

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Частотно–регулируемый электропривод вагоноопрокидывателя

УДК62-83-523:621.869.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А2	Кулимбаев Айбек Кунзахович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпушкин С.В.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Умурзакова А. Д.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова А.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем</i> .
Р 2	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты</i> .
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электропривод и автоматика

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

_____ А.С. Ивашутенко

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4А1	Кулимбаеву Айбеку Кунзаховичу

Тема работы:

Частотно–регулируемый электропривод вагоноопрокидывателя

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3483/с от 06.05.2019г
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2019г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Вагоноопрокидыватель роторный стационарный. Режим работы – повторно-кратковременный. Характер нагрузки на валу механизма – реактивный. Электропривод – реверсивный, диапазон регулирования 1:10. Статическая погрешность поддержания скорости вращения не более 10%.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение; описание технологического процесса; обоснование и выбор системы электропривода; выбор элементов и расчет параметров силового канала регулируемого электропривода; расчет статических и динамических характеристик; безопасность и экологичность проекта; экономическая часть; заключение.
Перечень графического материала	- схема кинематическая; - схема электрическая принципиальная; - схема электрическая функциональная; - схема электрическая структурная; - демонстрационный лист; - технико-экономические показатели;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
Социальная ответственность	Сотникова Анна Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.04.2019г..
---	---------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпушкин С.В.	к.т.н.		
Ст. преподаватель	Умурзакова А. Д.	к.т.н.		05.04.2019г..

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А1	Кулимбаев Айбек Кунзахович		05.04.2019г..

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.05.2019	Основная часть	60
15.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
17.05.2019	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпушкин С.В.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Умурзакова А. Д.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 32 рис., 21 табл., 18 источников,

Ключевые слова: Вагоноопрокидыватель, двухдвигательный частотно-регулируемый электропривод, скалярная IR-компенсация,

Объектом исследования является (ются) Частотно-регулируемый электропривод переменного тока

Цель работы – Обеспечить плавность протекания переходных процессов, ограничить броски тока и момента в системе, снизить энергопотребление

В процессе исследования проводились расчеты и выбор приводных двигателей, преобразователей частоты, а также необходимых параметров системы управления

В результате исследования был выбран и обоснован необходимый закон управления, получены частотные характеристики двигателей, определены необходимые параметры. В результате имитационного моделирования были проанализированы показатели системы в основных режимах работы

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: стационарные роторные и башенные боковые, по грузоподъемности полувагона, по количеству одновременно разгружаемых полувагонов

Область применения: металлургия, промышленное и сельскохозяйственное производство, карьеры, шахты

Экономическая эффективность/значимость работы в разделе экономики произведен расчет затрат на проведение научно-исследовательских работ и внедрение проекта по замене системы электропривода вагоноопрокидывателя

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РАБОТЫ КОМПЛЕКСА ВАГОНООПРОКИДОВАТЕЛЯ.	11
1.1. РАЗМЕЩЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОМПЛЕКСА.....	11
1.2. УСТРОЙСТВО И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ	13
1.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РАБОТЫ КОМПЛЕКСА.....	18
2. ПРОЕКТНО-РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	21
2.1 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ	21
2.1.2 СПРАВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.....	26
2.1.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ	26
2.2 ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	39
2.3 ВЫБОР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ	40
2.3.1 ПАРАМЕТРЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ	41
2.4 СИСТЕМА «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ».....	42
2.5 ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	43
2.6 ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ» С IR-КОМПЕНСАЦИЕЙ	50
3. ИМИТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	55
3.1 ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРЯМОГО ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ МТКН 411-6.....	55
3.2 ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ СО СКАЛЯРНОЙ IR-КОМПЕНСАЦИЕЙ.....	57
3.3 ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ С ЧАСТОТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И СКАЛЯРНОЙ IR-КОМПЕНСАЦИЕЙ	61
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	65
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	66
4.1 SWOT-АНАЛИЗ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ.....	66
4.2 ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА.....	70
4.2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ РАБОТ В РАМКАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	70
4.2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ.....	71
4.2.3. РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА.....	72

4.3 СОСТАВЛЕНИЕ СМЕТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА.....	74
4.3.1 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ	74
4.3.2 ПОЛНАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ВКР	75
4.3.3 ОТЧИСЛЕНИЯ ВО ВНЕБЮДЖЕТНЫЕ ФОНДЫ (СТРАХОВЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ)	76
4.3.4. НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ	77
4.3.5. ФОРМИРОВАНИЕ СМЕТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА.....	77
4.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА	78
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	81
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	82
5.1 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	82
5.2 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	84
5.2.1. АНАЛИЗ ВЫЯВЛЕННЫХ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ.....	85
5.2.2 АНАЛИЗ ВЫЯВЛЕННЫХ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ.....	87
5.2.3 ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ	89
5.3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	90
5.4 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	98

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день наиболее эффективным механизмом для разгрузки сыпучих материалов из железнодорожного транспорта является комплекс вагоноопрокидывателя. В таких механизмах применяется двухдвигательный электропривод с разомкнутой по скорости параметрической системой управления с асинхронными электродвигателями с фазным ротором (АДФР), обеспечивающий равномерную загрузку двигателей в статических режимах. Основными недостатками существующей системы электропривода являются не обеспечение требуемых динамических и статических показателей, повышенное энергопотребление. При опрокидывании вагонов с использованием данной системы происходит образование в механических элементах значительных динамических нагрузок. В настоящее время существует тенденция применения электродвигателей с короткозамкнутым ротором (АДКЗ), которые обладают простой и надежной конструкцией.

В связи с появлением современной преобразовательной техники, становится актуальным построение системы электропривода переменного тока с АДКЗ для механизма кантования, учитывающей особенности его работы.

Для исследования двухдвигательного электропривода используется математическая модель системы электропривода механизма кантования вагоноопрокидывателя.

Исследования в области энергосберегающих систем электропривода механизма кантования вагоноопрокидывателя являются актуальной задачей, так как совершенствование систем электропривода приводит к повышению энергоэффективности и увеличению надежности работы механизмов.

Целью работы является снижение электрических нагрузок на электродвигатели и динамических нагрузок на механическую часть вагоноопрокидывателя и полувагон и повышение за этот счет срока эксплуатации при интенсивных повторно-кратковременных режимах работы с помощью высоконадежной двухдвигательной системы электропривода с улучшенной энергоэффективностью.

Значимость:

- разработанный электропривод позволит снизить потери в системе электропривода, а также повреждаемость механизма и подвижного состава (полувагонов и вагонов), что позволит увеличить срок эксплуатации как асинхронных электродвигателей, так и конструкции вагоноопрокидывателя;

- система скалярного двухдвигательного частотного электропривода приведет к снижению износа механической части вагоноопрокидывателя, продлению срока эксплуатации двигателей за счет исключения тяжелых пусковых режимов и применения простых в обслуживании недорогих и надежных АДКЗ;

- разработанная система электропривода позволит в среднем на 20% снизить энергопотребление и уровень реактивной мощности во всех режимах работы за счет применения частотных преобразователей с рекуперацией энергии в сеть и исключения роторных сопротивлений.

1. Технологический процесс работы комплекса вагоноопрокидывателя.

1.1.Размещение технологических механизмов и электрического оборудования комплекса

Помещение станции управления (ПСУ) на рис.1 представляет собой трехэтажное здание, на первых двух этажах которого расположено электрооборудование первого и второго вагоноопрокидывателей, на третьем - непосредственно рабочее место оператора, включающее в себя пульт управления вагоноопрокидывателем и толкателем, а также интерфейс, который отображает все основные контролируемые параметры ЭП.

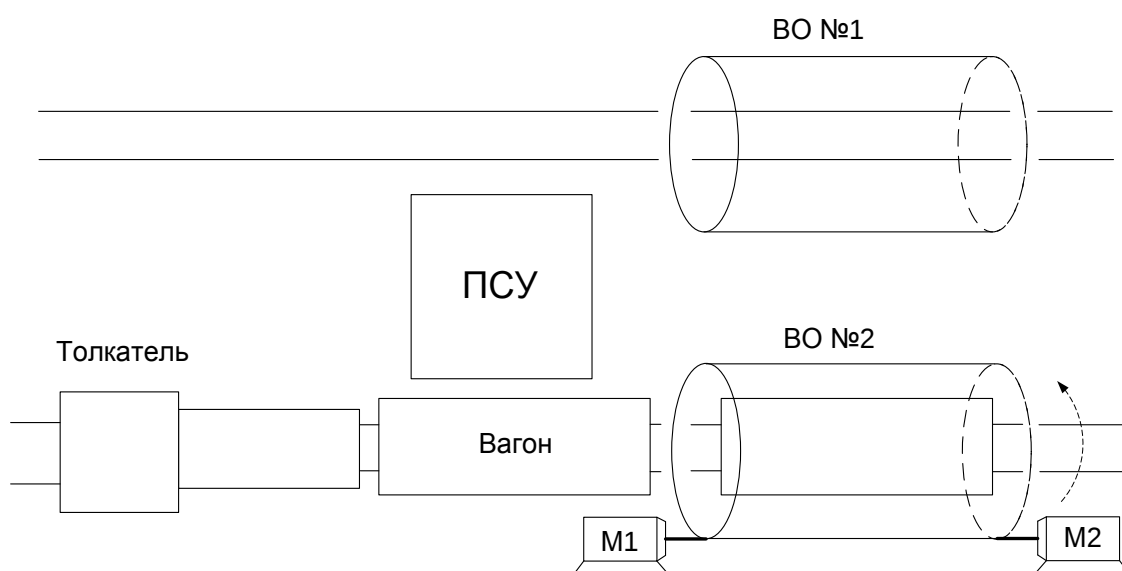


Рисунок 1 - Расположение технологических механизмов

Вагоноопрокидыватель предназначен для разгрузки полувагонов с различными технологическими материалами, поступающими на дробильно-сортировочную фабрику аглоизвесткового производства рисунок 1. ВО состоит из ротора, установленного на катковые опоры по которым происходит его вращение с помощью двух асинхронных электродвигателей краново-металлургической серии с короткозамкнутым ротором, работающих через силовые редукторы на общий тихоходный вал на рис.2. Тихоходный вал посредством промежуточных шестерен передает усилие на зубчатые венцы ротора.

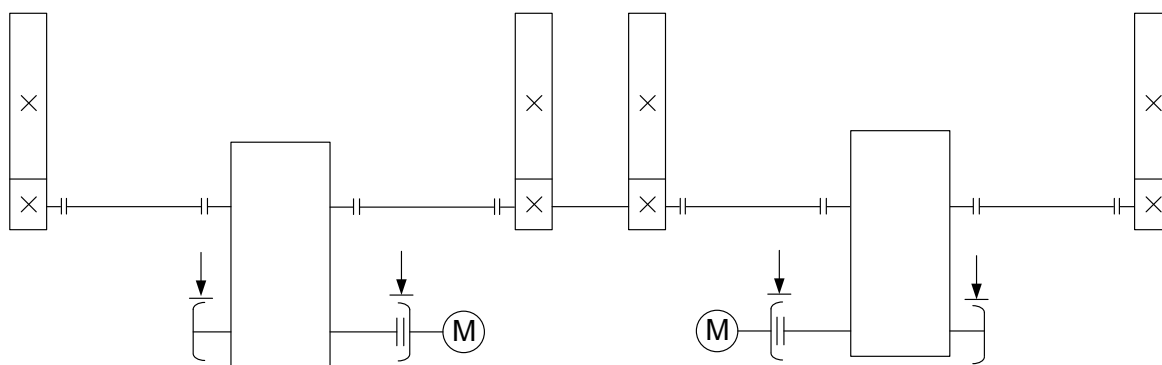


Рисунок 2 - Кинематическая схема вагоноопрокидывателя

Привод вращения ВО оборудован двумя тормозами с гидравлическими толкателями с асинхронными двигателями. На каждом тормозе установлено по два толкателя. На верхних балках ротора установлены два вибратора направленного действия с асинхронными электродвигателями, предназначенные для встряхивания вагонов с целью их очистки от налипших на стенки материалов.

Под вагоноопрокидывателем находится бункер, который направляет материал на пластинчатые питатели, расположенные на глубине 8-9 метров, с которых он попадает на конвейер и уходит в дробильно-сортировочную фабрику для дальнейшей обработки.

1.2. Устройство и характеристики вагоноопрокидывателя

Основные технические характеристики вагоноопрокидывателя представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики вагоноопрокидывателя.

№ п/п	Наименование параметров	Норма
1.	Параметры полувагонов, разгружаемых на ВО:	
	высота, мм	3274....3780
	длина по осям автосцепок, мм	13920... 16400
	ширина, мм	3130....3200
2.	Габаритные размеры вагоноопрокидывателя:	
	высота, мм	9038
	длина по осям автосцепок, мм	9634
	ширина, мм	17470
3.	Общие показатели:	
	колея, мм	1520
	угол поворота ротора, рад (градус)	2,967... 3,054 (175179)
	время разгрузки полувагона (прямой и обратный ход), с	62....72
	род тока	переменный
	напряжение, В	380
	частота, Гц	50
	температура окружающей среды, С	-45...+60
4.	Привод:	
4.1.	Электродвигатель:	
	тип	4МТН280-М10
	мощность, кВт	60
	частота вращения, с" (об/мин)	9,12(570)
	режим работы	ПВ = 40 %
	количество, шт.	2
4.2.	Редуктор:	
	ТИП	ПДН-630 80,68
	передаточное число количество, шт.	2
4.3.	Тормоз:	
	тип	ТЭ-80
	максимальный тормозной момент, Нм	1200
	режим работы	ПВ = 40 %
	диаметр тормозного шкива, мм	400
	количество, шт.	4

Продолжение таблицы 1.

4.4.	Командоаппарат: тип число цепей, шт. передаточное число количество, шт.	КА426А - 5У2 6 5 2
4.5.	Открытая передача. тип модуль, мм число зубьев шестерни число зубьев венца (на полную окружность), шт.	Цилиндрическая прямозубая 25 39 305 7,82
5.	Вибратор:	
	тип частота колебаний, Гц возмущающая сила, т количество, шт	Эксцентриковый направленного действия 25 4,5 2
5.1	Электродвигатель: тип мощность, кВт частота вращения, с ⁻¹ (об/мин) режим работы	ДМ160МВ4 11 25(1500) ПВ = 40 %
6.	Конечный выключатель: тип количество, шт.	КУ-701АУ2 1
7	Момент инерции механизма	10 кг м ²

Вагоноопрокидыватель состоит из ротора 1 (рис. 3) платформы 2, люлек 3, привода 4, роlikоопор 5, вибраторов 6, привалочных стенок 7.

