств.

Силовая часть шкафа позволяет использовать ее для управления лифтами грузоподъемностью 400, 630 и 1000 кг.

Нормальная работа шкафа лифтом обеспечивается при следующих условиях окружающей среды:

- высота установки над уровнем моря до 2000 м;
- рабочее значение атмосферного давления от 78,3 (550 мм рт. ст.) до 106,7 кПа (800 мм рт. ст.);
- температура окружающего воздуха от 5 до 35 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха 60 % при температуре 20 °С;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли.

3.3.2 Технические характеристики шкафа

- Питающая сеть — пятипроводная трехфазная сеть переменного тока, система TN-S. Напряжение питающей сети (380 ±38/57) В, частотой 50 Гц.

- Номинальное напряжения цепей аппаратов безопасности, дверей шахты и кабины 110 В постоянного тока.

- Номинальный ток силовой цепи до 40 А.

- Аварийное освещение кабины — 12В, 1А.

- Номинальная скорость лифта до 1,6 м/с.

- Число остановок до 32.

- Шкаф обеспечивает следующие режимы работы лифта:

- режим “Нормальная работа”;
- режим “Ревизия”;
- режим “Управление из машинного помещения”;
- режим “Погрузка”;
- режим “Авария”;
- режим “Монтажная Ревизия и Авария”
- режим “Контроль”.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- Шкаф обеспечивает индикацию заданного режима работы и местоположения кабины лифта в машинном помещении, в кабине и на основном посадочном этаже, индикацию включенного состояния исполнительных реле, исправного состояния основных устройств контроля безопасности лифта.

- Шкаф обеспечивает управление автоматическими раздвижными дверями кабины и шахты лифта.

- В системах электропривода и автоматики пассажирских лифтов, использующих шкаф, должны использоваться аппараты управления матричного исполнения.

- Проведение наладочных, ремонтных и профилактических работ системы со шкафами ШУЛМ обеспечивается с помощью блока наладочного ЕИЛА.656126.465-02 (БН), который входит в групповой ЗИП и поставляется по отдельному заказу. БН подключается непосредственно к контроллеру ПКЛ32 и позволяет визуальнo контролировать, а при необходимости принудительно включать или выключать любой датчик или индикатор, входящий в матрицу. Кроме того, с помощью БН можно организовать циклический прогон лифта по любому набору вызовов.

3.3.3 Основные функции шкафа

— выбор режимов работы в соответствии с заложенными в программное обеспечение алгоритмами (описание программного обеспечения приведено в приложении А);

— осуществление контроля и индикации внешних устройств лифтовой системы и согласование их работы с выбранными режимами;

— контроль аппаратов, обеспечивающих безопасную работу лифта;

— определение местоположения лифта и контроль несанкционированного проникновения в шахту;

— управление приводами, обеспечивающими работу механизмов лифта;

— обеспечение освещения кабины лифта;

— обеспечение обмена диспетчерскими сигналами и телефонной связью (при необходимости).

Выводы по разделу три

В данном разделе был выбран преобразователь АТ24 линии LE фирмы Triol, который обладает преимуществами уникальных алгоритмов векторного управления. Линия LE специально разработана для обеспечения безопасной и надежной работы лифтового оборудования и обладает расширенными функциональными возможностями для современных лифтов. Так же были выбраны коммутационные аппараты и шкаф управления лифтом ШУЛМ.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Основу системы управления составляет плата контроллера лифта АЗ, на вход которой поступают все сигналы из различных мест лифта (из кабины лифта от кнопочной панели приказов, от вызывных кнопочных аппаратов, расположенных на этажных площадках, от датчиков безопасности, от датчиков местоположения лифта и т. д.). Контроллер осуществляет управление всеми элементами индикации (в кабине лифта, на посадочных площадках) и релейными цепями.

4.1 Выбор ПЛК

В данной работе выбираем контроллер ПЛК32 в исполнении ЕИЛА.687255.008-04.

Контроллер ПЛК32 содержит однокристалльную микро-ЭВМ с записанным программным обеспечением, дешифратор адреса часы реального времени, ОЗУ, одиннадцать регистров, два блока задания режимов, блок индикации, три канала последовательного приемо-передатчика, два блока защиты двигателя от перегрева, блоки входных и выходных оптронных развязок по каналам: RET, IND, SC, CNTR, IN и блок питания контроллера.

Интерфейс системы групповой работы создается с помощью устройства последовательного ввода-вывода информации DD39, DD44, DD45.

Вся внешняя аппаратура управления лифтом включена в матрицу, образованную 8 линиями RET, 8 линиями IND и 18 линиями SC.

Свечение отдельных светодиодов индицирует технологическое состояние и наличие основных аварийных ситуаций лифта, а семисегментные индикаторы обеспечивают выдачу цифровой индикации о заданном режиме работы системы, местоположении кабины лифта, или индикацию кода обнаруженной ошибки:

- VD18 — “Наличие пассажира в кабине”;
- VD20 — “90 %”;
- VD24 — “Перегрузка”;
- VD22 — “Двери открыты”;
- VD19 — “Двери закрыты”;
- VD23 — “Двери кабины открыты”;
- VD21 — “Точная остановка”;
- VD15 — “Охрана шахты”
- ; — VD16 — “Авария шахты”;
- VD12 — “Авария дверей”;
- VD13 — “Авария малой скорости”;
- VD17 — “Авария большой скорости”;
- VD109 — “Ведущий”, т. е. информация об том, что при работе в группе контроллер данного шкафа является ведущим (т. е. осуществляет управление индикацией вызовов и синхронизацию сканов);
- VD110 — «Обслуживание вызовов», информация об том, что при работе в группе контроллер готов к обслуживанию вызовов;

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

- VD11 — “Изъятие КБР”;
- VD2 — “ДЗ”, т. е. шунт кабины лифта находится в датчике замедления.
- “+5V” — “Питание +5В процессора”.

Контроллер ПКЛ32 обеспечивает индикацию заданного режима работы:

- “П” — “Погрузка”;
- “Н” — “Нормальная работа”;
- “Р” — “Ревизия”;
- “У” — “Управление из машинного помещения”;
- “А” — “Авария”;
- “О” — “Контроль”;

4.2 Матричный контроль и индикация

В основу системы сбора информации с датчиков и управления индикацией заложен принцип матричного контроля датчиков, кнопок вызова и приказа и матричной динамической индикации, который обеспечивается платой контроллера (см. рисунок 4.1).

Матрица представляет собой систему столбцов-сканов (SC0–SC17) и строк (RET0–RET7 и IND0–IND7).

В узлах матрицы, на пересечениях линий SC и RET, подключаются через развязывающие диоды контакты вызывных (или приказных) кнопок или контакты датчиков.

В узлах матрицы, на пересечениях линий SC и IND, подключаются элементы индикации (светодиоды или сегменты индикатора) через защитные диоды и токоограничивающие резисторы.

Контроллер поочередно и циклически по линиям SC0—SC17 выдает сканирующие импульсы опроса матрицы длительностью 1,5–2,0 мс с амплитудой 24 В, во время действия которых процессор считывает информацию по линиям RET0–RET7, определяя для каждой линии SC наличие замкнутых контактов, и, одновременно, осуществляет включение элементов индикации путем подачи импульсов на линии IND (динамическая индикация).

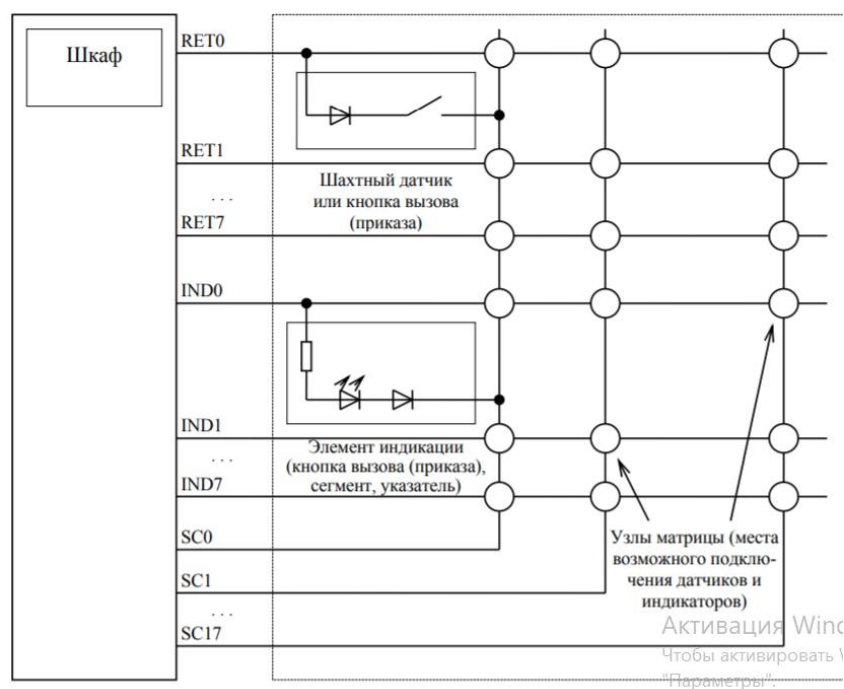


Рисунок 4.1 — Матрица датчиков и индикации

В узлах матрицы могут быть реализованы следующие варианты:

- кнопка вызова на пересечении линий RET0 и SC0 и соответствующий ей индикатор на пересечении линий IND0 и SC0;
- только датчик на пересечении линий RET0 и SC8 (например, датчик верхнего этажа);
- только элемент индикации на пересечении линий RET3 и SC9 (например, указатель направления).