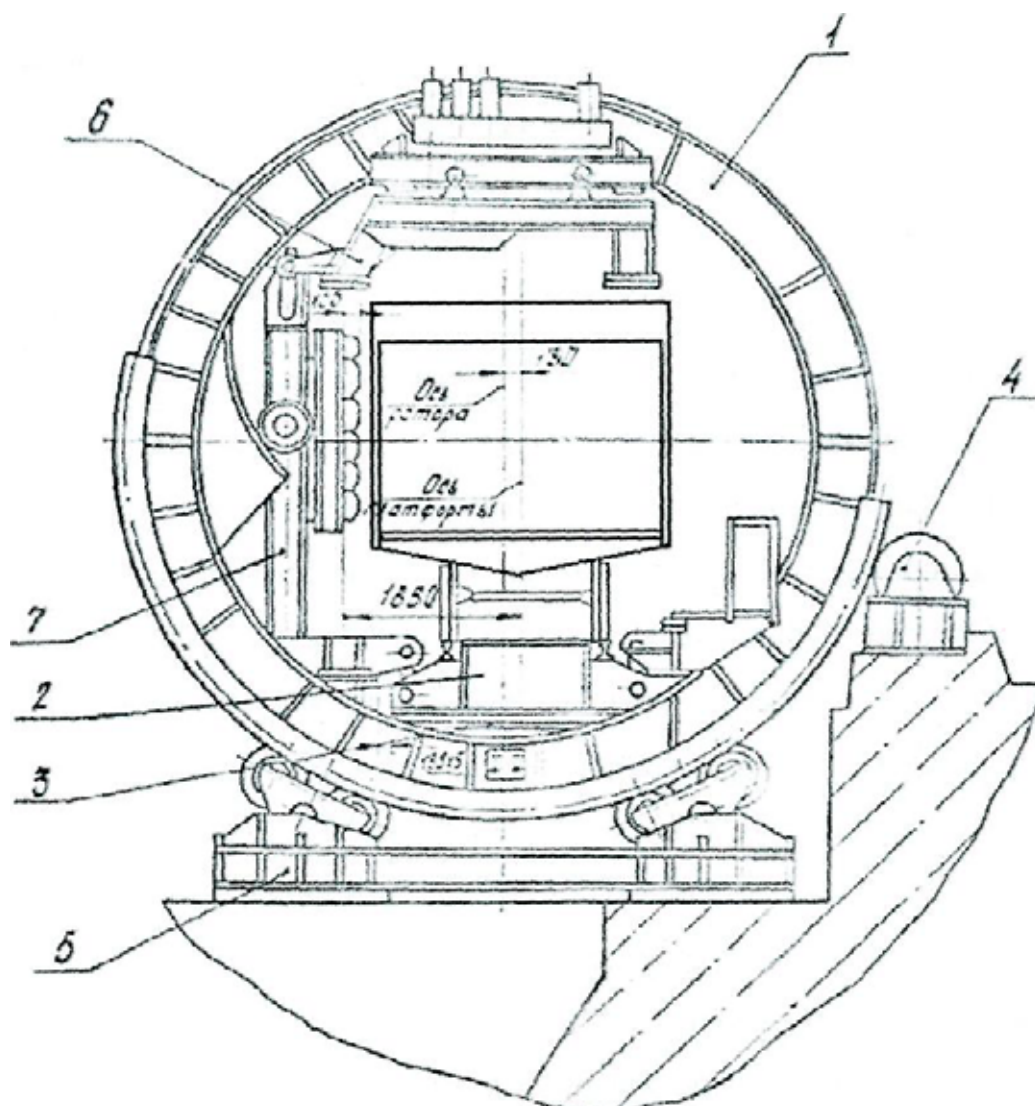


Рисунок 3 - Общий вид вагоноопрокидывателя.

1) Ротор.

Ротор вагоноопрокидывателя представляет собой сварную металлоконструкцию, состоящую из четырех дисков, попарно соединенных между собой продольными связями. В верхней части ротора диски соединены между собой балками, к которым при помощи шпилек и комплекта пружин подвешены рамы вибраторов. На дисках ротора установлены рассекатели и щиты предохранения роlikоопор и цапф от засыпания грузом при разгрузке

полувагонов. На каждом диске ротора крепится бандаж и зубчатый венец, которые обеспечивают поворот ротора на 179° . Крепление бандажа и венца к диску ротора осуществляется болтами. В верхней части ротора, противоположной привалочной стенке, имеется обшивка и шарнирно подвешенные щиты, способствующие локализации пыли. При работе вагоноопрокидывателя щиты прижимаются к вагону, не давая возможности пыли подняться вверх вдоль вагона.

2) Платформа.

Платформа представляет собой сварную конструкцию, подвешенную на восьми тягах к люлькам. Такая подвеска обеспечивает боковую привалку полувагонов к привалочным стенкам люлек. С целью смягчения боковой привалки полувагонов между платформой и люльками установлены пружинные буфера. Совмещение рельсов платформы с рельсами железнодорожного пути фундамента осуществляется упором боковых роликов платформы в фундамент. Для ограничения продольного перемещения платформы на торцах фундамента установлены ролики (по одному с каждого торца). Между роликами и торцовыми листами платформы имеются зазоры 5 мм. Для точной фиксации полувагон на платформе вагоноопрокидывателя со стороны подачи устанавливается тормозное устройство рычажно-пружинного действия. Вагон своей первой колесной парой входит в контакт с тормозной шиной и останавливается. После этого происходит поворот ротора и разгрузка полувагона.

3) Люльки и привалочные стенки.

В роторе установлены две люльки, каждая из которых представляет собой изогнутую рамную металлоконструкцию, состоящую из двух опорных балок и привалочной стенки. Каждая привалочная стенка состоит из рамы верхней и стенки подвижной. Крайние привалочные стенки соединены со средней стенкой шарнирно.

Для повышения сохранности полувагонов и увеличения износостойкости резиновой облицовки, привалочные стенки выполнены подвижными относительно рам верхних люлек и соединены с ними шарнирно с помощью рычагов, образующих параллелограмм. На каждой привалочной стенке имеются две цапфы, с помощью которых стенки опираются в верхней части на диски ротор. В нижней части люлька на боковых тягах подвешена к кронштейнам дисков ротора. Такая система подвески люлек обеспечивает вертикальную привалку полувагона. Для смягчения удара при возврате в исходное положение платформы с люльками на опорных балках люлек установлено восемь пружинных буферов. В исходном положении буфера находятся в сжатом состоянии, и люльки должны плотно без зазоров, опираться на все кронштейны на дисках ротора.

4)Роликоопора.

Ротор установлен на четырех роликоопорах. Каждая роликоопора состоит из рамы, к которой болтами крепится два кронштейна с закрепленными на них балансиром. На балансирах установлено по два катка, на которые опирается бандаж ротора. Продольное перемещение при его вращении ограничивается ребордами на катках крайних роликоопор. Катки оборудованы специальными скребками, обеспечивающими самоочистку катка от разгружаемого материала.

5)Привод.

Вращение ротора осуществляется двумя приводами, которые соединены с приводными шестернями посредством промежуточных валов и зубчатых муфт. Приводные шестерни установлены на подшипниках и входят в зацепление с венцами, закрепленными на дисках ротора. Крайние шестерни соединены с командоаппаратами. На каждом приводе установлен электродвигатель 4МТН 280-М10, редуктор ЦДН-630 и два тормоза ТЭ-80.

6) Вибраторы.

Вибраторы состоят из двух сварных рам - подвижной и неподвижной. Неподвижная рама подвешена к верхней балке ротора, на ней жестко закреплен вибратор направленного действия. Подвижная рама подвешена к неподвижной и соединена с направляющими на привалочных стенках кронштейнами с роликами. При опрокидывании полувагон опирается верхними обвязочными брусками на опорные балки подвижной рамы.

1.3. Технологический процесс работы комплекса

Предназначенные для разгрузки полувагоны подаются к вагоноопрокидывателю и по одному устанавливаются на его платформе. Установка полувагона на платформе и его фиксация тормозным устройством производится машинистом вагоноопрокидывателя. После установки полувагона машинист переводом рукоятки командоконтроллера включает электродвигатели механизма опрокидывания. В начальный момент при некотором повороте ротора 1 (см. на рис.3) платформа 2 с полувагоном перемещается под действием собственной массы и пружинных буферов к подвижным привалочным стенкам до полного прилегания к ним кузова полувагона. Происходит боковая привалка. Боковая привалка определяется поворотом ротора:

- с полувагоном грузоподъемностью 60 т на $19^{\circ} 51'$;
- с полувагоном грузоподъемностью 93-110 т на 16° .

При дальнейшем вращении ротора подвижная привалочная стенка с полувагоном, перемещаясь на рычагах, опирается на люльки. Вертикальный ход подвижной привалочной стенки равен ходу пружин тележек полувагонов. При повороте ротора на $48^{\circ} 30'$ положение полувагона относительно ротора не меняется, а после указанного поворота происходит перемещение люлек 3 с платформой и полувагоном до соприкосновения верхней обвязки кузова с

2. ПРОЕКТНО-РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Выбор электродвигателя

По известной нагрузочной диаграмме электропривода, вычислим суммарный эквивалентный момент. Для проверки двигателя по нагреву воспользуемся методом эквивалентного момента [3]. В таблицах 2,3 приведены данные для построения нагрузочной диаграммы.

Таблица 2 - Данные для построения нагрузочной диаграммы при опрокидывании.

$a_{м,гр.}$	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
$M_{ст,Н\ м}$	56,37	147,3	25,6	192,2	25,62	108,9	192,2	339,5	666,2	749,4	525,2	531	512

Таблица 3 - Данные для построения нагрузочной диаграммы при возврате.

$a_{м,гр.}$	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360
$M_{ст,НМ}$	512,4	531,7	474	390	390	288,2	160	-12,9	-121,7	-16,01	-153,7	-262,6



Рисунок 5 - Нагрузочная диаграмма двигателя

Для вычисления эквивалентного момента представим нагрузочную диаграмму момента снятую экспериментальным путем в виде ломаной и разобьем ее на элементарные участки (трапеции).

Вычислим эквивалентное значение момента каждого участка:

$$M_{эк1} = \sqrt{\frac{M_1^2 + M_1 \times M_2 + M_2^2}{3}} = \sqrt{\frac{56,37^2 + 56,37 \times 147,32 + 147,32^2}{3}} = 105,17 H \times m$$

$$M_{эк2} = \sqrt{\frac{M_2^2 + M_2 \times M_3 + M_3^2}{3}} = \sqrt{\frac{147,32^2 + 147,32 \times 25,62 + 25,62^2}{3}} = 78,71 H \times m$$

$$M_{эк3} = \sqrt{\frac{M_3^2 + M_3 \times M_4 + M_4^2}{3}} = \sqrt{\frac{25,62^2 + 25,62 \times 192,16 + 192,16^2}{3}} = 119,03 H \times m$$

$$M_{эк4} = \sqrt{\frac{M_4^2 + M_4 \times M_5 + M_5^2}{3}} = \sqrt{\frac{192,16^2 + 192,16 \times 25,62 + 25,62^2}{3}} = 119,03 H \times m$$

$$M_{\text{эК65}} = \sqrt{\frac{M_5^2 + M_5 \times M_6 + M_6^2}{3}} = \sqrt{\frac{25,62^2 + 25,62 \times 108,89 + 108,89^2}{3}} = 71,42H \times M$$

$$M_{\text{эК66}} = \sqrt{\frac{M_6^2 + M_6 \times M_7 + M_7^2}{3}} = \sqrt{\frac{108,89^2 + 108,89 \times 192,16 + 192,16^2}{3}} = 152,43H \times M$$

$$M_{\text{эК67}} = \sqrt{\frac{M_7^2 + M_7 \times M_8 + M_8^2}{3}} = \sqrt{\frac{192,16^2 + 192,16 \times 339,49 + 339,49^2}{3}} = 269,20H \times M$$

$$M_{\text{эК68}} = \sqrt{\frac{M_8^2 + M_8 \times M_9 + M_9^2}{3}} = \sqrt{\frac{339,49^2 + 339,49 \times 666,16 + 666,16^2}{3}} = 511,6H \times M$$

$$M_{\text{эК69}} = \sqrt{\frac{M_9^2 + M_9 \times M_{10} + M_{10}^2}{3}} = \sqrt{\frac{666,16^2 + 666,16 \times 749,43 + 749,43^2}{3}} = 708,42H \times M$$

$$M_{\text{эК610}} = \sqrt{\frac{M_{10}^2 + M_{10} \times M_{11} + M_{11}^2}{3}} = \sqrt{\frac{749,43^2 + 749,43 \times 525,24 + 525,24^2}{3}} = 640,61H \times M$$

$$M_{\text{эК611}} = \sqrt{\frac{M_{11}^2 + M_{11} \times M_{12} + M_{12}^2}{3}} = \sqrt{\frac{525,24^2 + 525,24 \times 531,65 + 531,65^2}{3}} = 528,45H \times M$$

$$M_{\text{эК612}} = \sqrt{\frac{M_{12}^2 + M_{12} \times M_{13} + M_{13}^2}{3}} = \sqrt{\frac{531,65^2 + 531,65 \times 512,43 + 512,43^2}{3}} = 522,07H \times M$$

$$M_{\text{эК613}} = \sqrt{\frac{M_{13}^2 + M_{13} \times M_{14} + M_{14}^2}{3}} = \sqrt{\frac{512^2 + 512 \times 512 + 512^2}{3}} = 512H \times M$$

$$M_{\text{эК614}} = \sqrt{\frac{M_{14}^2 + M_{14} \times M_{15} + M_{15}^2}{3}} = \sqrt{\frac{512^2 + 512 \times 531,65 + 531,65^2}{3}} = 522,07H \times M$$

$$M_{\text{эК615}} = \sqrt{\frac{M_{15}^2 + M_{15} \times M_{16} + M_{16}^2}{3}} = \sqrt{\frac{531,69^2 + 531,69 \times 531,69 + 531,69^2}{3}} = 531,69H \times M$$

$$M_{\text{эК616}} = \sqrt{\frac{M_{16}^2 + M_{16} \times M_{17} + M_{17}^2}{3}} = \sqrt{\frac{531,69^2 + 531,69 \times 474 + 474^2}{3}} = 503,12H \times M$$

$$M_{экв17} = \sqrt{\frac{M_{17}^2 + M_{17} \times M_{18} + M_{18}^2}{3}} = \sqrt{\frac{474^2 + 474 \times 390,73 + 390,73^2}{3}} = 433,03H \times m$$

$$M_{экв18} = \sqrt{\frac{M_{18}^2 + M_{18} \times M_{19} + M_{19}^2}{3}} = \sqrt{\frac{390,73^2 + 390,73 \times 288,24 + 288,24^2}{3}} = 227,21H \times m$$

$$M_{экв19} = \sqrt{\frac{M_{19}^2 + M_{19} \times M_{20} + M_{20}^2}{3}} = \sqrt{\frac{288,24^2 + 288,24 \times 160,13 + 160,13^2}{3}} = 227,21H \times m$$

$$M_{экв20} = \sqrt{\frac{M_{20}^2 + M_{20} \times M_{21} + M_{21}^2}{3}} = \sqrt{\frac{160,13^2 + 160,13 \times 12,81 + 12,81^2}{3}} = 96,36H \times m$$

$$M_{экв21} = \sqrt{\frac{M_{21}^2 + M_{21} \times M_{22} + M_{22}^2}{3}} = \sqrt{\frac{12,81^2 + 12,81 \times 121,7 + 121,7^2}{3}} = 66,87H \times m$$

$$M_{экв22} = \sqrt{\frac{M_{22}^2 + M_{22} \times M_{23} + M_{23}^2}{3}} = \sqrt{\frac{121,7^2 + 121,7 \times 16,01 + 16,01^2}{3}} = 75,31H \times m$$

$$M_{экв23} = \sqrt{\frac{M_{23}^2 + M_{23} \times M_{24} + M_{24}^2}{3}} = \sqrt{\frac{16,01^2 + 16,01 \times 153,73 + 153,73^2}{3}} = 93,72H \times m$$

$$M_{экв24} = \sqrt{\frac{M_{24}^2 + M_{24} \times M_{25} + M_{25}^2}{3}} = \sqrt{\frac{153,73^2 + 153,73 \times 262,62 + 262,62^2}{3}} = 210,53H \times m$$