Конкретное содержание матрицы датчиков и индикации определяется проектом системы управления лифтом.

4.3 Программирование ПЛК

С помощью программирования можно изменять настройку контроллера в соответствии с требованиями конкретного приложения.

Программирование осуществляется через установку набора параметров. Параметры можно изменять как в целом, так и выборочно.

Возможна установка следующих наборов значений параметров:

Стандартные значения — это набор значений параметров, который задается установкой в “1” значения параметра П1

При переводе системы в режим “Контроль” на индикаторах дисплея контроллера должно индицироваться сообщение “N O C”.

Пользовательские значения — это набор значений параметров, который устанавливается в процессе эксплуатации лифта под конкретные требования заказчика.

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

Установка пользовательских значений задается изменением значений параметров П2 - П82.

При переводе системы в режим “Контроль” на индикаторах дисплея контроллера должно высветиться сообщение “N O П”.

Возврат от пользовательского набора к стандартному (при необходимости) производится установкой в “1” значения параметра П1.

Для упрощения программирования параметры объединены в группы согласно таблице 4.1

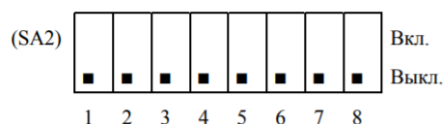
Таблица 4.1

Наименование группы	Обозначение параметров
Группа запуска	Ахх, где хх — порядковый номер
Группа рабочих параметров	Пхх, где хх — порядковый номер
Группа параметров часов реального времени	Вхх, где хх — порядковый номер

Установка параметров Пхх и Вхх производится программным путем с использованием специального пользовательского интерфейса. Установка параметров Ахх производится аппаратно.

Параметры группы запуска

Для установки параметров данной группы используется нижний 8-ми разрядный переключатель SA2 на плате контроллера:



Выводы по разделу четыре

В данном разделе выбран контроллер ПКЛ32 в исполнении ЕИЛА.687255.008-04. Рассмотрен матричный контроль, индикация контроллера и программирование, которое осуществляется через установку набора параметров. параметры можно изменять как в целом, так и выборочно.

5 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Задачей расчёта является обеспечение технологических задач, заложенных в требования к электроприводу:

- рабочие скорости рабочего и обратного хода должны быть обеспечены с заданной степенью точности;
- ускорение электропривода не должно превышать допустимых значений;

5.1 Расчёт естественных характеристик двигателя

Скорость идеального холостого хода

$$\omega_{0n} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{3} = 104.7 \text{ рад/с} \quad (5.1)$$

где

f_1 - частота питающего тока, Гц;

p - число пар полюсов.

Номинальный момент

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{11000}{101.5} = 108.3 \text{ Нм} \quad (5.2)$$

Номинальное скольжение ротора

$$S_n = \frac{\omega_{0n} - \omega_n}{\omega_{0n}} = \frac{104.7 - 101.5}{104.7} = 0.03 \quad (5.3)$$

Перегрузочная способность двигателя

$$\mu_k = \frac{M_{max}}{M_n} = \frac{395}{108.3} = 3.64 \quad (5.4)$$

Приведенное активное сопротивление роторной цепи

$$r'_2 = 0.041$$

$$\alpha = \frac{r_1}{r'_2} = \frac{0.032}{0.041} = 0.78 \quad (5.5)$$

Критическое скольжение

$$S_k = S_n \frac{\mu_k + \sqrt{\mu_k^2 - 1 + 2\alpha \cdot s_n \cdot (\mu_k - 1)}}{1 - 2\alpha \cdot s_n \cdot (\mu_k - 1)} \quad (5.6)$$

$$s_k = 0.03 \frac{3.64 + \sqrt{3.64 \cdot 3.64 - 1 + 2 \cdot 0.78 \cdot 0.03 \cdot (3.64 - 1)}}{1 - 2 \cdot 0.78 \cdot 0.03 \cdot (3.64 - 1)} = 0.24$$

Для построения механической характеристики воспользуемся формулой Клосса. Задавая значения s , получаю необходимые величины ω и M .

По формуле Клосса при $s=0.03$

$$M_{(s)} = \frac{2 \cdot M_{\max} \cdot (1 + a \cdot s_k)}{\frac{s_k}{s} + \frac{s}{s_k} + 2 \cdot a \cdot s_k} \quad (5.7)$$

Скорость вращения при $s=0.03$

$$\omega(s) = \omega_{0n} \cdot (1 - s) = 104.7 \cdot (1 - 0.03) = 101.559 \text{ рад/с} \quad (5.8)$$

Для удобства составим таблицу.

s	0	S_n 0.03	$S_{кр}$ 0.24	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
M	0	97	394.1	387.2	384.48	347.73	307.49	271.79	241.81	216.9	196.2	178.8
$\omega(s)$	104.7	101.6	79.6	83.7	73.3	62.8	52.3	41.2	31.4	20.9	10.47	0

Строим естественные характеристики двигателя, графики представлены на рисунке 5.1

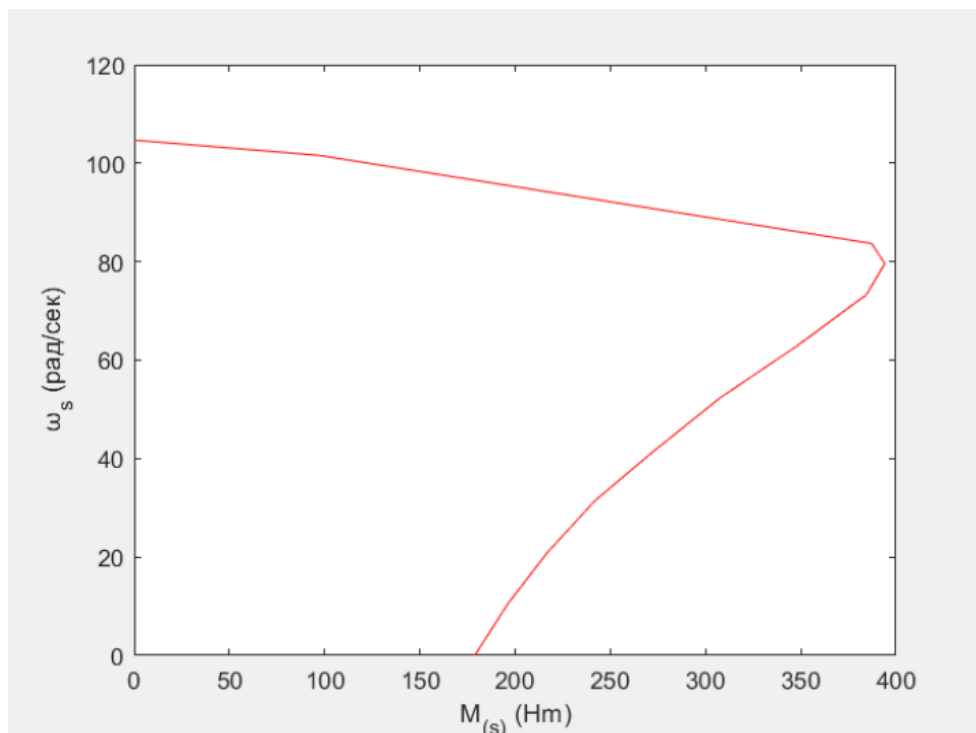


Рисунок 5.1 – Естественная механическая характеристика двигателя

5.2 Расчет параметров схемы замещения электродвигателя

Для расчета механических и электромеханических характеристик, произведем расчет параметров схемы замещения.

Ток холостого хода асинхронного двигателя:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - [p_n \cdot I_{1H} \cdot (1 - S_n) / (1 - p_n \cdot S_n)]^2}{1 - [p_n \cdot (1 - S_n) / (1 - p_n \cdot S_n)]^2}} \quad (5.9)$$

где:

$I_{1H} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{11000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.76 \cdot 0.98} = 22.4 \text{ А}$ - номинальный ток статора двигателя.

$I_{11} = \frac{p_n \cdot P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_p \cdot \eta_p} = \frac{0.7 \cdot 11000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.75 \cdot 0.98} = 15.9 \text{ А}$ - номинальный ток статора двигателя.

$\cos \varphi_p = 0.99 \cdot \cos \varphi_n = 0.99 \cdot 0.76 = 0.75$ - коэффициент мощности при частичной загрузке;

$p_n = \frac{P}{P_n} = 0.7$ о. е - коэффициент загрузки двигателя;

$$I_0 = \sqrt{\frac{15.9^2 - [0.7 \cdot 22.4 \cdot (1 - 0.03) / (1 - 0.7 \cdot 0.03)]^2}{1 - [0.7 \cdot (1 - 0.03) / (1 - 0.7 \cdot 0.03)]^2}} = 15.5 \text{ А}$$

Определяем коэффициент:

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_1 \cdot I_{1H}} = 1 + \frac{15.5}{2 \cdot 6.5 \cdot 22.4} = 1.05; \quad (5.10)$$

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{1H}^2 \cdot (1 - S_n)}{2 \cdot C_1 \mu_k \cdot p_n} = \frac{3 \cdot 380^2 \cdot (1 - 0.03)}{2 \cdot 1.05 \cdot 3.64 \cdot 11000} = 4.99; \quad (5.11)$$

Активное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя:

$$R'_2 = \frac{A_1}{(\beta + 1/S_k) C_1} = \frac{4.99}{(1.3 + 1/0.24) 1.05} = 0.96 \text{ Ом}; \quad (5.12)$$

где $\beta = 0,6 - 2,5$, принимаем $\beta = 1,3$.

Активное сопротивление обмотки статора:

$$R_1 = C_1 \cdot R'_2 \cdot \beta = 1.05 \cdot 0.96 \cdot 1.3 = 1.3 \text{ Ом}; \quad (5.13)$$

Определим параметр γ , который также позволит найти индуктивное сопротивление короткого замыкания $X_{кн}$:

$$\gamma = \sqrt{(1/S_k) - \beta^2} = \sqrt{(1/0.24) - 1.3^2} = 1.57; \quad (5.14)$$

тогда $X_{кн} = \gamma \cdot C_1 \cdot R'_2 = 1.57 \cdot 1.05 \cdot 0.96 = 1.58 \text{ Ом}$

Индуктивное сопротивление роторной обмотки, приведенное к статорной:

$$X'_{2\sigmaн} = 0.58 \cdot \frac{X_{кн}}{C_1} = 0.58 \cdot \frac{1.58}{1.05} = 0.87 \text{ Ом}; \quad (5.15)$$

Индуктивное сопротивление статорной обмотки может быть определено по следующему выражению:

$$X_{1\sigmaн} = 0.42 \cdot X_{кн} = 0.42 \cdot 1.58 = 0.66 \text{ Ом}; \quad (5.16)$$

ЭДС ветви намагничивания E_m , наведенная потоком воздушного зазора в фазы обмотке статора в номинальном режиме:

$$E_m = \sqrt{(U_{1н} \cdot \cos\varphi_{1н} - R_1 \cdot I_{1н})^2 + (U_{1н} \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi_{1н}} + X_{1\sigmaн} \cdot I_{1н})^2}; \quad (5.7)$$

$$E_m = \sqrt{(380 \cdot 0.76 - 1.3 \cdot 22.4)^2 + (380 \cdot \sqrt{1 - 0.76^2} + 0.66 \cdot 22.4)^2} = 395 \text{ В};$$

Тогда индуктивное сопротивление намагничивания:

$$X_{мн} = \frac{E_m}{I_0} = \frac{395}{15.5} = 25.48 \text{ Ом};$$

5.3 Расчет статических характеристик при частотном управлении

При частотном регулировании скорости выбираем следующий закон управления: $U_{1\phi} / f_1 = const$

при следующих значениях частот напряжения обмотки статора:

$$f_{1н} = 50 \text{ Гц}; f_{12} = 40 \text{ Гц}; f_{13} = 30 \text{ Гц}; f_{14} = 5 \text{ Гц}$$

Относительное значение частоты питающей сети:

$$f_{1*} = \frac{f_{1j}}{f_{1н}} = \frac{50}{50} = 1; f_{2*} = \frac{40}{50} = 0.8; f_{3*} = \frac{30}{50} = 0.6; f_{4*} = \frac{5}{50} = 0.1$$

										Лист
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ					

Фазное напряжение обмоток статора асинхронного двигателя:

$$U_{11} = U_{1H} \cdot f_{1*} = 220 \cdot 1 = 220 \text{ В};$$

$$U_{12} = U_{1H} \cdot f_{2*} = 220 \cdot 0.8 = 176 \text{ В};$$

$$U_{13} = U_{1H} \cdot f_{3*} = 220 \cdot 0.6 = 132 \text{ В};$$

$$U_{14} = U_{1H} \cdot f_{4*} = 220 \cdot 0.1 = 22 \text{ В};$$

Синхронная угловая скорость:

$$\omega_{01} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}}{z_p} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{3} = 104.7 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{02} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{12}}{z_p} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 40}{3} = 83.78 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{03} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{13}}{z_p} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 30}{3} = 62.83 \text{ рад/с};$$

$$\omega_{04} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{14}}{z_p} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 5}{3} = 10.5 \text{ рад/с};$$

где z_p – число пар полюсов.

Механическая характеристика асинхронного двигателя при переменных значениях величины и частоты напряжения питания:

$$M = \frac{3 \cdot U_{1j}^2 \cdot R_2'}{\omega_{0j} \cdot (1 - \omega / \omega_{0j}) \left[X_{KH}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{1 - \omega / \omega_{0j}} \right)^2 + \left(\frac{R_1 R_2'}{1 - \omega / \omega_{0j}} \right)^2 \right]}; \quad (5.18)$$