Суммарный эквивалентный момент:

$$M_{сумм. экв} = \sqrt{\frac{\sum (M_{эки})^2 \times i}{\sum i}} = 359H \times m \quad (1)$$

Скорость вращения ротора вагоноопрокидывателя исходя из требований [1]:

$$n_p = 1,4 \text{ об/мин}$$

Поэтому скорость вращения ротора двигателя:

$$n_{\partial\partial} = n_p \cdot i_n \quad (2)$$

где: $i_p = 631,5$ - общее передаточное отношение редуктора и открытой пары;

$$n_{\partial\partial} = 1,4 \cdot 631,5 = 884,1 \text{ об/мин}$$

Расчётная мощность двигателя:

$$P_{расч} = M_{эв.сумм.} \cdot \omega, \quad (3)$$

Где

$$\omega = \frac{n_{\partial\partial}}{30} = \frac{884,1}{30} = 29,47 \text{ рад/с},$$

$$P_{расч} = 359 \cdot 29,47 = 10,58 \text{ кВт},$$

Так как система является двухдвигательной то мощность каждого двигателя:

$$P = \frac{P_{расч}}{2} = \frac{10,58}{2} = 5,29 \text{ кВт},$$

Исходя из расчетной мощности выбираем ближайший больший по мощности короткозамкнутый асинхронный двигатель МТКН 411-6.

2.1.2 Справочные параметры электродвигателя

Паспортные данные приводного электродвигателя приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Паспортные данные электродвигателя

Типо- размер	n_0 , об/мин	U_{1H} , В	$P_{дв.н}$ кВт	При номинальной нагрузке		
				s_H , %	$\cos\varphi_H$	η , %
МТКН 411-6	1000	380	22	6,5	0.8	0.87
$m_{II} = \frac{M_{ПУСК}}{M_H}$	$m_K = \frac{M_{МАКС}}{M_H}$	$m_M = \frac{M_{МИН}}{M_H}$	$k_{дв} = \frac{I_{ПУСК}}{I_H}$	Степень защиты		
2.3	3.3	1	7.0	IP54		

2.1.3 Определение дополнительных параметров двигателя

Синхронная угловая частота вращения двигателя

$$\omega_0 = \frac{p \times n_0}{30} = \frac{3.14 \times 1000}{30} = 104.72 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Номинальная скорость вращения двигателя

$$n_{дв.н} = (1 - s_H) \times n_0 = (1 - 0.065) \times 1000 = 935 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$\omega_{дв.н} = (1 - s_H) \times \omega_0 = (1 - 0.065) \times 104.72 = 97.913 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Номинальный момент двигателя

$$M_{дв.н} = \frac{P_{дв.н} \times 10^3}{\omega_{дв.н}} = \frac{22 \times 10^3}{97.913} = 224.7 \text{ Н} \times \text{м}.$$

Номинальное фазное напряжение и номинальный фазный ток статора. Для определения номинального фазного тока необходимо знать схему соединения обмоток статора. Соединение обмоток неизвестно, принимаем соединение Y.

$$U_{1\phi H} = \frac{U_{1\text{ЛН}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В}.$$

$$I_{1\phi H} = I_{\text{ЛН}} = \frac{P_H}{3 \times U_{\phi H} \times \cos \varphi} = \frac{22000}{3 \times 220 \times 0.87 \times 0.8} = 47.89 \text{ А}.$$

Примечание:

$I_{1\text{ЛН}}$ – ток, потребляемый двигателем из сети в номинальном режиме работы.

Максимальный потребляемый ток двигателя при прямом пуске

$$I_{\text{МАКС}} = k_{\text{ДВ}} I_{\text{ЛН}} = 7 \times 47.89 = 335.23 \text{ А}.$$

Критический момент двигателя на естественной характеристике

$$M_K = m_K \times M_{\text{ДВ.Н}} = 3.3 \times 224.689 = 755.494 \text{ Нм}.$$

Пусковой момент двигателя при прямом пуске

$$M_{\text{ДВ.ПУСК}} = m_{\text{П}} \times M_{\text{ДВ.Н}} = 2.3 \times 224.689 = 516.78 \text{ Нм}.$$

2.1.4 Определение параметров схемы замещения

Наиболее простой и удобной для инженерных расчетов асинхронного двигателя является Т-образная схема замещения, представленная на рисунке 2.2. Рассчитаем параметры схемы замещения по методике, изложенной в [3].

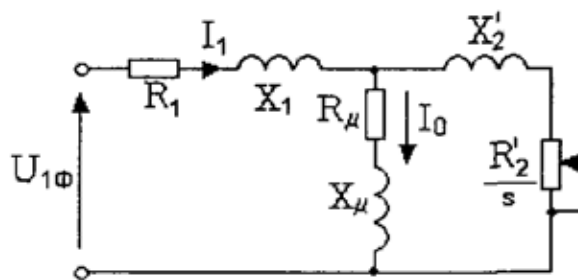


Рисунок 6 - Схема замещения асинхронного двигателя

Из формулы Клосса определим соотношение для расчета критического скольжения

$$s_k = s_H \times \frac{m_k + \sqrt{(m_k)^2 - [1 - 2s_H \times b \times (m_k - 1)]}}{1 - 2s_H \times b \times (m_k - 1)} =$$

$$= 0.065 \times \frac{3.3 + \sqrt{3.3^2 - [1 - 2 \times 0.065 \times 1 \times (3.3 - 1)]}}{1 - 2 \times 0.065 \times 1 \times (3.3 - 1)} = 0.602$$

Значение коэффициента b в первом приближении принимаем $b = 1$.

$$c_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \times k_{\text{дог}} \times I_{1H}} = 1 + \frac{12.677}{2 \times 7 \times 47.89} = 1.021 - \text{расчетный коэффициент}$$

Приведенное к обмотке статора активное сопротивление обмотки ротора

$$R_2' = \frac{3 \times U_{1\Phi H}^2 \times (1 - s_H)}{2 \times m_k \times P_{\text{дог}} \times c_1 \times b + \frac{1}{s_k} \times \frac{1}{\sigma}} = \frac{3 \times 220^2 \times (1 - 0.065)}{2 \times 3.3 \times 22000 \times 1.021 \times 1 + \frac{1}{0.602} \times \frac{1}{0.00061}} = 0.337 \text{ Ом}.$$

Активное сопротивление обмотки статора

$$R_1 = R_2' \times c_1 \times b = 0.337 \times 1.021 \times 1 = 0.344 \text{ Ом}.$$

$$g = \sqrt{\frac{1}{c \times s_k} \times \frac{1}{\sigma} - b^2} = \sqrt{\frac{1}{1 \times 0.602} \times \frac{1}{0.00061} - 1^2} = 1.327 - \text{коэффициент, характеризующий}$$

соотношение индуктивного сопротивления короткого замыкания и приведенного активного сопротивления ротора

Индуктивное сопротивление короткого замыкания

$$X_{KH} = g \times R_2' \times c_1 = 1.327 \times 0.337 \times 1.021 = 0.457 \text{ Ом}.$$

Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора

$$X_{1s} = 0.42 \times X_{KH} = 0.42 \times 0.457 = 0.192 \text{ Ом}.$$

Индуктивность обмотки статора, обусловленная потоком рассеяния

$$L_{1s} = \frac{X_{1s}}{2p f_{1H}} = \frac{0.192}{2 \times 3.14 \times 50} = 0.00061 \text{ Гн}.$$

Приведенное к обмотке статора индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора

$$X_{2s}' = 0.58 \times \frac{X_{1s}}{c_1} = 0.58 \times \frac{0.192}{1.021} = 0.259 \text{ Ом}.$$

Приведенная индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоком рассеяния

$$L_{2s}' = \frac{X_{2s}'}{2p f_{1H}} = \frac{0.259}{2 \times 3.14 \times 50} = 0.00083 \text{ Гн}.$$

ЭДС цепи намагничивания

$$E_1 = \sqrt{(U_{1\Phi H} \times \cos j_H - I_{1\Phi H} \times R_1)^2 - (U_{1\Phi H} \times \sin j_H - I_{1\Phi H} \times X_{1s})^2} = 201.317 \text{ В}$$

Индуктивное сопротивление контура намагничивания (главное индуктивное сопротивление)

$$X_m = \frac{E_1}{I_0} = \frac{201.317}{12.677} = 15.878 \text{ Ом}.$$

Результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком в воздушном зазоре, создаваемым суммарным действием токов статора (индуктивность контура намагничивания)

$$L_m = \frac{X_m}{2p f_{1H}} = \frac{15.878}{2 \times 3.14 \times 50} = 0.051 \text{ Гн}$$

2.1.5 Расчет параметров двигателя

Эквивалентные индуктивности обмоток:

-статора

$$L_1 = L_{1s} + L_m = 0,00061 + 0,051 = 0.05161 \text{ Гн},$$

-ротора

$$L_2 = L_{2\phi} + L_m = 0,00083 + 0,051 = 0,05183 \text{ Гн},$$

Коэффициент рассеяния

$$s = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 L_2} = 1 - \frac{0,051^2}{0,05161 \times 0,05183} = 0.03,$$

Эквивалентное сопротивление

$$R_{\phi} = R_1 + R_2 \frac{L_m^2}{L_2^2} = 0,344 + 0,337 \frac{0,051^2}{0,05183^2} = 0,67 \text{ Ом},$$

Электромагнитные постоянные времени

$$T_{\phi} = \frac{s L_1}{R_{\phi}} = \frac{0,03 \times 0,05161}{0,67} = 0.002 \text{ с},$$

$$T_2 = \frac{L_2}{R_{2\phi}} = \frac{0,05183}{0,337} = 0.14 \text{ с},$$

2.1.6 Проверка адекватности расчетных параметров двигателя

Находятся значения номинального потокосцепления ротора через номинальный электромагнитный момент и расчетные параметры двигателя

$$\Psi_{2H(1)} = \frac{M_{\text{эм.н}}}{\frac{3}{2} \times z_p \times \frac{L_m}{(L_m + L_{2s})} \times \sqrt{2} \times \sqrt{I_{1H}^2 - I_0^2}}, \text{ Вб};$$

$$\Psi_{2H(2)} = \sqrt{2} \times I_0 \times L_m, \text{ Вб}.$$

Должно выполняться условие

$$\Psi_{2H(1)} \gg \Psi_{2H(2)}.$$

Значение номинального потокосцепления ротора через
номинальный электромагнитный момент

$$Y_{2H(1)} = \frac{M_{эм.н}^*}{\frac{3}{2} \times I_p \times \frac{L_m}{(L_m + L_{2s})} \times \sqrt{2} \times \sqrt{I_{1н}^2 - I_0^2}} =$$

$$= \frac{247.17}{\frac{3}{2} \times 3 \times \frac{0.051}{(0.051 + 0.00083)} \times \sqrt{2} \times \sqrt{47.89^2 - 13.89^2}} = 0.89 \text{ Вб},$$

где $M_{эм.н}^* = (1.05 - 1.1) \times M_{дв.н} = 1.1 \times 224.7 = 247.17 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Значение номинального потокосцепления ротора через расчетные
параметры двигателя

$$Y_{2H(2)} = \sqrt{2} \times I_0 \times L_m = \sqrt{2} \times 3.89 \times 0.051 = 0.9 \text{ Вб}.$$

Рассчитаем DY - разницу между двумя значениями номинальных
потокосцеплений

$$DY = Y_{2H(2)} - Y_{2H(1)} = 0.9 - 0.89 = 0.01 \text{ Вб}.$$

Условие $Y_{2H(1)} \gg Y_{2H(2)}$ выполняется, что говорит о правильности
определения параметров схемы замещения.

Параметры схемы замещения электродвигателя сведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры схемы замещения электродвигателя

R_1 , Ом	X_{1s} , Ом	L_{1s} , мГн	X_m , Ом	L_m , Гн	R_2 , Ом	X_{2s} , Ом	L_{2s} , мГн	X_{KH} , Ом
0.344	0.192	0.61	15.878	0.051	0.337	0.259	0.83	0.457

2.1.7 Расчет естественных характеристик двигателя

Естественная механическая характеристика $M=f(s)$ рассчитывается для частоты $f_H = f_{1H} = 50 \text{ Гц}$ по выражению

$$M(s) = \frac{3U_{1\phi H}^2 \times R_2'}{w_0 \times \left[(X_{KH})^2 + (R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (\frac{R_1 \times R_2'}{s \times X_m})^2 \right]}$$

Задаемся скольжением в пределах $s = 0.01, 0.02, \dots, 1$ и рассчитываем характеристику $M=f(s)$, где $\omega = \omega_0 \times (1 - s)$.