ω , рад/с

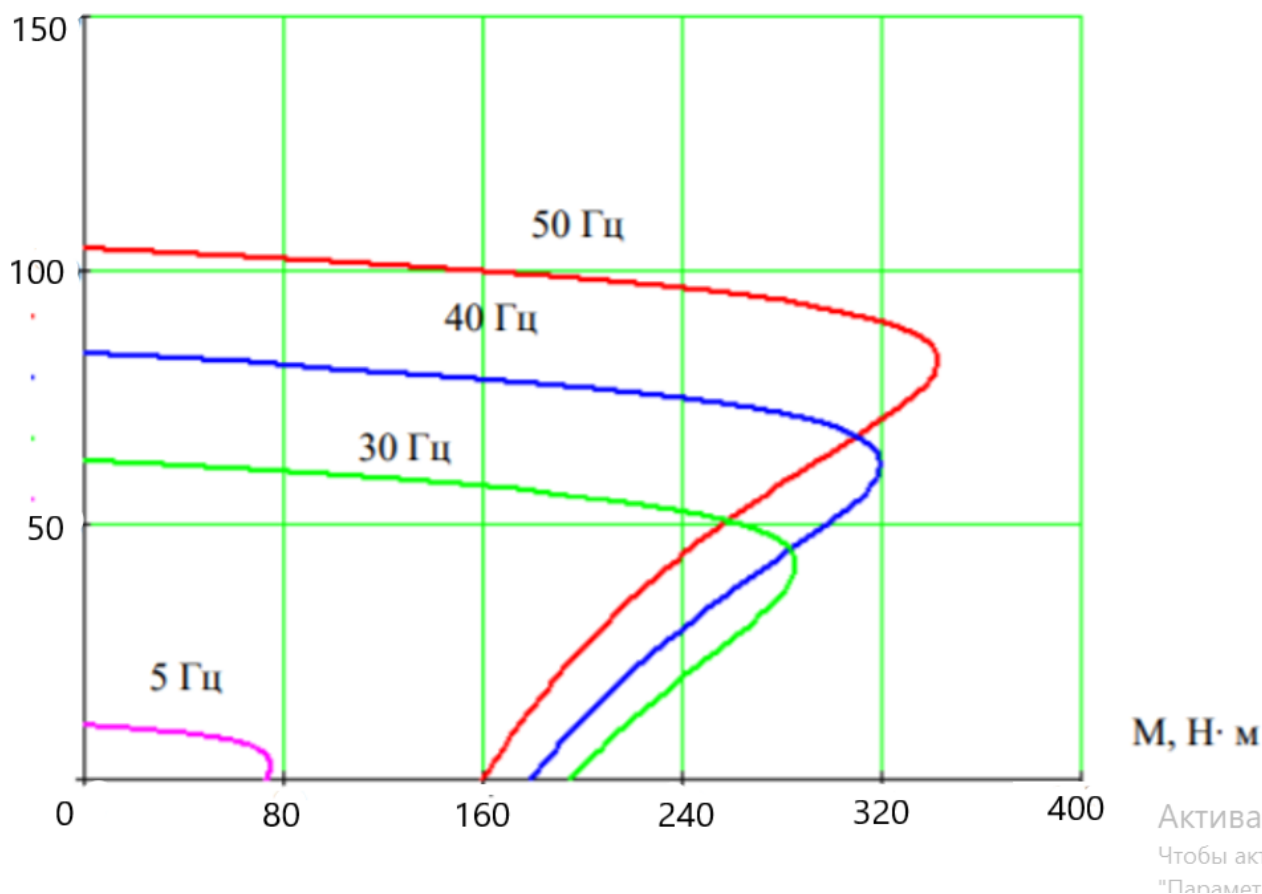


Рисунок 5.2 – Механические характеристики $M = f(\omega)$ при частотном регулировании контура скорости с законом регулирования $U_{1j}/f_{1j} = \text{const}$

Электромеханическая графиков характеристика $I_1 = f(\omega)$ при частотном управлении

$$I_1 = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2' \cdot \sin \varphi_2} \quad (5.20)$$

где

$$\sin \varphi_2 = \frac{X_{\text{кн}} f_{1*}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{(1 - \omega/\omega_{0j})} + X_{\text{кн}}^2 \cdot f_{j*}^2 \right)}} \quad (5.21)$$

$$I_1 = \frac{U_{1j}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma\text{н}} + X_{\text{мн}})^2 \cdot f_{1*}^2}} \quad (5.22)$$

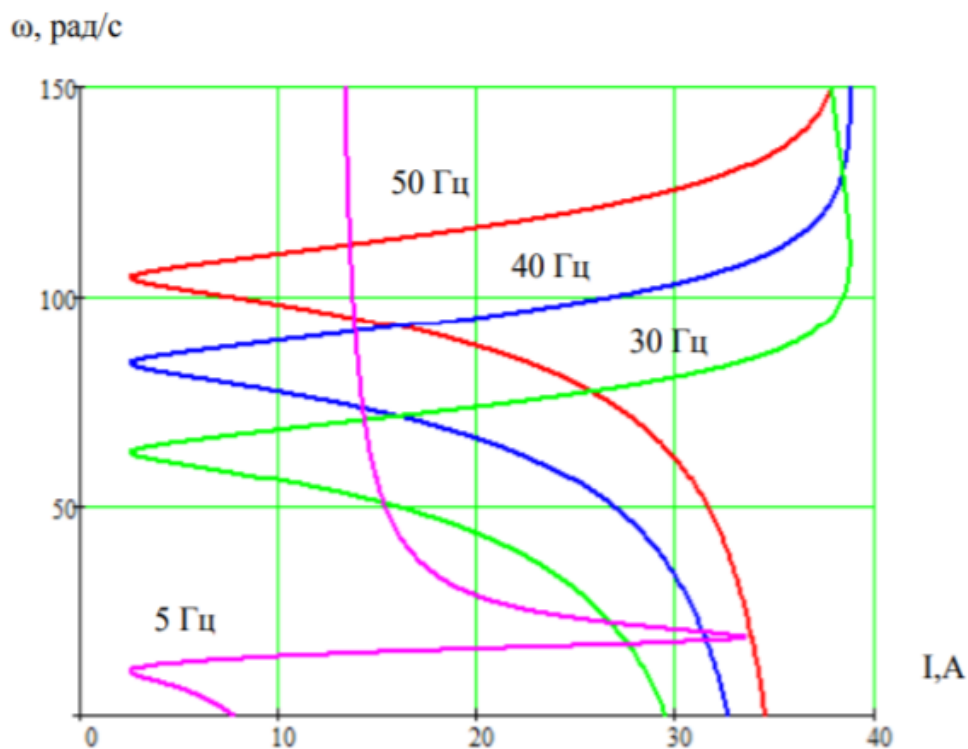


Рисунок 5. – Электромеханические характеристики $I_1=f(\omega)$ при частотном регулировании скорости с законом регулирования $U_{1j}/f_{1j}=\text{const}$

5.4 Расчет параметров схем включения, обеспечивающих пуск и торможение двигателя

Пуск и торможение в системе преобразователь – двигатель

В установившемся режиме нарастания скорости двигателя, когда затухают свободные составляющие переходного процесса,

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega_0}{dt} = \xi_0 = \text{const} \quad (5.23)$$

Величина установившегося значения динамического момента двигателя

$$M_{\text{дин}} = J \cdot \xi_0 \quad (5.24)$$

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 $U_{\text{зад}}$ изменяется по линейному закону. При достижении величины $U_{\text{зад}}$ нарастание напряжения на выходе ЗИ прекращается. Выходное напряжение ЗИ является управляющим напряжением преобразователя, а величина $U_{\text{зад}}$ определяет установившуюся величину скорости ω_0 двигателя.

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

Темп нарастания скорости определяется величиной базовой постоянной времени $T_{зи}$.

$$T_{зи} = \frac{w_{0н}}{\xi_0} = \frac{J \cdot \omega_{0н}}{M_{н}} \cdot \frac{M_{н}}{M_{н}} \quad (5.25)$$

$$T_{д} = \frac{J \cdot \omega_{0н}}{M_{н}} \quad (5.26)$$

где $T_{д}$ - механическая постоянная времени, с;
 $M_{дин}$ - относительное значение динамического момента двигателя
 Механическая постоянная времени
 при движении с грузом:

$$T_{д}^p = \frac{J^p \cdot w_0}{M_{н}} = \frac{0.785 \cdot 104.7}{115.18} = 0.7 \text{ с}$$

при движении без груза:

$$T_{д}^b = \frac{J^b \cdot w_0}{M_{н}} = \frac{0.685 \cdot 104.7}{115.18} = 0.6 \text{ с}$$

Постоянная времени
 при движении с грузом:

$$T_{зи}^p = \frac{T_{д}^p \cdot M_{н}}{M_{дин}^p} = \frac{0.7 \cdot 115.18}{37.5} = 2.15 \text{ с}$$

при движении без груза:

$$T_{зи}^b = \frac{T_{д}^b \cdot M_{н}}{M_{дин}^b} = \frac{0.6 \cdot 115.18}{32.7} = 2.11 \text{ с}$$

В системе ПЧ-АД начальная пусковая характеристика определяется минимальной частотой преобразователя, а величина пускового момента существенно снижена из-за значительного влияния активного сопротивления статорной цепи двигателя.

Выводы по разделу пять

В данном разделе произведен расчет статических характеристик электропривода, рассчитаны параметры схем включения, обеспечивающих пуск и торможение двигателя, рассчитаны параметры схемы замещения электродвигателя, статических характеристик при частотном управлении.

6 СОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И РАСЧЕТ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ

Механическая часть электропривода включает в себя движущиеся массы двигателя, передачи и рабочей машины. Структурные схемы механической части должны учитывать упругие связи и распределение моментов инерции между двигателем и рабочей машиной.

6.1 Структурная схема механической части электропривода

Дифференциальные уравнения, описывающие поведение упругой системы, без учёта диссипативных сил и зазоров в передаче, имеют вид

$$\left\{ \begin{array}{l} M - M_{12} - M_{c1} = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} \\ M_{12} - M_{c2} = J_2 \frac{d\omega_2}{dt} \\ M_{12} = C_{пр}(\varphi_1 - \varphi_2) \end{array} \right. \quad (6.1)$$

Продифференцировав во времени последнее уравнение, переписываю систему дифференциальных уравнений. Оставим в левой части члены уравнений, содержащие производные. Положим также, что

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{c1} = \Delta M = \Delta M_{пвп} + M_x; M_{c2} = M_{pc} \\ J_1 = \delta J_{дв}; J_2 = J_{пр} \\ \delta J_{дв} \frac{d\omega_1}{dt} = M - M_{12} - \Delta M \\ \frac{l}{C_{пр}} \cdot \frac{dM_{12}}{dt} = \omega_1 - \omega_2 \\ J_{пр} \frac{d\omega_2}{dt} = M_{12} - M_{pc} \end{array} \right. \quad (6.2)$$

Принимаю в качестве базовых величин номинальные данные двигателя:

$$\Omega_6 = \omega_{0u}; M_6 - M_H$$

Получаю систему дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta J_{дв} \cdot \frac{\omega_{0u}}{M_H} \cdot \frac{d\bar{\omega}_1}{dt} = \bar{M} - \bar{M}_{12} - \Delta \bar{M} \\ \frac{1}{C_{пр}} \cdot \frac{M_H}{\omega_{0u}} \cdot \frac{d\bar{M}_{12}}{dt} = \bar{\omega}_1 - \bar{\omega}_2 \\ J_{пр} \cdot \frac{\omega_{0u}}{M_H} \cdot \frac{d\bar{\omega}_2}{dt} = \bar{M}_{12} - \bar{M}_{pc} \end{array} \right. \quad (6.3)$$

Структурная схема механической части построена на рисунке 6.1.

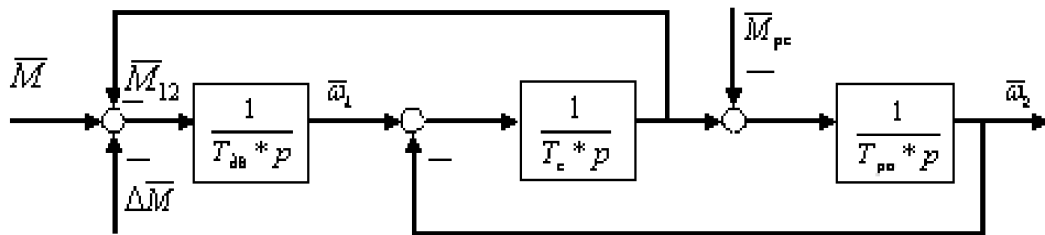


Рисунок 6.1 Структурная схема механической части электропривода

Коэффициенты при производных представляют собой постоянные времени. Постоянная времени двигателя:

$$T_{дв} = \delta \cdot J_{дв} \cdot \frac{\omega_{0и}}{M_H} = 1.5 \cdot 0.23 \cdot \frac{104.7}{115} = 0.3 \text{ с} \quad (6.4)$$

Постоянная времени упругого звена:

$$T_c = \frac{M_H}{C_{пр} \cdot \omega_{0и}} = \frac{115}{2741 \cdot 104.7} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ с} \quad (6.5)$$

Постоянная времени рабочего органа:
при движении с грузом

$$T_{ро}^P = J_{пр}^P \cdot \frac{\omega_{0и}}{M_H} = 0.78 \cdot \frac{104.7}{115} = 0.7 \text{ с} \quad (6.6)$$

при движении без груза

$$T_{ро}^B = J_{пр}^B \cdot \frac{\omega_{0и}}{M_H} = 0.68 \cdot \frac{104.7}{115} = 0.6 \text{ с} \quad (6.7)$$

6.2 Структурная схема асинхронного двигателя

Математическое описание асинхронного двигателя при наличии шести обмоток на статоре и роторе с учетом их взаимного расположения, множеством связей между ними достаточно сложно. В практике электропривода находят применение методы, в которых математическое описание упрощается за счет различных допущений. Представление двигателя в виде эквивалентной двухфазной машины позволяет несколько упростить математическое описание и структурную схему асинхронного двигателя.

Для рассмотрения переходных процессов на рабочем участке механической характеристики возможно применение более простого соотношения между моментом и скоростью двигателя:

$$(T_э \cdot p + 1) \cdot M = \beta \cdot (\omega_0 - \omega) \quad (6.8)$$

где

$$\beta = \frac{M_H}{\omega_{0и} - \omega_H} = \frac{115}{104.7 - 95.5} = 12.5 \quad (6.9)$$

– модуль жесткости линеаризованной механической характеристики, проходящей через номинальную точку;

$T_э = \frac{1}{\omega_{0эл} \cdot S_K}$ – электромагнитная постоянная времени;

S_K – критическое скольжение

Перепишем выражение в относительных единицах:

$$(T_э \cdot p + 1) \cdot \bar{M} = \bar{\beta} \cdot (\bar{\omega}_0 - \bar{\omega}) \quad (6.10)$$

где $\bar{\beta} = \frac{1}{S_H} = \frac{104.7}{104.7 - 95.5} = 11$ – жесткость механической характеристики в относительных единицах.

Передаточная функция электромеханического преобразования в асинхронном двигателе:

$$W(p) = \frac{\bar{M}_{(p)}}{(\bar{\omega}_{0(p)} - \bar{\omega}_{(p)})} = \frac{1/S_H}{T_э \cdot p + 1} \quad (6.11)$$

После преобразований структурная схема асинхронного двигателя для рабочего участка механической характеристики полностью повторяет структурную схему двигателя постоянного тока независимого возбуждения (рисунок 7.2)

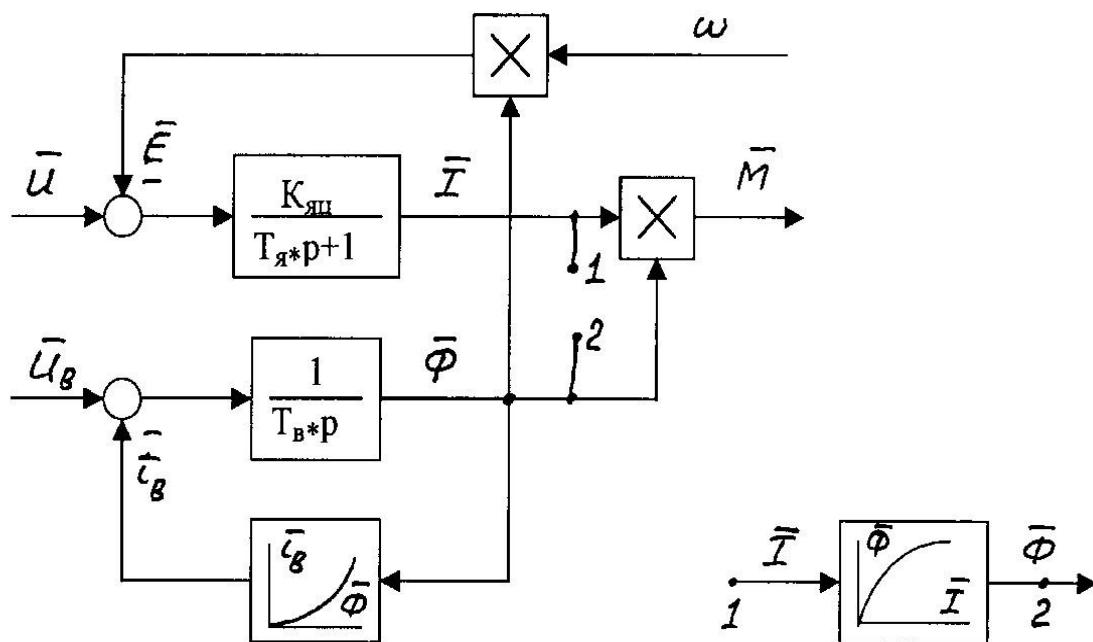


Рисунок 6.2 – Структурная схема асинхронного двигателя

Для асинхронного двигателя:

$$K_{яц} = \frac{1}{s_n} \bar{\omega}_0 = \bar{f}_1 \quad (6.12)$$

Пределы использования полученных соотношении:

$$|M| \leq 0.8 \cdot M_k$$

6.3 Структурная схема преобразователя частоты

При помощи внутренних обратных связей преобразователя частоты обеспечивается поддержание заданного напряжения на выходе при изменении нагрузки и появляется возможность не учитывать падение напряжения внутри него.

Таким образом, преобразователь частоты является безынерционным звеном с коэффициентом усиления $K_{тп}$ (в о.е. $K_{тп} = 1$), выходное напряжение и частота которого формируется на его входе с помощью датчика интенсивности (рисунок 7.3). Наиболее часто применяются интегральные и пропорционально-интегральные датчики интенсивности.