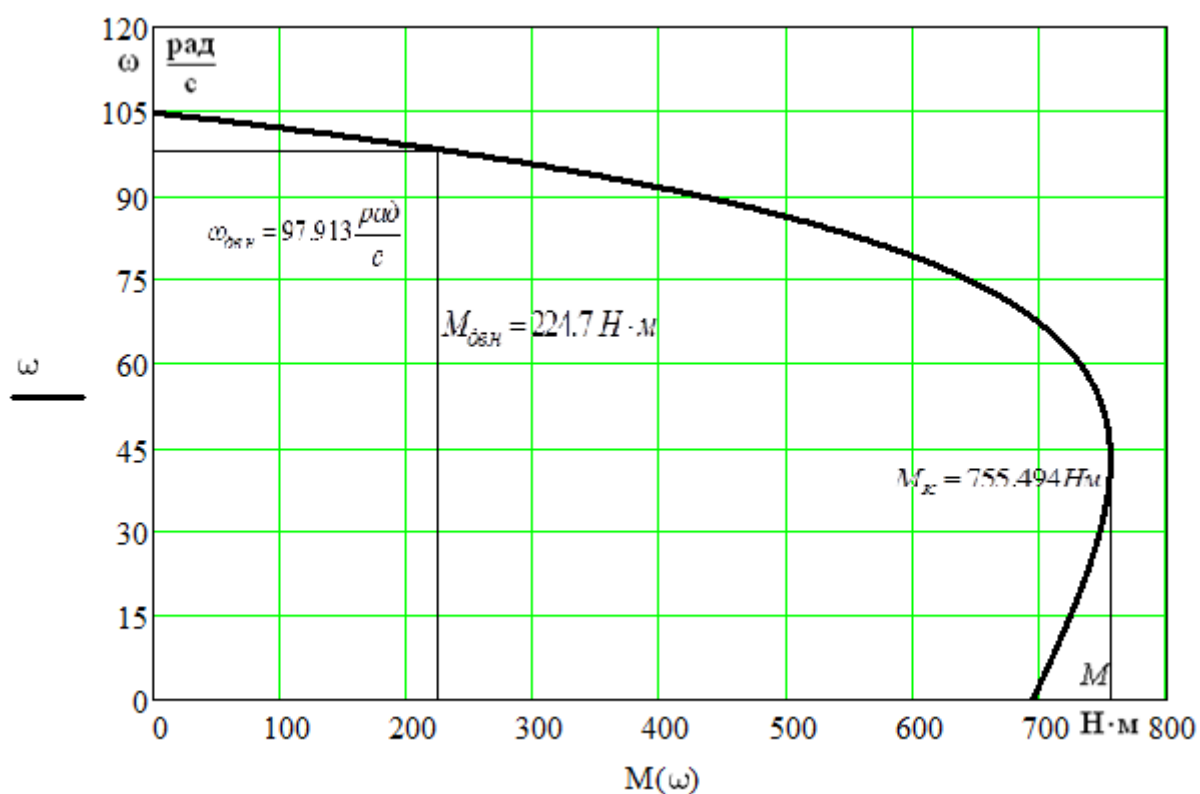


Рисунок 7 – Механическая характеристика электродвигателя $M=f(\omega)$

Электрохимическая характеристика $I_1(s)$ электродвигателя рассчитывается для значения частоты $f_H = f_{1H} = 50 \text{ Гц}$ по выражению

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2(s) + 2 \times I_0 \times I_2'(s) \times \sin j_2(s)},$$

где

$$I_2'(s) = \frac{U_{1\phi H}}{\pm \sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_{KH})^2 + (\frac{R_1 \times R_2'}{s \times X_m})^2}};$$

$$\sin j_2(s) = \frac{X_{KH}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_{KH})^2}}.$$

Номинальное значение тока статора

$$I_1(s_H) = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2(s_H) + 2 \times I_0 \times I_2'(s_H) \times \sin j_2(s)} =$$

$$= \sqrt{12.677^2 + 39.499^2 + 2 \times 12.677 \times 39.499 \times 0.081} = 42.451 \text{ A},$$

где

$$I_2'(s_H) = \frac{U_{1\phi H}}{\pm \sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s_H})^2 + (X_{KH})^2 + (\frac{R_1 \times R_2'}{s_H \times X_m})^2}} =$$

$$= \frac{220}{\pm \sqrt{(0.345 + \frac{0.338}{0.065})^2 + (0.457)^2 + (\frac{0.345 \times 0.338}{0.065 \times 15.878})^2}} = 39.499 \text{ A};$$

$$\sin j_2(s_H) = \frac{X_{KH}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s_H})^2 + (X_{KH})^2}} = \frac{0.457}{\sqrt{(0.345 + \frac{0.338}{0.065})^2 + (.457)^2}} = 0.081.$$

По результатам расчета строится электромеханическая характеристика $I_1 = f(\omega)$. Электромеханическая характеристика приведена на рисунке 2.4.

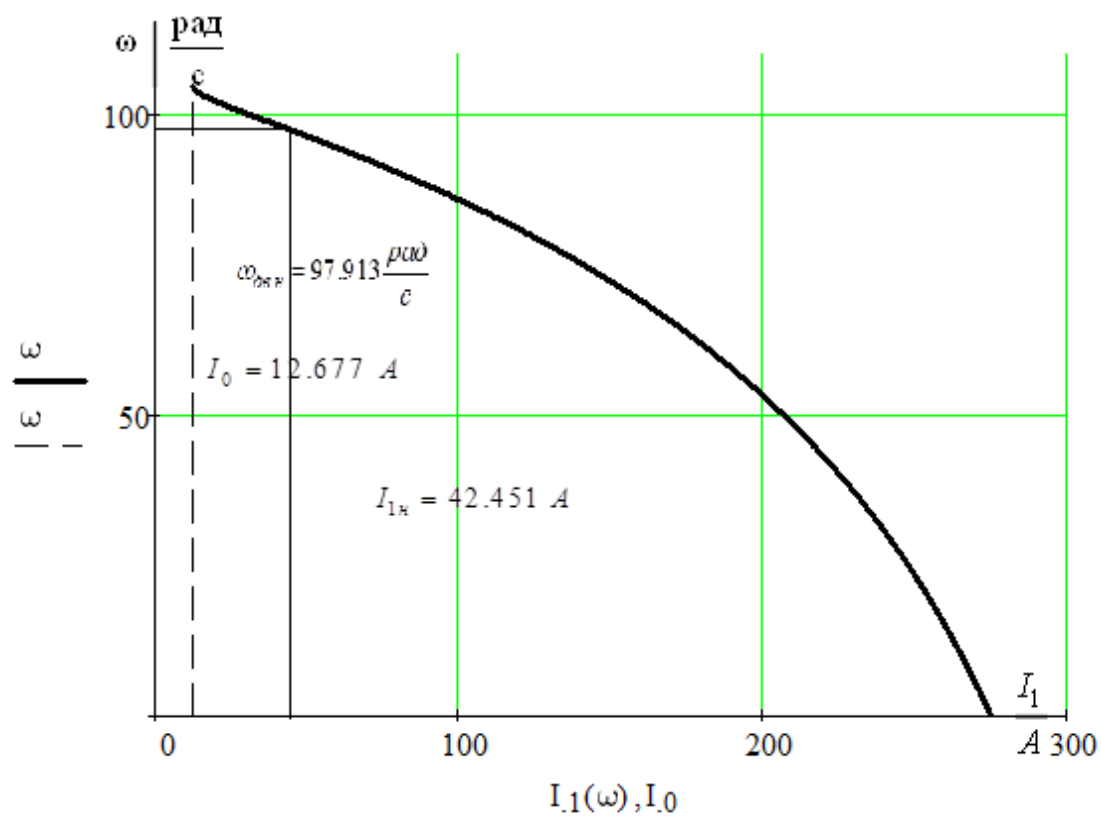


Рисунок 8 – Естественная электромеханическая характеристика $I_1 = f(\omega)$

2.1.8 Проверка обеспечения заданной области работы

1. В плоскости механической характеристики $\omega = f(M)$ (рисунок 2.5) наносятся граничные характеристики для длительного и кратковременного режимов работы:

$$M_{с.мин} = M_{с.дв} + DM_{с.пост} = 7.97 + 2.42 = 10.39 \text{ Н} \times \text{м}.$$

$$M_{с.макс} = M_{с.дв} + DM_{с.пост} + M_{с.прив} = 7.97 + 2.42 + 45.98 = 56.37 \text{ Н} \times \text{м}.$$

$$M_{эп.макс} = M_{с.дв} + DM_{с.пост} + 2 \times M_{с.прив} = 7.97 + 2.42 + 2 \times 45.98 = 102.35 \text{ Н} \times \text{м}.$$

2. В плоскости электромеханической характеристики $\omega = f(I_1)$ рассчитывается и строится зависимость длительно допустимого тока электродвигателя $I_{дв.длит.доп}(\omega)$ в зоне работы с номинальным потоком ($f_H \in f_{1H}$). Так как приводной двигатель с самовентиляцией, то принимаем значение коэффициента $k = 0.5$.

$$I_{дв.длит.доп}(\omega) = I_{дв.н} \times \left(0.5 + \frac{\omega}{\omega_{дв.н}}\right) \text{ при } \omega \in 0.5 \times \omega_{дв.н};$$

$$I_{дв.длит.доп}(\omega) = I_{дв.н} \text{ при } 0.5 \times \omega_{дв.н} < \omega \in \omega_{дв.н};$$

$$I_{дв.длит.доп} = I_{дв.н} = 42.451 \text{ А} \text{ при } 0.5 \times \omega_{дв.н} < \omega \in \omega_{дв.н}.$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.3.

Таблица 6 – Результаты расчета зависимости $I_{дв.длит.доп}(\omega)$

$\omega, \text{ рад/с}$	0	$\omega_{эп.мин}$	$0.5\omega_{дв.н}$	$\omega_{дв.н}$	$\omega_{эп.макс}$
$I_{дв.длит.доп}, \text{ А}$	21.2	29.7	42.45	42.45	42.45

3. В плоскости механической характеристики $\omega = f(M)$ (рисунок 2.5) Рассчитывается и строится зависимость длительно допустимого момента электродвигателя $M_{дв.длит.доп}(\omega)$ при работе в первой зоне с номинальным потоком ($f_H \in f_{1H}, \omega \in \omega_{дв.н}$)

$$M_{дв.длит.доп}(\omega) = \frac{3}{2} \times \frac{L_m}{L_m + L_2} \times z_p \times Y_{2H} \times \sqrt{2} \times \sqrt{I_{дв.длит.доп}^2(\omega) - I_0^2},$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.4 и приведены на рисунке 2.5.

Таблица 7– Результаты расчета зависимости $M_{\text{дв.длит.дон}} = f(\omega)$

$\omega, \text{ рад / с}$	0	$\omega_{\text{эп.мин}}$	$0.5\omega_{\text{дв.н}}$	$\omega_{\text{дв.н}}$	$\omega_{\text{эп.макс}}$
$M_{\text{дв.длит.дон}}, \text{ Н} \times \text{м}$	96.17	152	229.3	229.3	229.3

4. Рассчитаем и построим зависимость $I_{\text{с.макс}}(\omega)$, соответствующая длительной максимальной нагрузке $M_{\text{с.макс}}(\omega) = 56.37 \text{ Н} \times \text{м}$. Для этого необходимо на естественной характеристике $M(\omega)$ определить соответствующее $M_{\text{с.макс}}$ значение скольжения $s_{I_{\text{с.макс}}}$, решив относительно s уравнение

$$\frac{3 \times U_{1\text{фн}}^2 \times R_2'}{\omega_0^2 \times (X_{\text{кн}})^2 + (R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (\frac{R_1 \times R_2'}{s \times X_{\text{т}}})^2} = M_{\text{с.макс}},$$

и далее рассчитать значение тока $I_{\text{с.макс}} \big|_{f_{\text{н}}=f_{1\text{н}}}$ и скорости

$$\omega_{I_{\text{с.макс}}} = \omega_0 \times (1 - s_{I_{\text{с.макс}}}).$$

Зависимость $I_{\text{с.макс}}(\omega)$ рассчитывается по выражениям:

$$I_{\text{с.макс}}(\omega) = I_{\text{с.макс}} \big|_{f_{\text{н}}=f_{1\text{н}}} \text{ при } \omega \in \omega_{I_{\text{с.макс}}};$$

$$I_{\text{с.макс}}(\omega) = I_{\text{с.макс}} \big|_{f_{\text{н}}=f_{1\text{н}}} \times \frac{\omega}{\omega_{I_{\text{с.макс}}}} \text{ при } \omega > \omega_{I_{\text{с.макс}}}.$$

Решив уравнение относительно s , получаем $s = 0.014$.

Тогда $\omega_{I_{\text{с.макс}}} = 157 \times (1 - 0.014) = 103.23 \text{ рад / с}$.

$$I_{\text{с.макс}}(\omega_{I_{\text{с.макс}}}) = 15.67 \text{ А}.$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.5 и приведены на рисунке 2.6.

Таблица 8 – Результаты расчета зависимости $I_{\text{с.макс}}(\omega)$

$\omega, \text{ рад / с}$	$\omega_{\text{эп.мин}}$	$\omega_{I_{\text{с.макс}}}$	$\omega_{\text{эп.макс}}$
$I_{\text{с.макс}}, \text{ А}$	15.67	15.67	15.67

5. Рассчитаем и построим зависимость $I_{\text{эн.макс}}(\omega)$, соответствующая кратковременной максимальной нагрузке $M_{\text{эн.макс}}(\omega) = \text{const}$. Для этого необходимо на естественной характеристике $M(\omega)$ определить соответствующее $M_{\text{эн.макс}} = 102.35H \times \text{значение скольжения } s_{\text{м.эн.макс}}$, решив относительно s уравнение

$$\frac{3 \times U_{1\phi H}^2 \times R_2'}{\omega_0^2 \times (X_{\text{кн}})^2 + (R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (\frac{R_1 \times R_2'}{s \times X_m})^2} = M_{\text{эн.макс}},$$

и далее рассчитать значение тока $I_{\text{эн.макс}}(\omega)$ по выражениям

$$I_{\text{эн.макс}}(\omega) = I_{\text{эн.макс}}(\omega) \Big|_{f_H = f_{1H}} \text{ при } \omega \in \omega_{\text{м.эн.макс}};$$

$$I_{\text{эн.макс}}(\omega) = I_{\text{эн.макс}}(\omega) \Big|_{f_H = f_{1H}} \times \frac{\omega}{\omega_{\text{м.эн.макс}}} \text{ при } \omega > \omega_{\text{т14}}.$$

и значение скорости $\omega_{\text{с м.эн.макс}} = \omega_0 \times (1 - s_{\text{м.эн.макс}})$

Решив уравнение относительно s , получаем $s = s_{\text{м.эн.макс}} = 0.026$.

Тогда $\omega_{\text{м.эн.макс}} = 104.72 \times (1 - 0.026) = 102 \text{ рад / с}$.

$$I_{\text{эн.макс}}(\omega_{\text{м.эн.макс}}) = 21 \text{ А}.$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.6 и приведены на рисунке 2.6.