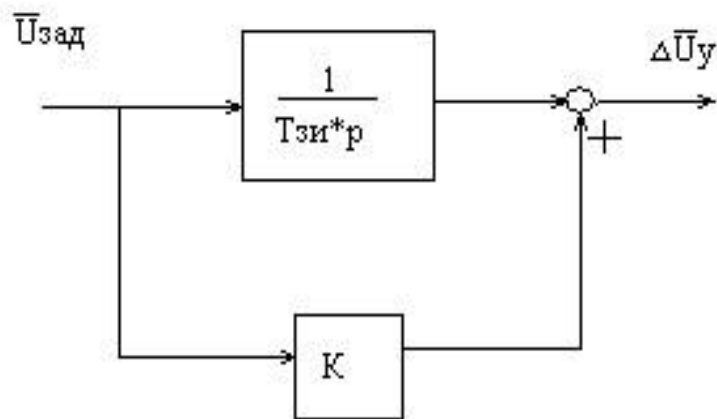


Рисунок 6.3 – Структурная схема датчика интенсивности

Параметры структурной схемы:
пропорциональный канал

$$K = \frac{\Delta\omega_0}{\omega_{0н}} = \Delta\bar{\omega}_0 \quad (6.13)$$

$$\Delta U_y = K \cdot \bar{U}_{зад} \quad (6.14)$$

интегральный канал

$$\Delta U_y = U_{зад} \cdot \frac{t}{T_{зи}} \quad (6.15)$$

Выводы по разделу шесть

В данном разделе была составлена структурная схемы электропривода, структурная схема преобразователя частоты и произведен расчет параметров.

7 РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Переходные процессы электропривода возникают при изменении управляющих и возмущающих воздействий.

Расчёт переходных режимов необходим для:

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

Нагрузочные диаграммы, построенные для переходных и установившихся режимов работы электропривода, дают возможность проверить выбранный двигатель по условиям заданной производительности, по нагреву, кратковременной перегрузке и условиям пуска. Они используются также для проверки по нагреву пусковых и тормозных резисторов, для проверки по допускаемым нагрузкам – тиристорных преобразователей.

7.1 Переходные процессы в двигателе

Переходный процесс в механической части электропривода с идеально жесткими связями.

Расчёт нагрузочных диаграмм при пуске, торможении:

$$M = M_c + J \frac{d\omega}{dt} \quad (7.1)$$

(при постоянном моменте инерции J) и уравнения механической характеристики двигателя

$$M = \beta[\omega_0 \cdot (t) - \omega] \quad (7.2)$$

При питании от тиристорных преобразователей, когда переходные процессы формируются задатчиком интенсивности

$$\omega_0(t) = \omega_{0нач} + \xi_0 t \quad (7.3)$$

где $\omega_{0нач}$ – скорость холостого хода в начале переходного процесса при $t = 0$.

$$M_{(t)} = M_c + J\xi_0 + (M_{нач} + M_c + J\xi_0) e^{-\frac{t}{T}} \quad (7.4)$$

$$\omega_{(t)} = \omega_{снач} + \xi_0(t - T_m)(\omega_{нач} - \omega_{снач} + \xi_0 T_m) e^{-\frac{t}{T}} \quad (7.5)$$

Жесткость механической характеристики электропривода

$$\beta = \frac{(k\Phi)^2}{R} = \frac{(1.53)^2}{1.63} = 1.4 \left(\frac{B^2 c^2}{Om} \right) \quad (7.6)$$

Движение без груза:

Электромеханическая постоянная времени электропривода

$$T_M = \frac{J}{\beta} = \frac{37.8}{1.4} = 27.07 \text{ c} \quad (7.7)$$

$$\omega_{\text{снач}} = \omega_{0\text{нач}} - \frac{M_c}{\beta} \quad (7.8)$$

$$\omega_{\text{нач}} = \omega_{0\text{нач}} - \frac{M_{\text{нач}}}{\beta} \quad (7.9)$$

Переходный процесс $\omega(t)$ представлен на рисунке 7.1

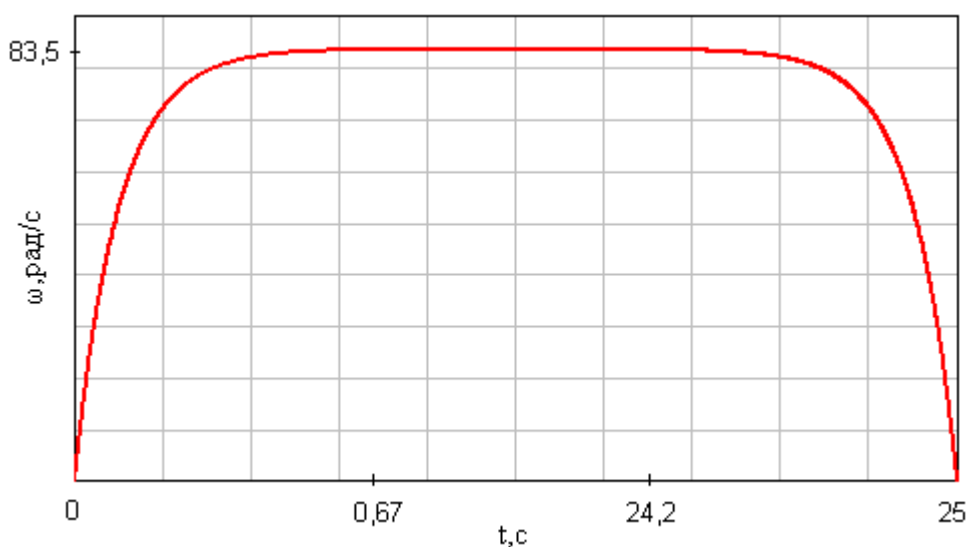


Рисунок 7.1 - Переходный процесс $\omega(t)$

Движение с грузом.

$$T_M = \frac{J}{\beta} = \frac{42.3}{1.4} = 30.24 \text{ c}$$

$$\omega_{\text{снач}} = \omega_{0\text{нач}} - \frac{M_c}{\beta}$$

$$\omega_{\text{нач}} = \omega_{0\text{нач}} - \frac{M_{\text{нач}}}{\beta}$$

Переходный процесс $\omega(t)$ представлен на рисунке 7.2

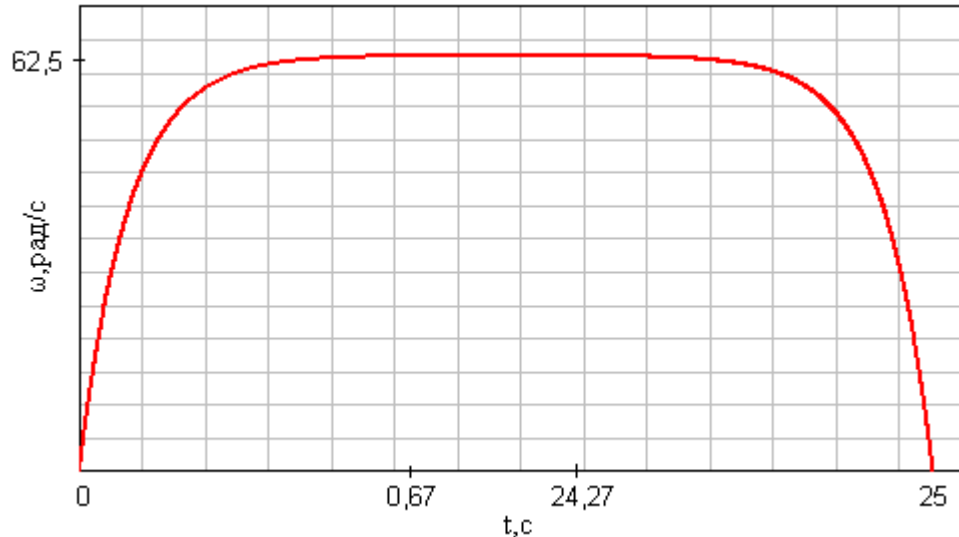


Рисунок 7.2 - Переходный процесс $\omega(t)$

7.2 Переходный процесс в механической части электропривода с упругими связями

Учёт упругих связей в механической части электропривода приводит к разделению вращающихся инерционных масс двигателя и рабочей машины включением между ними упругого элемента. В результате переходный процесс упругой системы описывается системой дифференциальных уравнений третьего порядка и уравнением механической характеристики двигателя. Если принять момент двигателя $M = \text{const}$ и статический момент $M_{pc} = \text{const}$, а также не учитывать коэффициент затухания системы от действия диссипативных сил, уравнения нагрузочных диаграмм при нулевых начальных условиях примут вид:

$$\omega_2(t) = \xi_{сt} + \frac{\xi_{с}}{\Omega_{12}} \sin(\Omega_{12}t) \quad (7.10)$$

$$M_{12}(t) = J_{np}\xi_{сp}(1 - \cos[\Omega_{12}t]) + M_{pc} \quad (7.11)$$

В этих формулах:

$$\xi_{сp} = \frac{M - \Delta M - M_{pc}}{\delta J_{дв} + J_{np}} \quad (7.12)$$

$$\Omega_{12} = \sqrt{\frac{C_{12}(\delta J_{дв} + J_{np})}{\delta J_{дв} J_{np}}} \quad (7.13)$$

Движение без груза.

$$\xi_{сp} = \frac{M - \Delta M - M_{pc}}{\delta J_{дв} + J_{np}} = \frac{M - \Delta M - 38.6}{0.5 \cdot 0.23 + 0.664} = 103.02$$

$$\Omega_{12} = \sqrt{\frac{C_{12}(\delta J_{дв} + J_{пр})}{\delta J_{дв} J_{пр}}} = \sqrt{\frac{242.6(0.5 \cdot 0.23 + 0.664)}{0.5 \cdot 0.23 \cdot 0.664}} = 0.278$$

За счёт колебаний упругого момента М12 максимальная нагрузка передач увеличивается и может существенно превысить среднюю нагрузку, соответствующую жесткому приведенному звену:

$$M_{12c2} = J_{пр} \xi_{ср} + M_{рс} = 25.9 \cdot 103.2 + 38.6 = 2713,4 \text{ Нм}$$

Это превышение нагрузки оценивается динамическим коэффициентом:

$$k_d = \frac{2J_{пр} \xi_{ср} + M_{ср}}{J_{пр} \xi_{ср} + M_{ср}} = \frac{2 \cdot 25.9 \cdot 103.2 + M_{ср}}{25.9 \cdot 103.2 + M_{ср}} = 1,479 \quad (7.14)$$

Динамический коэффициент Кд является важной характеристикой условий работы механического оборудования и одним из основных показателей динамических качеств системы электропривода.

Движение с грузом.

$$\xi_{ср} = \frac{M - \Delta M - M_{рс}}{\delta J_{дв} + J_{пр}} = \frac{M - \Delta M - 38.6}{0.5 \cdot 0.23 + 0.774} = 39.907$$

$$\Omega_{12} = \sqrt{\frac{C_{12}(\delta J_{дв} + J_{пр})}{\delta J_{дв} J_{пр}}} = \sqrt{\frac{242.6(0.5 \cdot 0.23 + 0.774)}{0.5 \cdot 0.23 \cdot 0.774}} = 0.257$$

$$M_{12c2} = J_{пр} \xi_{ср} + M_{рс} = 32.8 \cdot 39.9 + 57.9 = 1368,7 \text{ Нм}$$

$$k_d = \frac{2J_{пр} \xi_{ср} + M_{ср}}{J_{пр} \xi_{ср} + M_{ср}} = \frac{2 \cdot 32.8 \cdot 39.9 + 57.9}{32.8 \cdot 39.9 + 57.9} = 1,356$$

7.3 Электромеханический переходный процесс

Учёт индуктивностей обмоток двигателя вызывает появление дополнительной (по отношению к механическому переходному процессу) электромагнитной инерционности в системе электропривода, заставляет анализировать изменение электромагнитной энергии в переходных процессах.

Электромеханический переходный процесс описывается (для жесткой механической системы) системой дифференциальных уравнений второго порядка. Нагрузочные диаграммы этого процесса могут быть рассчитаны по аналитическим выражениям [10,11] или интегрированием этих дифференциальных уравнений с помощью ЭВМ.

При питании двигателя от цеховой сети, когда в переходных процессах в силовую цепь включаются добавочные резисторы, влияние электромагнитной

инерции снижается. Необходимость учёта $T_э$ возникает при расчёте переходных процессов, когда добавочные резисторы отсутствуют и двигатель работает на естественной характеристике.

Влияние электромагнитной инерции существенно проявляется при отношении $(T_M / T_э) < 2$ [1],

где $T_M = J / \beta$ – электромеханическая постоянная времени электропривода,

$T_э = L\Sigma / R\Sigma$ – электромагнитная постоянная времени силовой цепи.

Уравнения нагрузочных диаграмм в общем виде для $T_M / T_э < 4$ имеют вид

$$\omega(t) = \omega_c + e^{-at} \left[(\omega_{нач} - \omega_c) \cos(\Omega_p t) + \frac{(M_{нач} - M_c) + J\alpha(\omega_{нач} - \omega_c)}{J\Omega_p} \sin(\Omega_p t) \right] \quad (7.15)$$

$$M(t) = M_c + e^{-at} \left[(M_{нач} - M_c) \cos(\Omega_p t) + \frac{\beta(\omega_{нач} - \omega_c) + (M_{нач}(1 - \alpha T_э) - \alpha T_э M_c)}{T_э \Omega_p} \sin(\Omega_p t) \right] \quad (7.16)$$

где

$$\alpha = \frac{1}{2T_э}$$

$$\Omega_p = \sqrt{\frac{1}{T_э T_M} - \frac{1}{(2T_M)^2}}$$

С помощью приведенных уравнений можно рассчитать переходные процессы пуска, особенно переход на естественную характеристику, а также торможение.

Движение с грузом

$$\alpha = \frac{1}{2T_э} = \frac{1}{2 \cdot 11.35} = 0,044$$

$$\Omega_p = \sqrt{\frac{1}{T_э T_M} - \frac{1}{(2T_M)^2}} = \sqrt{\frac{1}{11.35 \cdot 30.24} - \frac{1}{(2 \cdot 30.24)^2}} = 0,036$$

Движение без груза

$$\alpha = \frac{1}{2T_э} = \frac{1}{2 \cdot 11.35} = 0,044$$

$$\Omega_B = \sqrt{\frac{1}{T_э T_M} - \frac{1}{(2T_M)^2}} = \sqrt{\frac{1}{11.35 \cdot 27.07} - \frac{1}{(2 \cdot 27.07)^2}} = 0,036$$

Нагрузочная диаграмма электропривода характеризует зависимость вращающегося момента тока или мощности, развиваемой двигателем от времени.

Построение нагрузочных диаграмм электропривода обязательно для окончательного определения мощности двигателя, т.к. только с помощью диаграммы можно выявить действительные условия его работы.

Выводы по разделу семь

В данном разделе рассчитаны: переходный процесс в механической части электропривода с идеально жесткими связями, переходный процесс в механической части электропривода с упругими связями. Электромеханический переходный процесс.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

8 ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ЗАДАННУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ПО НАГРЕВУ И ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

8.1 Расчёт энергетических показателей электропривода

Энергетические показатели электропривода характеризуют экономичность преобразования энергии системой электропривода (коэффициент полезного действия) и экономичность потребления энергии от сети (коэффициент мощности).

Для расчёта энергетических показателей в данной работе использованы результаты расчёта переходных процессов на ЭВМ, вычисляются значения механической A , активной P и реактивной Q энергий.

Энергия за время цикла складывается из суммы энергий за время переходных процессов (2 пуска и 2 торможения) и за время работы в установившихся режимах.

Механическая энергия за цикл:

$$A_{\text{ц}} = \sum_{k=1}^4 A_k + \sum_{m=1}^2 A_{\text{уст.т}} \quad (8.1)$$

Активная энергия из сети за цикл:

$$P_{\text{ц}} = \sum_{k=1}^4 P_k + \sum_{m=1}^2 P_{\text{уст.т}} \quad (8.2)$$

Реактивная энергия за цикл:

$$Q_{\text{ц}} = \sum_{k=1}^4 Q_k + \sum_{m=1}^2 Q_{\text{уст.т}} \quad (8.3)$$

Цикловые значения КПД и $\cos\phi$ определяются по формулам:

$$\eta_{\text{ц}} = \frac{A_{\text{ц}}}{P_{\text{ц}}} \quad (8.4)$$

$$(\cos\phi)_{\text{ц}} = \frac{P_{\text{ц}}}{\sqrt{P_{\text{ц}}^2 + Q_{\text{ц}}^2}} \quad (8.5)$$

Результаты расчётов занесены в таблицу 5.1

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Таблица 8.1 – Показатели переходных и установившихся режимов

Показатели	Единица измерения	С грузом	Без груза	Сумма
A	Дж	33174	19386	52560
P	Дж	41238	24346	65584
Q	Дж	124390	79150	203540
L	Рад (м)	1452	1169	2621
I _{кв1.t}	A ² с	406	226	632
I _{кв2.t}	A ² с	302	188	490
t _{шт}	с	16.7	13.2	29.9
ncp .вз	%	63	68	131
Сosφcp.вз	-	0.25	0.3	0.55

Проверка на заданную производительность состоит в сравнении рассчитанного времени работы электропривода с заданным временем.