Таблица 9 – Результаты расчета зависимости $I_{\text{эн.макс}}(\omega)$

$\omega, \text{ рад / с}$	$\omega_{\text{эн.мин}}$	$\omega_{\text{м.эп}}$	$\omega_{\text{эн макс}}$
$I_{\text{эн.макс}}, \text{ А}$	21	21	21

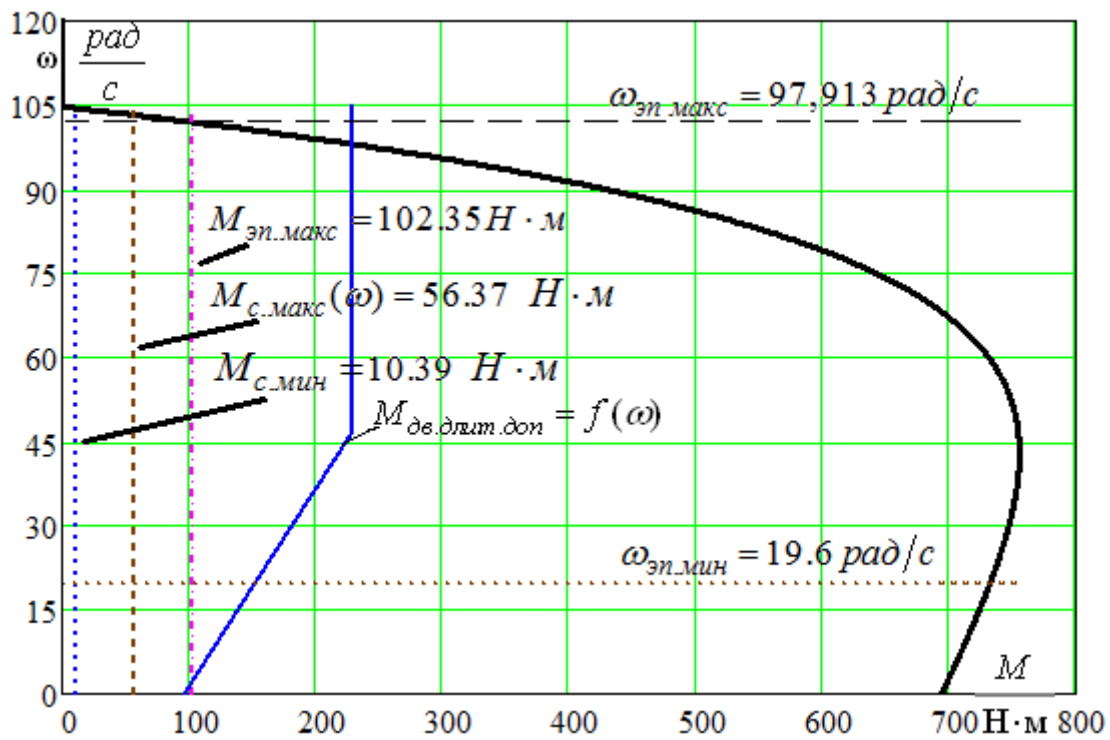


Рисунок 9 – Естественная механическая характеристика двигателя с учётом области работы электропривода

По результатам построения механических характеристик проверим правильность выбора двигателя по моменту. Во всём диапазоне работы электропривода должны выполняться следующие условия:

$$\begin{array}{l} M_{\text{дв.длит.доп}}(\omega) \geq M_{\text{с.макс}} \\ M_{\text{дв.макс}} \geq M_{\text{эп.макс}} \end{array} \quad \text{имеем} \quad \begin{array}{l} 229.3 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 56.37 \text{ Н} \cdot \text{м} \\ 232.67 \text{ Н} \cdot \text{м} \geq 102.35 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{array}$$

Из рисунка 2.5 видно, что все условия выполняются, следовательно, по моменту двигатель выбран правильно.

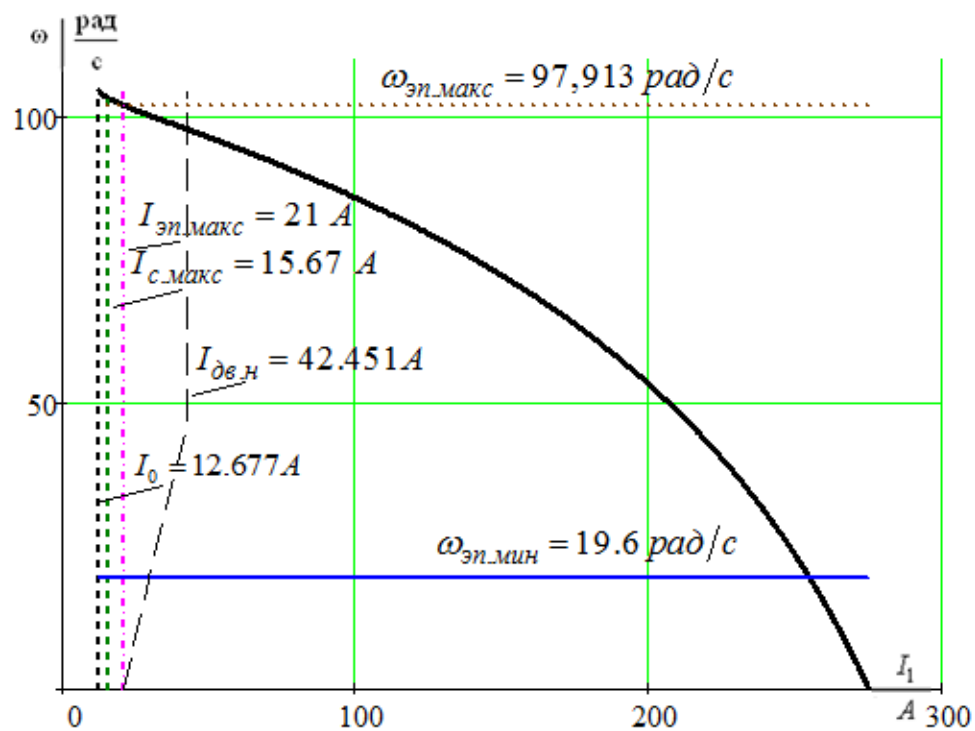


Рисунок 10 – Естественная электромеханическая характеристика двигателя с учётом области работы электропривода

По результатам построения электромеханических характеристик проверим правильность выбора двигателя по току. Во всём диапазоне работы электропривода должно выполняться следующее условие:

$$I_{\text{дв.длит.дон}}(\text{A})^3 I_{\text{с.макс}} \text{ имеем } 42.45 \text{ A}^3 21 \text{ A} .$$

Из рисунка 2.6 видно, что условие выполняется, следовательно, по току двигатель выбран правильно.

2.2 Обоснование применения частотно-регулируемого электропривода

1. В действующей установке – привод с асинхронными электродвигателями с фазным ротором.

2. Основными недостатками существующей системы электропривода являются не обеспечение требуемых динамических и статических показателей, повышенное энергопотребление. При опрокидывании вагонов с использованием данной системы происходит образование в механических элементах значительных динамических нагрузок. Частотно-регулируемый электропривод позволит снизить нагрузку в механической части установки, повысить энергоэффективность и автоматизировать технологический процесс.

3. Для моделирования прямого включения электродвигателя в сеть применим модель асинхронного двигателя в неподвижной системе координат статора α, β . [4]

2.3 Выбор преобразователя частоты

1. Параметры питающей сети: 3-х фазная сеть 380/220 В, 50 Гц.

2. Выходные параметры преобразователя частоты:

- 3 фазы;
- максимальное выходное (линейное) напряжение 380 В;
- максимальная выходная частота преобразователя должна удовлетворять

условию
$$f_{n \text{ макс}} > 50 \times \frac{W_{\text{эп. макс}}}{W_0 \times (1 - s_k)} = 50 \times \frac{97,913}{104,7 \times (1 - 0.602)} = 117,5 \text{ Гц} .$$

- минимальная выходная частота преобразователя должна удовлетворять условию

$$f_{n \text{ мин}} \in 50 \times \frac{W_{\text{эп. мин}}}{W_0} \in 50 \times \frac{19,6}{104,7} \in 9,36 \text{ Гц} .$$

3. Преобразователь выбирается по номинальному (длительно допустимому) току $I_{\text{ин}}$ и максимальному (кратковременно допустимому) току $I_{\text{и макс}} = I_{\text{ин}} \times k_{\text{и}}$, где $k_{\text{и}}$ – коэффициент допустимой перегрузки инвертора по току, по следующим условиям:

$$I_{\text{ин}} \geq I_{1\text{лн}} \times \frac{M_{\text{с.эп}}}{M_{\text{эм.н}}} \geq 42.45 \times \frac{56,37}{224,7} \geq 10,65 \text{ А} ;$$

$$I_{\text{и макс}} \geq I_{1\text{лн}} \times \frac{M_{\text{эп. макс}}}{M_{\text{эм.н}}} \geq 42.45 \times \frac{102,35}{224,7} \geq 19.3 \text{ А} .$$

Принимаем способ управления – векторное без датчика скорости, диапазон регулирования 20. Согласно выбранному способу управления выбираем преобразователь с возможностью векторного управления.

Выберем преобразователь частоты фирмы SIEMENS SIMOVERT MASTERDRIVES Vector Control блочного исполнения серии 6SE70.

2.3.1 Параметры преобразователя частоты

В соответствии с рекомендациями фирмы-производителя [5] преобразователь выбираем по базовому току нагрузки и току перегрузки:

$$I_{с.макс} \leq I_{базовый.пч},$$

$$I_{эл.макс} \leq I_{и.макс}.$$

Кроме приведенных выше условий при выборе преобразователя должно быть принято во внимание следующее обстоятельство: время пуска и торможения при максимальном токе преобразователя не должно превышать 30с, так как в противном случае сработает защита преобразователя и привод отключится.

Так как механизм обладает значительным моментом инерции, что приводит к затягиванию времени работы в режимах пуска и торможения, преобразователь должен обеспечить создание большого динамического момента с целью сокращения времени пуска и торможения. То есть ПЧ в данном случае нужно выбирать не только по максимальной нагрузке, но и с учетом динамических свойств электропривода.

Параметры выбранного преобразователя частоты сведены в таблицу 10.
Таблица 10 – Параметры преобразователя частоты

Типоразмер	Рекомендуемая мощность двигателя, кВт	Номинальный выходной ток, А	Базовый ток нагрузки, А	Ток перегрузки, А
7024	22	47	42.8	64
Номинальный ток звена постоянного тока, А	Потребляемый ток, А	Потери при 2.5 кГц, кВт	Примерный вес, кг	
53.9	51.7	0.71	35	

Принимаем несущую частоту инвертора $f_{ш\text{им}} = 8 \text{ кГц}$.

2.4 Система «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель»

Функциональная схема электропривода «преобразователь частоты – асинхронный двигатель», реализующая различные законы управления класса $U_1 / f_1^n = const$, приведена на рис. 11.

Основными элементами регулируемого асинхронного электропривода с частотным скалярным управлением являются: M – асинхронный двигатель; ПЧ – преобразователь частоты; ПКП – прямой координатный преобразователь; ПЧН – преобразователь «частота - напряжение»; ЗИ – задатчик интенсивности; ДТА, ДТС – датчики тока двигателя; элемент сравнения допустимого максимального $I_{13\max}$ и фактического значения действующего фазного тока двигателя I_{10c} ; ФТС – формирователь тока статора.

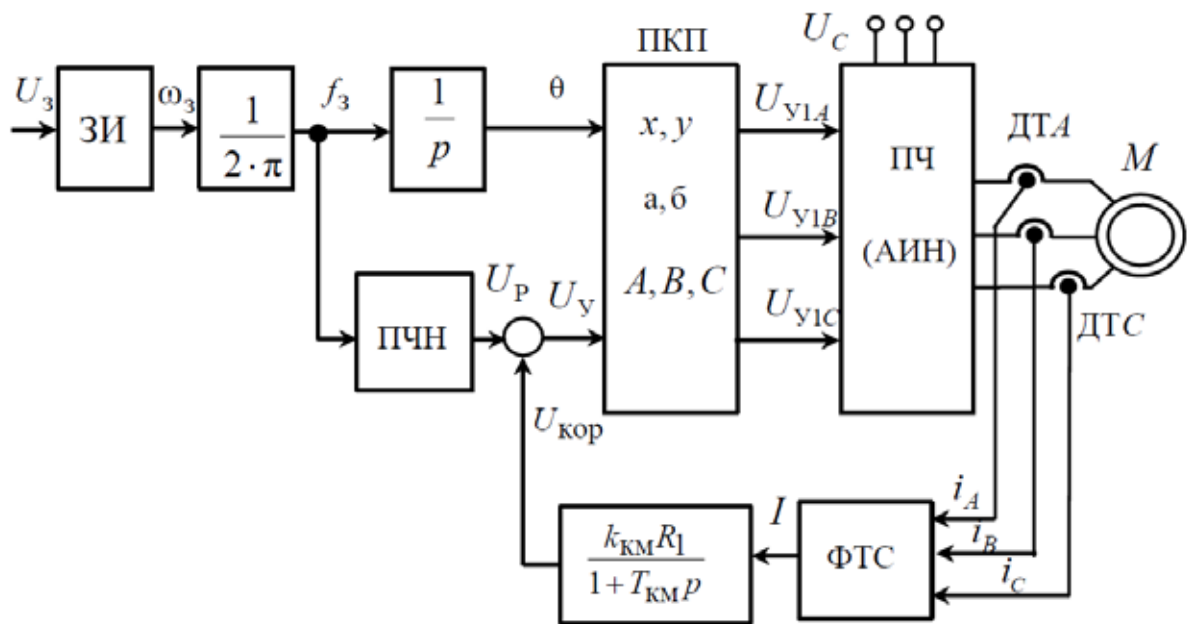


Рисунок 11 – Функциональная схема скалярной системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель

В массовом регулируемом асинхронном электроприводе общепромышленного назначения наибольшее распространение получили преобразователи частоты ПЧ с промежуточным звеном постоянного тока, построенные по схеме неуправляемый выпрямитель – инвертор напряжения. Инвертор напряжения выполняется на $IGBT$ -транзисторах. Так как $IGBT$ -

транзисторы переключаются при больших частотах, то форма тока, протекающего через обмотки двигателя M близка к синусоидальной.

2.5 Электромеханические и механические частотные характеристики

Расчет характеристик производим для частот $f_1=50;30;20;8,8$ Гц. Выбираем частотный закон управления $\frac{U_1}{f_1} = const$ для механизма поворота ротора вагоноопрокидывателя. Механизмы поворота относятся к механизмам с реактивной нагрузкой.

При построении частотных характеристик системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель» были учтены потери напряжения на диодах выпрямительного моста $U_{VD}=1$, на $IGBT$ -транзисторах инвертора напряжения $U_{VT} \gg 1,5$.

Также было учтено активное сопротивление кабеля, соединяющего обмотки статора асинхронного двигателя и преобразователя частоты:

$$R_{\text{доб}} = R_{\text{уд}} \times L_{\text{каб}} \times 10^{-3} = 3,09 \times 25 \times 10^{-3} = 0,077 \text{ Ом}; \quad 2.1$$

где $R_{\text{уд}}$ - удельное сопротивление медного кабеля сечением 6 мм², мОм/м;

$L_{\text{каб}}$ - длина кабеля от преобразователя частоты до электродвигателя, м.

При синусоидальной ШИМ модуляции присутствуют только действующие фазные значения первой гармоники выходного напряжения инвертора при частоте выходного напряжения 50 Гц, равные:

$$U_{1\phi} = \frac{U_d}{2 \times \sqrt{2}} = 181,37 \text{ В}; \quad 2.2$$

где $U_d = 513 \text{ В}$ - напряжение в звене постоянного тока, В.

Исследования показывают, что при значении величины напряжения всего в $U_{1\phi} = 181,37$ В происходит недоиспользование двигателя по моменту на 14,3%. На практике простейшим способом повышения критического момента асинхронного электропривода при его разработке является введение в сигнал управления инвертором U_{y1A} , U_{y1B} , U_{y1C} (рис. 1) третьей гармоники. Напряжение каждой фазы при номинальной частоте, в этом случае, увеличивается с $U_{1\phi} = 181,37$ В до $U_{1\phi1} = 209,3$ В, а третья гармоника напряжения момента не создает [2].

Расчет характеристик производим для частот $f_1 = 50; 30; 20; 8,8$ Гц. При законе регулирования:

$$Z_p = \frac{U_{1н}}{f_{1н}} = \frac{209,3}{50} = 4,186. \quad 2.3$$

Минимальная частота работы электропривода :

$$f_{мин} = \frac{n_{мин} \times p}{60} = \frac{176,8 \times 3}{60} = 8,8 \text{ Гц};$$

Найдем относительные значения частот питающего напряжения:

$$\text{- при } f_{1н1} = 50 \text{ Гц} \quad \text{-} \quad f_{1ж1} = \frac{f_{1н1}}{f_{1н}} = \frac{50}{50} = 1; \quad 2.4$$

$$\text{- при } f_{1н2} = 30 \text{ Гц} \quad \text{-} \quad f_{1ж2} = \frac{f_{1н2}}{f_{1н}} = \frac{30}{50} = 0,6; \quad 2.5$$

$$\text{- при } f_{1н3} = 20 \text{ Гц} \quad \text{-} \quad f_{1ж3} = \frac{f_{1н3}}{f_{1н}} = \frac{20}{50} = 0,4; \quad 2.6$$

$$\text{- при } f_{1н4} = 8,8 \text{ Гц} \quad \text{-} \quad f_{1ж3} = \frac{f_{1н3}}{f_{1н}} = \frac{8,8}{50} = 0,1768. \quad 2.7$$

Найдем фазное напряжение обмотки статора двигателя:

$$U_{1H1} = Z_p \times f_{1H1} = 4,186 \times 50 = 209,3 \text{ В.} \quad 2.8$$

$$U_{1H2} = Z_p \times f_{1H2} = 4,186 \times 30 = 125,58 \text{ В.} \quad 2.9$$

$$U_{1H3} = Z_p \times f_{1H} = 4,186 \times 20 = 83,72 \text{ В.} \quad 2.10$$

$$U_{1H2} = Z_p \times f_{1H2} = 4,168 \times 8.8 = 37 \text{ В.} \quad 2.11$$

В соответствии с представленными частотами питающего напряжения произведем расчет значений скорости идеального холостого хода:

$$\omega_{01} = \frac{2p \times f_{1H1}}{p} = \frac{2 \times 3,14 \times 50}{3} = 104,72 \text{ рад/с.} \quad 2.12$$

$$\omega_{02} = \frac{2p \times f_{1H2}}{p} = \frac{2 \times 3,14 \times 30}{3} = 62,83 \text{ рад/с.} \quad 2.13$$

$$\omega_{03} = \frac{2p \times f_{1H3}}{p} = \frac{2 \times 3,14 \times 20}{3} = 41,8 \text{ рад/с.} \quad 2.14$$

$$\omega_{04} = \frac{2p \times f_{1H4}}{p} = \frac{2 \times 3,14 \times 8.8}{3} = 18.514 \text{ рад/с.} \quad 2.15$$

Построим вольт-частотную характеристику для закона регулирования $\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$ (рис.12.).

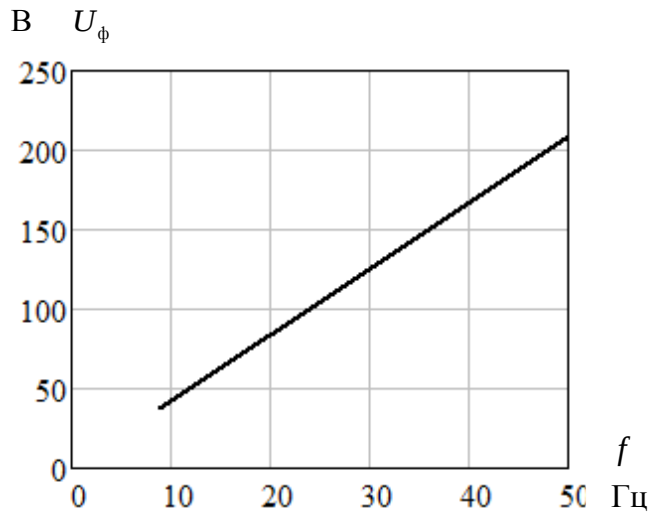


Рисунок 12 – Вольт-частотная характеристика при $\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$

Строим электромеханические характеристики $I_2^1(\omega)$ для выбранных частот по выражениям:

$$I_2^1(s, f) = \frac{U_{1H}(f) - 2 \times U_{VD} - 2 \times U_{VT}}{\sqrt{\frac{R_1}{s} + R_{1\text{доб}} + \frac{R_2}{s} + X_{KH}^2 \times f_{1ж}^2(f) + \frac{(R_1 + R_{1\text{доб}}) \times R_2}{s \times X_{MH} \times f_{1ж}(f)}}}, \quad 2.16$$

также, в одних осях, строим естественную электромеханическую характеристику по выражению:

$$I_2^1(s) = \frac{U_{1H}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2}{s})^2 + (X_{1H} + X_{2H}')^2}}, \quad 2.17$$

где $w(s, f) = w_0(f) \times (1 - s)$.

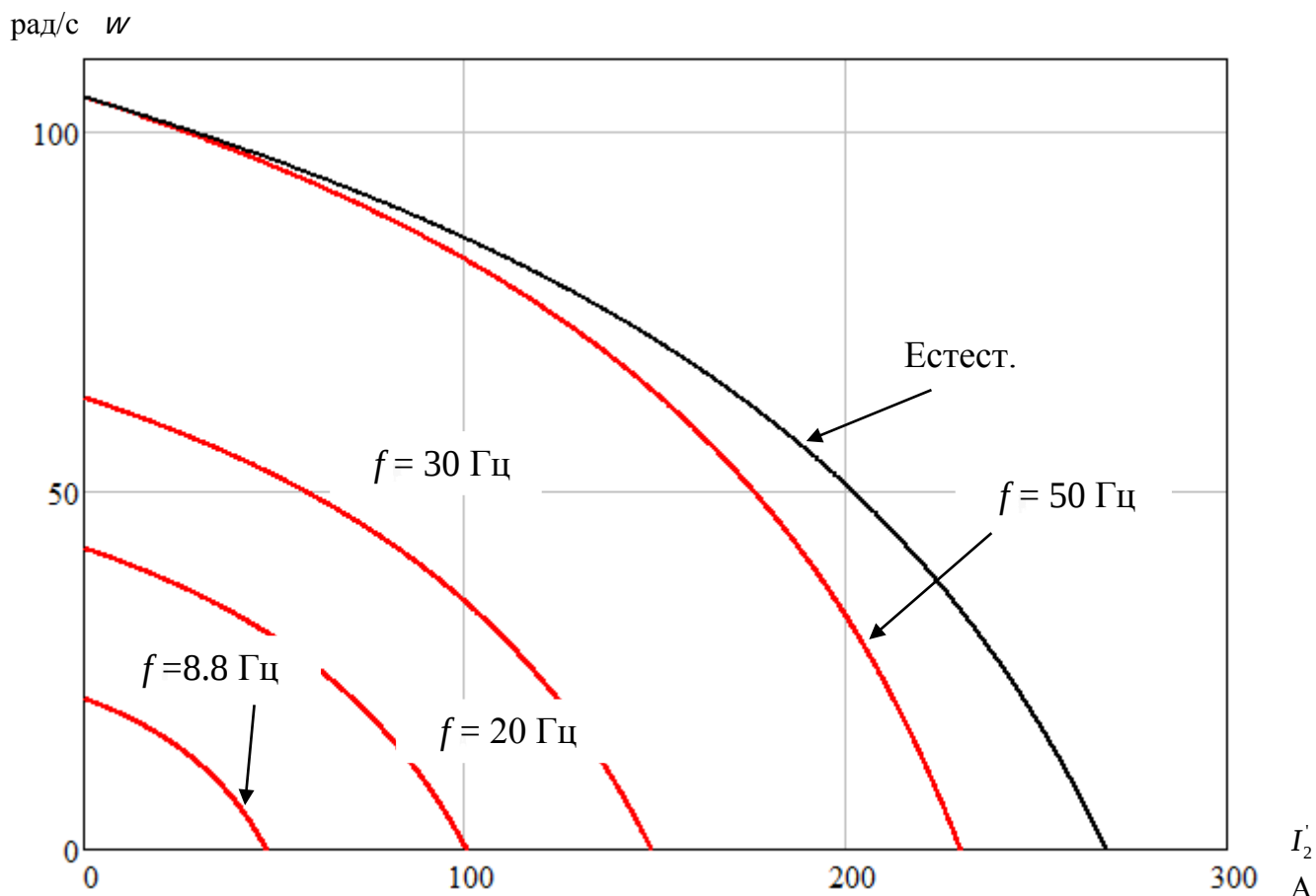


Рисунок 13 – Электромеханические характеристики $I_2'(ω)$

Строим электромеханические характеристики $I_1(ω)$ для выбранных частот по выражениям:

$$I_1(s, f) = \sqrt{I_0^2 + (I_2'(s, f))^2 + 2 \times I_0 \times I_2'(s, f) \times \sin \frac{X_{\text{кн}} \times f_{1\text{ж}}(f)}{\sqrt{(R_1 + R_{1\text{доб}} + \frac{R_2'}{s})^2 + X_{\text{кн}}^2 \times f_{1\text{ж}}^2(f)}}} \quad 2.18$$

также, в одних осях, строим естественную электромеханическую характеристику по выражению:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + (I_2'(s))^2 + 2 \times I_0 \times I_2'(s) \times \sin \frac{X_{\text{кн}}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + X_{\text{кн}}^2}}} \quad 2.19$$

где $w(s, f) = w_0(f) \times (1 - s)$.

рад/с ω

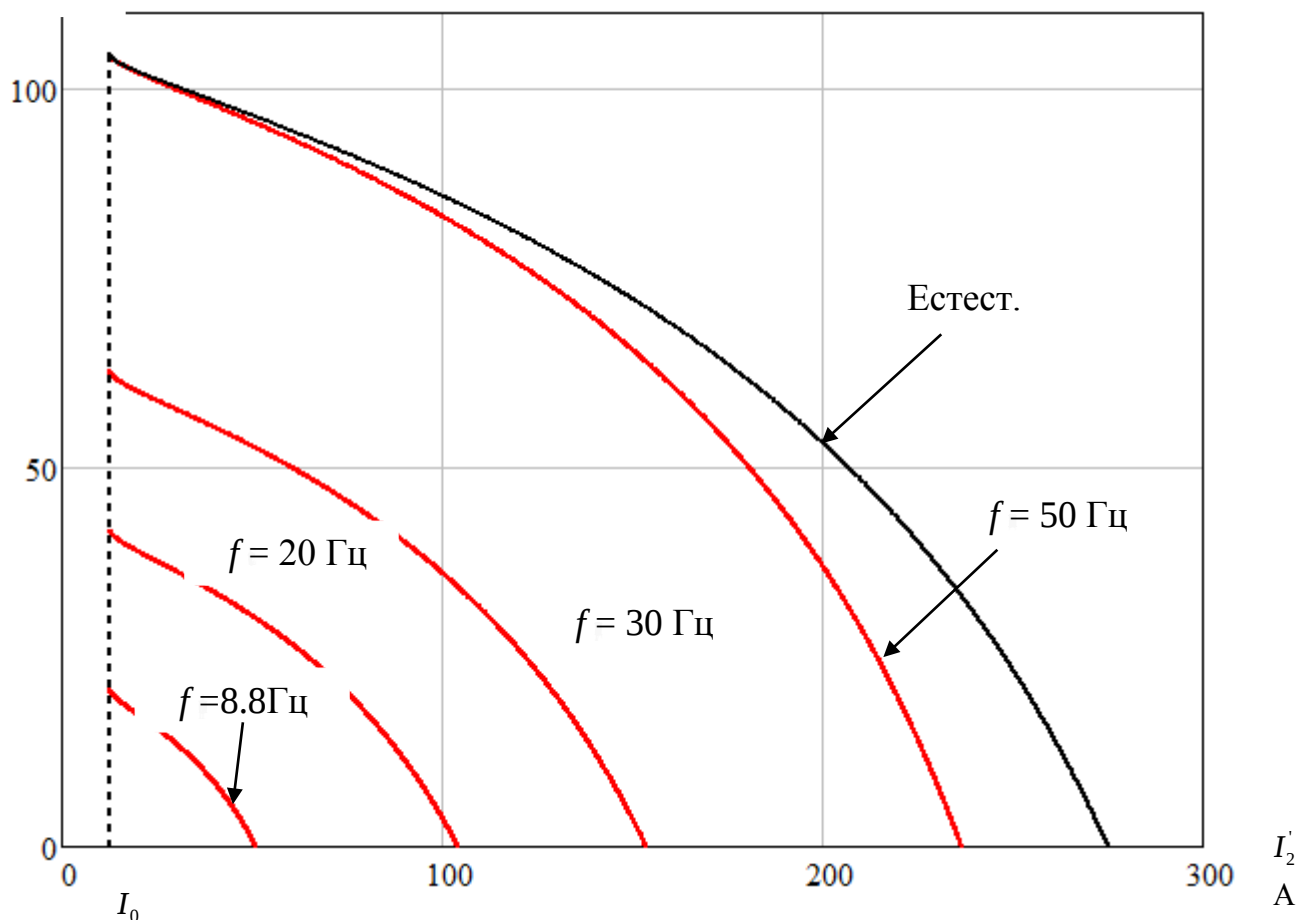


Рисунок 14 – Электромеханические характеристики $I_1(\omega)$

Строим механические характеристики $M(\omega)$ для выбранных частот по выражениям:

$$M(s, f) = \frac{3 \times (U_{1н}(f) - 2 \times U_{VD} - 2 \times U_{VT})^2 \times R_2'}{w_0(f) \times \frac{e}{e} \times X_{кн}^2 \times (f_{1ж}(f))^2 + \frac{e}{e} R_1 + R_{доб} + \frac{R_2'}{s} \div \frac{e}{e} + \frac{e}{e} \frac{(R_1 + R_{доб}) \times R_2'}{s \times X_{мк} \times f_{1ж}(f)} \div \frac{e}{e}}, \quad 2.20$$

Также, в одних осях, строим естественную механическую характеристику по выражению:

$$M(s) = \frac{3 \times U_{1н}^2 \times R_2'}{w_0 \times \frac{e}{e} \times \frac{e}{e} R_1 + \frac{R_2'}{s} \div \frac{e}{e} + X_{мк}^2 \div \frac{e}{e}}, \quad 2.21$$

где $w(s, f) = w_0(f) \times (1 - s)$.