Проверку выбранного двигателя по нагреву выполняем методом эквивалентного тока:

$$I_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \Delta t_i}} \leq I_{\text{доп}} \quad (8.6)$$

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.

Ухудшение условий охлаждения двигателя в переходных режимах учитывают коэффициентом ухудшения теплоотдачи, который в зависимости от скорости принимает значения:

$$\beta_i = \beta_0 = 0.5 \quad \text{при} \quad 0 \leq \omega \leq 0.2 \cdot \omega_H$$

$$\beta = \frac{1+\beta_0}{2} = \frac{1+0.5}{2} = 0.75 \quad \text{при} \quad 0.2 \cdot \omega_H \leq \omega \leq 0.8 \cdot \omega_H$$

$$\beta_i = 1 \quad \text{при} \quad \omega \leq 0.8 \cdot \omega_H$$

где $\beta_0=0,5$ для двигателей, закрытых с самовентиляцией.

Тогда эквивалентный ток:

$$I_{\text{э}} = \sqrt{\frac{1777}{82.05}} = 4.6 \text{ А}$$

При проверке двигателя по нагреву эквивалентный ток $I_{\text{э}}$ сравниваю с допустимым током $I_{\text{доп}}$ при тех же условиях работы (при той же относительной продолжительности включения).

Рассчитываю относительную продолжительность включения:

$$\text{ПВ}_{\phi} = \frac{1}{t_{\text{ц}}} \cdot \sum_{k=1}^m t_k \quad (8.7)$$

В соответствии с формулой:

$$\text{ПВ}_{\phi} = \frac{1}{52} (2 + 12.5 + 0.5 + 0.5 + 1.6 + 6.9 + 0.9 + 0.6) = 49 \%$$

Допустимый ток рассчитывается через представленное в каталоге значение допускаемого тока $I_{\text{кат}}$ для каталожной ПВк, ближайшей к фактической ПВф, полученной по результатам расчёта нагрузочных диаграмм:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{кат}} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{кат}}}{\text{ПВ}_{\phi}}} = 29 \cdot \sqrt{\frac{40}{49}} = 25.8 \text{ А} \quad (8.8)$$

Приведенным уравнением можно пользоваться для двигателей кранов металлургической серии.

При проверке двигателя по нагреву превышение эквивалентного тока над допустимым является неприемлемым.

Так как

$$I_{\text{э}} \leq I_{\text{доп}}$$

Выбранный двигатель проходит по условиям нагрева.

Проверка двигателя на кратковременную перегрузку заключается в сравнении наибольшего значения момента двигателя с максимально допустимым значением момента выбранного двигателя:

$$M \leq M_{\text{max}} = M_{\text{к}}$$

$$M_{\text{к}} = 395 \text{ Нм}$$

$$M = 65.8 \text{ Нм}$$

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Таким образом, выбранный двигатель проходит по условиям нагрева $I_{\text{э}} < I_{\text{доп}}$ ($4.6 < 25$), производительности трасч $t_{\text{тр}} < t_{\text{з}}$ ($29.9 < 35$ с) и проходит по перегрузочной способности $M < M_{\text{к}}$ ($65.8 < 395$ Нм)

Проверка на перегрузку преобразователя

$$I_{\text{макс.дв}} < I_{\text{макс.доп}}$$

$$I_{\text{макс.дв}} = K_{\text{п}} \cdot I_{\text{пч}} = 0.9 \cdot 22 = 19.8 \text{ А}$$

$$I_{\text{макс.дв}} = 16.45 \text{ А}$$

Преобразователь проходит по перегрузке ($16.45 \text{ А} < 19.8 \text{ А}$).

Выводы по разделу восемь

В данном разделе проведена проверка электропривода на заданную производительность, по нагреву и перегрузочной способности двигателя и преобразователя. Выбранный двигатель проходит по условиям нагрева $I_{\text{э}} < I_{\text{доп}}$ ($4.6 < 25.8 \text{ А}$), производительности трасч $t_{\text{тр}} < t_{\text{з}}$ ($29.9 < 35$ с) и проходит по перегрузочной способности $M < M_{\text{к}}$ ($65.8 < 395$ Нм), преобразователь проходит по перегрузке ($16.45 \text{ А} < 19.8 \text{ А}$)

									Лист
									70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ВКР рассмотрена модернизация силового привода грузопассажирского лифта, путем введения в схему управления ПЧ.

Критерием выбора темы выпускной квалификационной работы, послужило то, что снижение энергоёмкости лифта можно достичь путем применения частотных преобразователей в схеме управления приводом существующих лифтов.

В данной ВКР были решены следующие поставленные задачи: проведен анализ технологического процесса грузового лифта, рассчитаны моменты статических сопротивлений и определена мощность электродвигателя, обоснован выбор рода тока и типа электропривода, выбран электродвигатель и определено передаточное число редуктора, рассчитаны приведенные статические моменты, моменты инерции и коэффициент жесткости системы электропривод – грузовой лифт, предварительно проверен двигатель по нагреву и производительности, выбран преобразователь, составлена структурная схема электропривода и рассчитаны ее параметры, рассчитаны статические характеристики электропривода, построены естественные характеристики асинхронного двигателя, рассчитаны параметры схем включения, обеспечивающих пуск и торможение двигателя, рассчитаны энергетические показатели электропривода, была исследована виртуальная модель разработанного электропривода в программе Matlab.

В результате проектирования был разработан автоматизированный электропривод грузового лифта, обеспечивающий заданную скорость и ускорение подъема и опускания при повторно - кратковременном режиме работы. Данная система удовлетворяет всем поставленным требованиям технологического процесса.

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Архангельский Г.Г., Вайнсон А. А., Ионов А. А. Эксплуатация и расчёт лифтовых установок. – М.: МИСИ, 2000. - 150 с.
- 2 Белов, Н.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / Н.П. Белов. – М.: Энергоиздат, 2004. – 54 с.
- 3 Занурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. – 8-е изд., перераб.и доп. Под ред. И.Н. Жестоковой. – М.: Машиностроение, 2001.- 177с.
- 4 Баранов А.П. Подъёники: Учеб. пособие/А.П. Баранов, В.А. Голутвин. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. - 150 с.
- 5 Волков Д.П., Ионов А.А., Чутчиков П.И. Атлас конструкций лифтов. – М.: Машиностроение, 2004. – 60 с.
- 6 Волков Д.П. Лифы. – М.: Издательство АСВ, 1999. – 480 с.
- 7 Дружинин Н.С., Цылбов П.П.: «Выполнение чертжей по ЕСКД»: Изд. 2-е. – М.: 1975 г.–160 с.
- 8 Крагельский И. В., Михин Н. М. Узы трения машн. – М.: Машиностроение, 1984. – 230 с.
- 9 Лобов Н.А. Пассажирские лифы. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999 – 230 с.
- 10 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1990 г.– 160 с.
- 11 Москаленко В.В. Электрический привод. – М.: Высшая школа, 2005 г.– 180 с.
- 12 Обухов А. И. «Монаж лифтов и канатных дорг. – М.: Стройиздат, 2003 г.
- 13 Овчинников И. Е., Лебедев Н. И. Бесконтктные двигатели постоянного тока. – М.: Наука, 1979. - 270с.: ил.
- 14 Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. – М.: Госгортехнадзор, 1992.
- 15 Полковников В.С., Лобов Н.А., Грузинов Е.В. Монтаж и эксплуатация лифов. Пятое издаие. – М.: Высая школа, 2007. – 215с.
- 16 Чутчиков П.И. Ремнт лифтов. – М.: Стройиздат, 1983. – 325 с.
- 17 Цейтлин Л.С. Элетропривд, электрооборудование и основы управления. – М.: Высая школа.2007.– 185с.
- 18 Яновски Л. Проектирование механического оборудования лифов. Третье издаие. – М.: Издательство АСВ, 2005 г.
- 19 СТО ЮУрГУ 04-2013 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочная, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд – во ЮУрГУ, 2013. – 56 с

					13.03.02.2021.093.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72