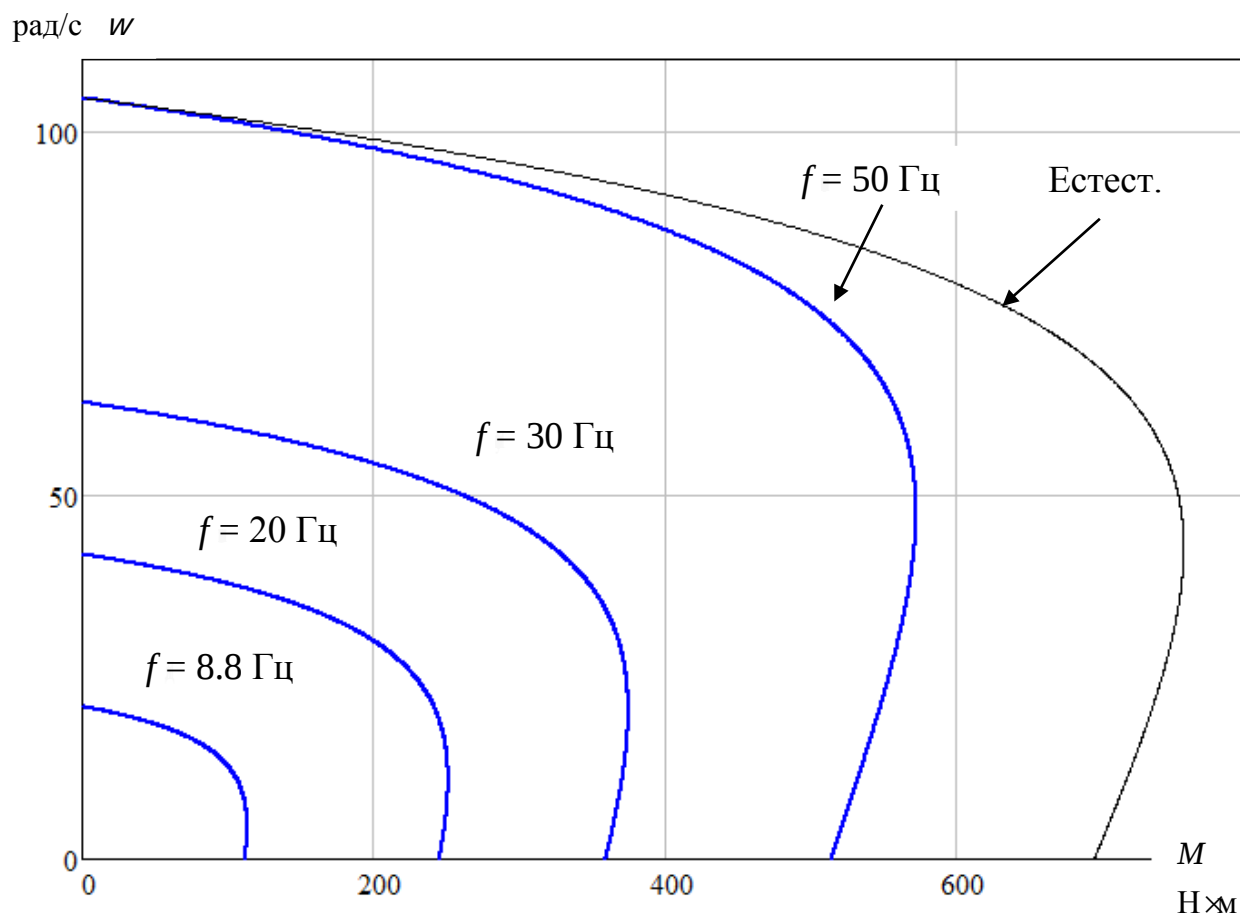


Рисунок 15 – Механические характеристики $M(\omega)$

2.6 Электромеханические и механические характеристики системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель» с IR - компенсацией

Строим семейство электромеханических характеристик с IR компенсацией и без неё для каждой из фиксированной частот $f_1=50;30;20;8,8$ Гц. Принимаем следующие коэффициенты IR компенсации:

$$K_{KM1} = 0,25 ; K_{KM2} = 0,5 ; K_{KM3} = 0,75.$$

Тогда, с учетом IR компенсации сопротивления статора двигателя будут равны:

$$R_{\text{эKB1}} = R_1 (1 - K_{KM1}) = 0,345 \times (1 - 0,25) = 0,26 ; ,$$

$$R_{\text{эKB2}} = R_1 (1 - K_{KM2}) = 0,345 \times (1 - 0,5) = 0,17 ;$$

$$R_{\text{эKB3}} = R_1 (1 - K_{KM3}) = 0,345 \times (1 - 0,75) = 0,086.$$

На рис.16 представлены электромеханические характеристики $I_2^1(\omega)$ двигателя с IR -компенсацией.

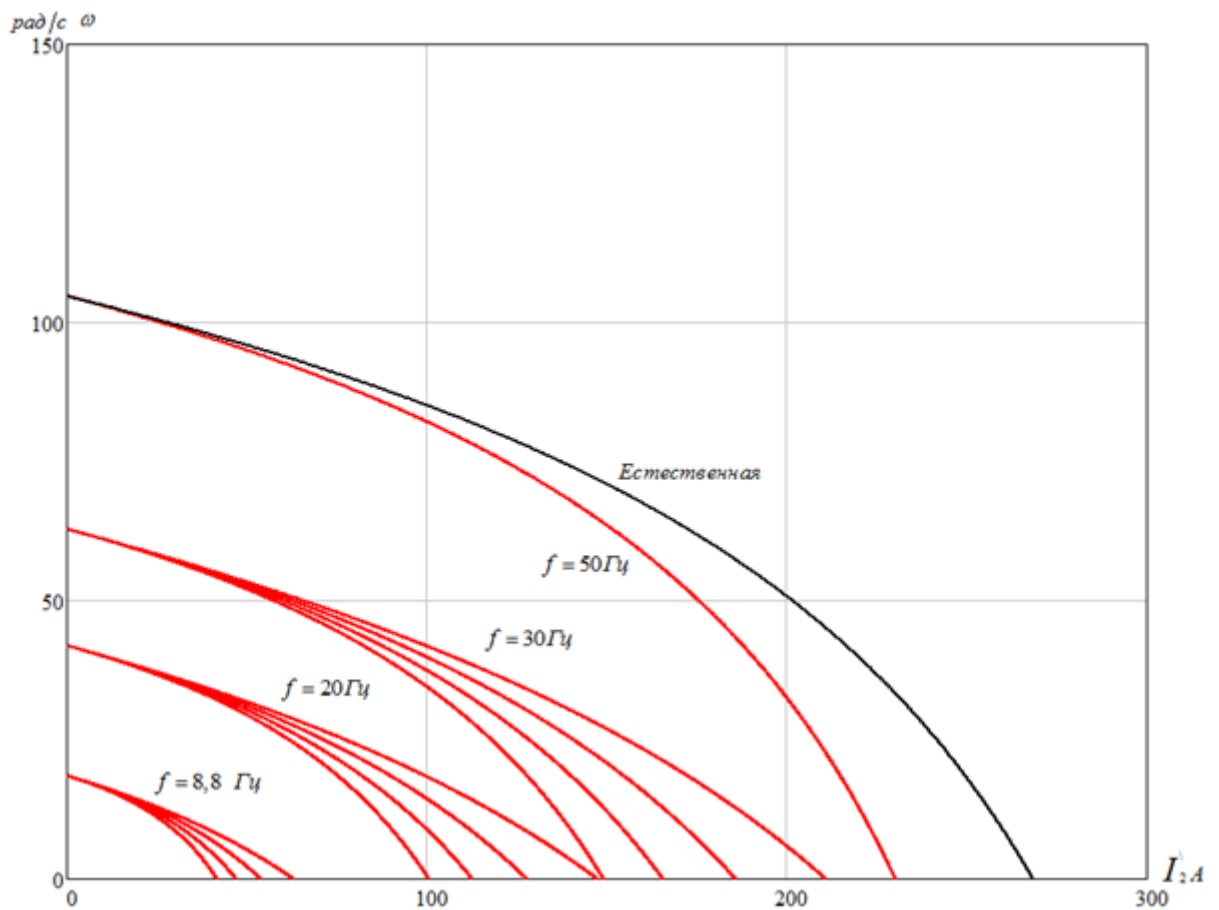


Рисунок 16 – Искусственные электромеханические характеристики $I_2^l(\omega)$ с IR-компенсацией

Строим электромеханические характеристики $I_1(\omega)$ для выбранных частот по выражениям:

$$I_1(s, f) = \sqrt{I_0^2 + (I_2^l(s, f))^2 + 2 \times I_0 \times I_2^l(s, f) \times \frac{X_{\text{кн}} \times f_{1\text{ж}}(f)}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + X_{\text{кн}}^2 \times f_{1\text{ж}}^2(f)}}$$

где $w(s, f) = w_0(f) \times (1 - s)$.

Рассчитаем токи холостого хода для каждого значения частоты:

-при $f_{1H1}=50$ Гц -

$$I_{01} = \frac{U_{1H}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1H} + X_{mH})^2 \times f_{1ж1}}} = \frac{220}{\sqrt{0,345^2 + (0,192 - 15,878)^2 \times 1}} = 13.68 \text{ A};$$

- при $f_{1H2}=30$ Гц -

$$I_{02} = \frac{U_{1H2}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1H} + X_{mH})^2 \times f_{1ж2}}} = \frac{125.58}{\sqrt{0,345^2 + (0,192 - 15,878)^2 \times 0.6}} = 10.085 \text{ A};$$

- при $f_{1H2}=15$ Гц -

$$I_{03} = \frac{U_{1H3}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1H} + X_{mH})^2 \times f_{1ж3}}} = \frac{83.72}{\sqrt{0,345^2 + (0,192 - 15,878)^2 \times 0.4}} = 8.233 \text{ A};$$

- при $f_{1H4}=8,8$ Гц -

$$I_{04} = \frac{U_{1H4}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1H} + X_{mH})^2 \times f_{1ж4}}} = \frac{37}{\sqrt{0,345^2 + (0,192 - 15,878)^2 \times 0.2}} = 5.469 \text{ A}.$$

На рис.17 представлены электромеханические характеристики $I_1(\omega)$ двигателя с IR-компенсацией.

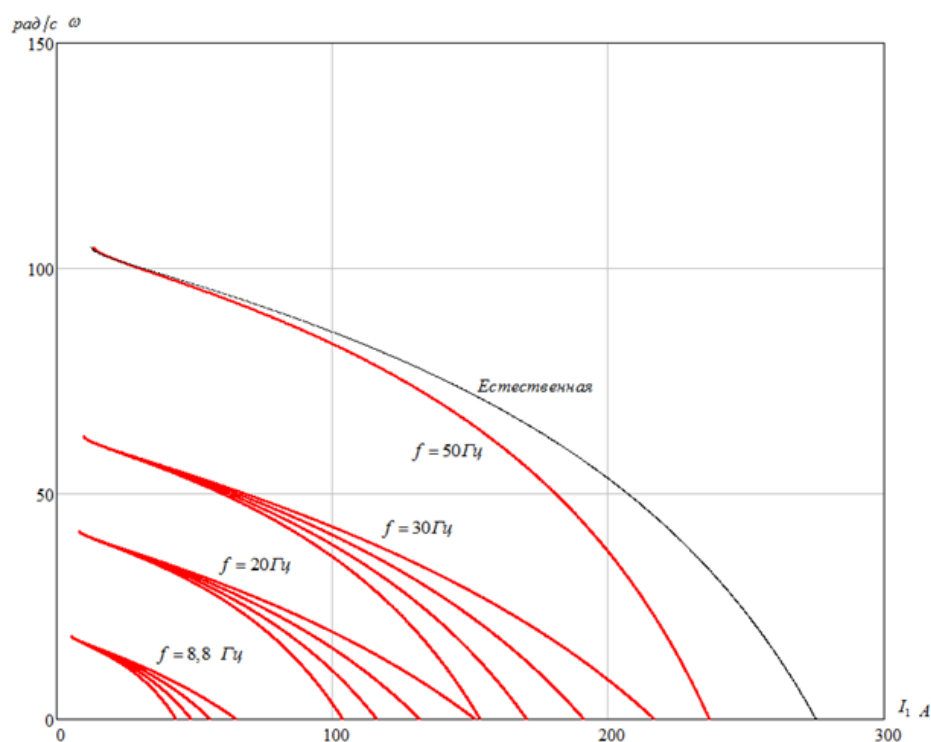


Рисунок 17 – Искусственные электромеханические характеристики $I_1(\omega)$ с IR-компенсацией

Строим механические характеристики $M(\omega)$ для выбранных частот по выражениям:

$$M(s, f) = \frac{3(U_{1н}(f))^2 \times R_2^1}{w_0(f) \times \left(X_{кн}^2 \times (f_{1ж}(f))^2 + \frac{R_1}{s} + \frac{R_2^1}{s} + \frac{R_1 \times R_2^1}{s \times X_{мк} \times f_{1ж}(f)} \right)};$$

где $w(s, f) = w_0(f) \times (1 - s)$.

На рис.18 представлены механические характеристики $M(\omega)$ двигателя с IR-компенсацией.

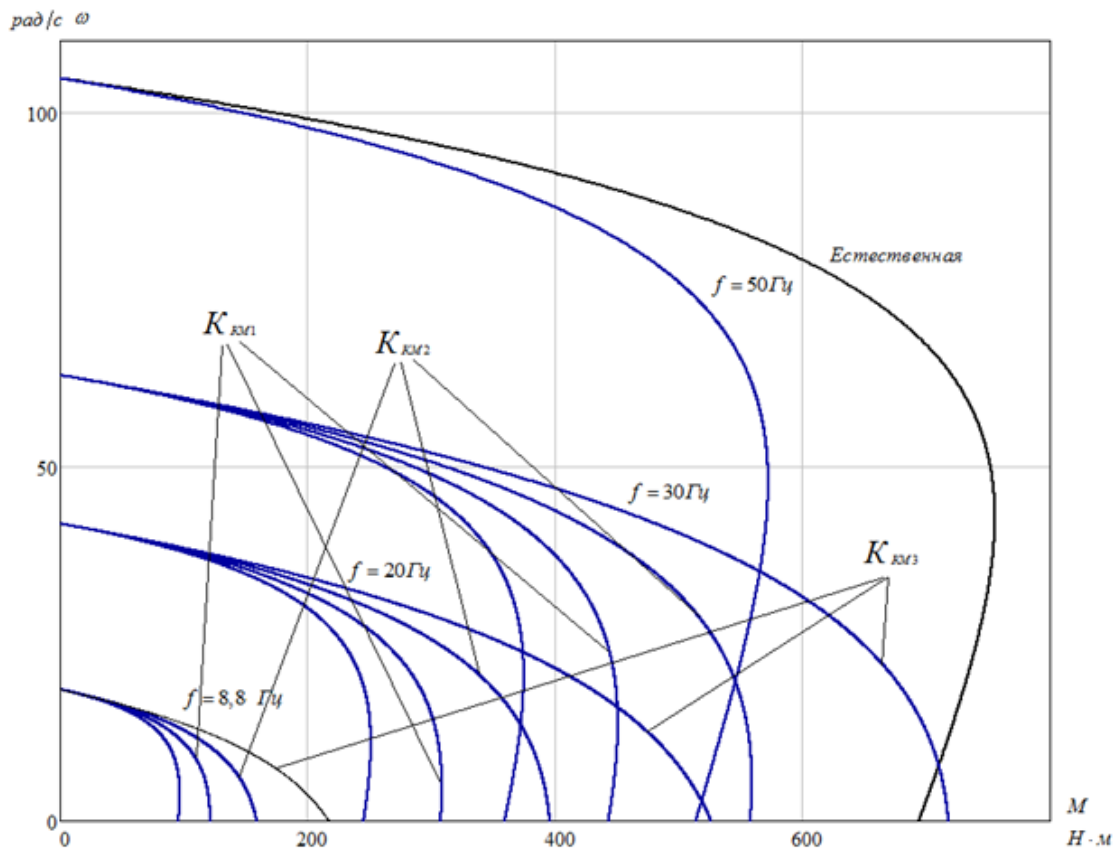


Рисунок 18 – Искусственные механические характеристики $M(\omega)$ с IR-компенсацией

Анализ характеристик, приведенных на рис. 16-18, показывает значительное увеличение критического момента асинхронного двигателя при введении компенсации падения напряжения на активном сопротивлении обмоток статора, особенно на низких скоростях вращения, и увеличение их жесткости. Как следствие увеличения критического момента возрастают

пусковые токи асинхронного электродвигателя. В дальнейшем предполагается применение задатчика интенсивности в качестве ограничителя тока в переходных режимах. В результате анализа характеристик был выбран коэффициент $K_{\text{кмз}} = 0,75$, так как он обеспечивает наибольшую величину критического момента, необходимого при работе вагоноопрокидывателя.

3. ИМИТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Имитационная модель прямого пуска электродвигателя МТКН 411-6

Для исследования переходных процессов асинхронного электродвигателя МТКН 411-6 при прямом пуске была собрана модель в имитационной среде *MatLab Simulink*.

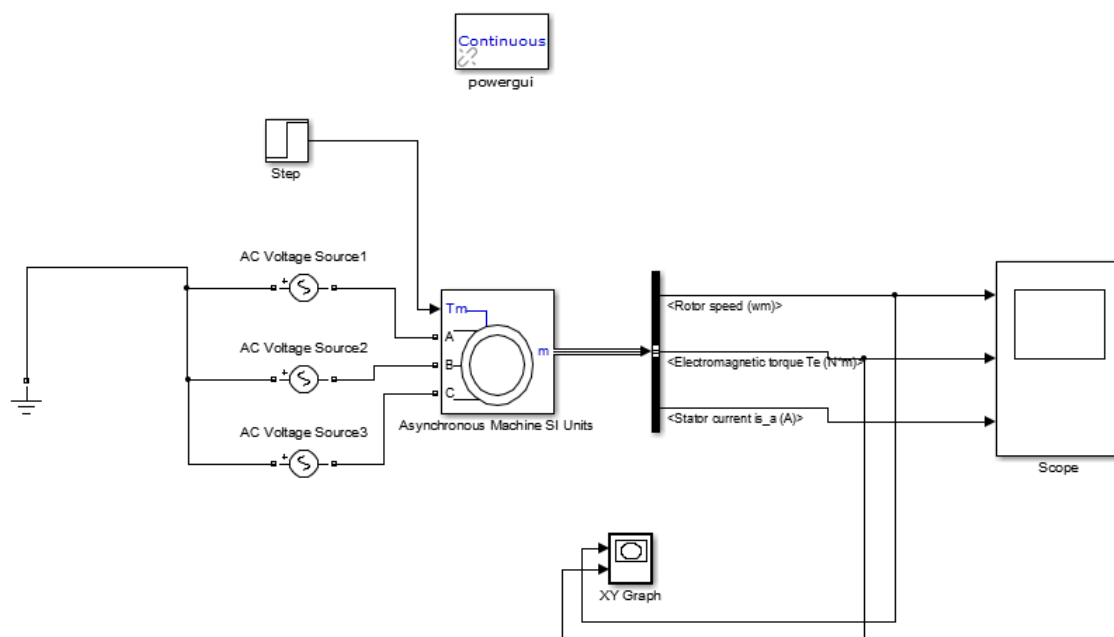


Рисунок 19 – Модель прямого пуска асинхронного электродвигателя МТКН 411-6

Block Parameters: Asynchronous Machine SI Units

×

Asynchronous Machine (mask) (link)

Implements a three-phase asynchronous machine (wound rotor, squirrel cage or double squirrel cage) modeled in a selectable dq reference frame (rotor, stator, or synchronous). Stator and rotor windings are connected in wye to an internal neutral point.

Configuration

Parameters

Advanced

Load Flow

Nominal power, voltage (line-line), and frequency [Pn(VA), Vn(Vrms), fn(Hz)]:

[22000, 380, 50]

Stator resistance and inductance[Rs(ohm) Lls(H)]:

[0.345 0.0006115]

Rotor resistance and inductance [Rr'(ohm) Llr'(H)]:

[0.338 0.0008288]

Mutual inductance Lm (H):

0.051

Inertia, friction factor, pole pairs [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:

[0.52 0 3]

Initial conditions

[1 0 0 0 0 0 0]

☐ Simulate saturation

Saturation Parameters [i1,i2,... (Arms) ; v1,v2,...(VrmsLL)]

1, 302.9841135, 420.4778367 ; 230, 322, 414, 460, 506, 552, 598, 644, 690]

Рисунок 20 – Параметры асинхронного электродвигателя в среде *MatLab Simulink*.

Рисунок 21 – Графики переходных процессов при прямом пуске.

55

Анализ графиков переходных процессов при прямом пуске показал, что наблюдается малое время пуска, а так же отсутствие перерегулирования по скорости, однако, имеют место значительные броски тока $I_{\max} \gg 370\text{A}$ и момента $M_{\max} \gg 1500H \times m$, что является неприемлемым для исследуемого механизма.

3.2 Имитационная модель частотного управления со скалярной IR-компенсацией

На рис.21 представлена имитационная модель системы скалярного частотного управления с IR-компенсацией собранная в среде *MatLab Simulink*.

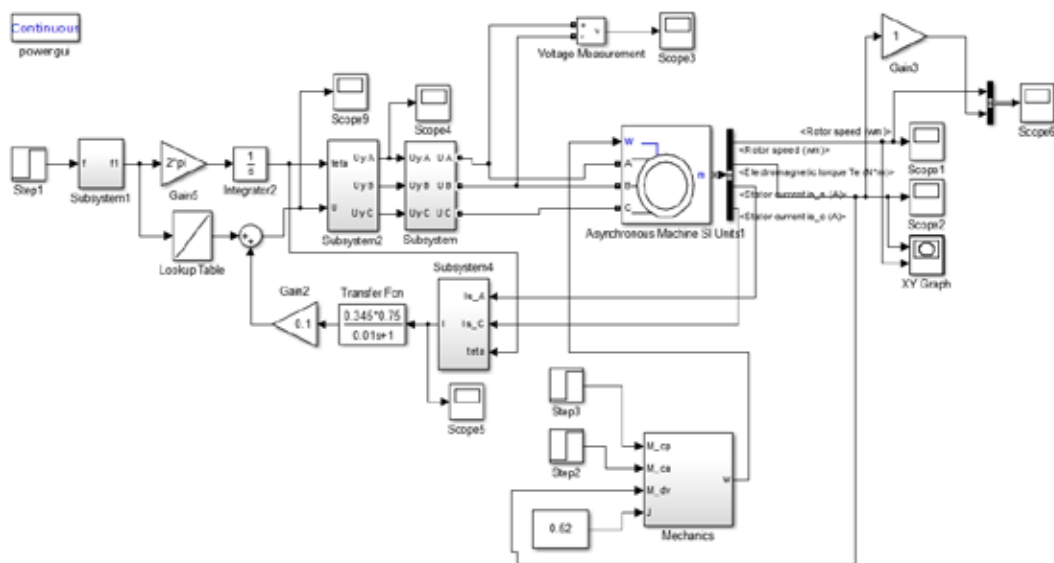


Рисунок 22 – Модель системы частотного управления со скалярной IR-компенсацией

В процессе работы было проделано 3 опыта с различными значениями коэффициентов компенсации момента и 1 опыт без компенсации, величины этих коэффициентов такие же, которые были использованы в *MathCad*:

$$K_{KM1} = 0,25 ; K_{KM2} = 0,5 ; K_{KM3} = 0,75.$$

На рис.22 - 25 представлены графики переходных процессов по скорости и по электромагнитному моменту двигателя при различных коэффициентах компенсации.

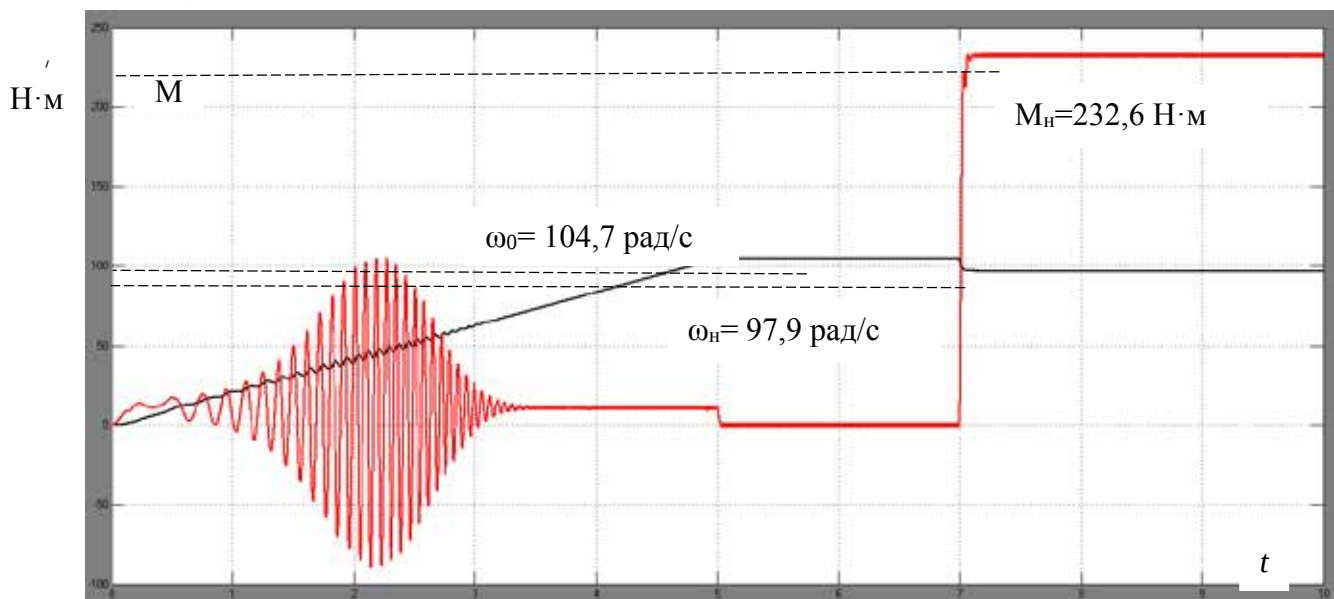


Рисунок 23 – Переходные процессы по скорости и моменту без IR-^с компенсации

Величина критического момента без компенсации $M_k = 110 \text{ H}\cdot\text{м}$.

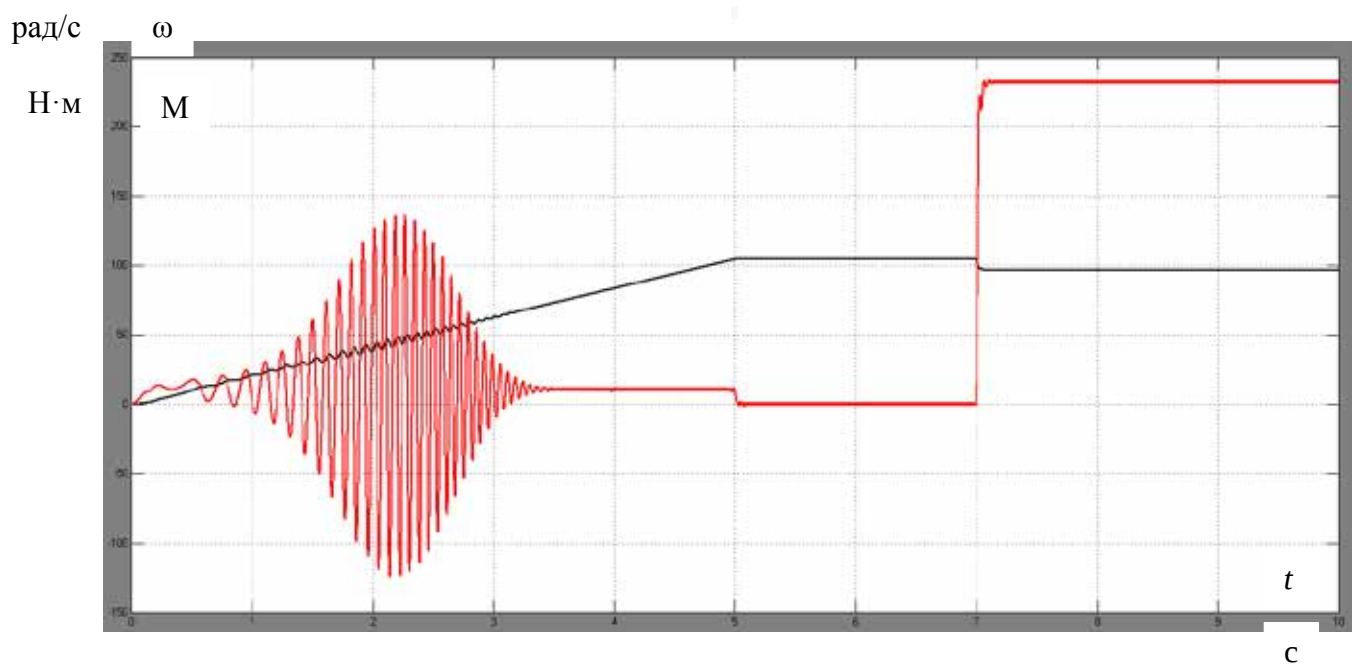


Рисунок 24 – Переходные процессы по скорости и моменту при $K_{KM1} = 0,25$

Величина критического момента возросла при $K_{KM1} = 0,25$ $M_k = 137 \text{ H}\cdot\text{м}$.

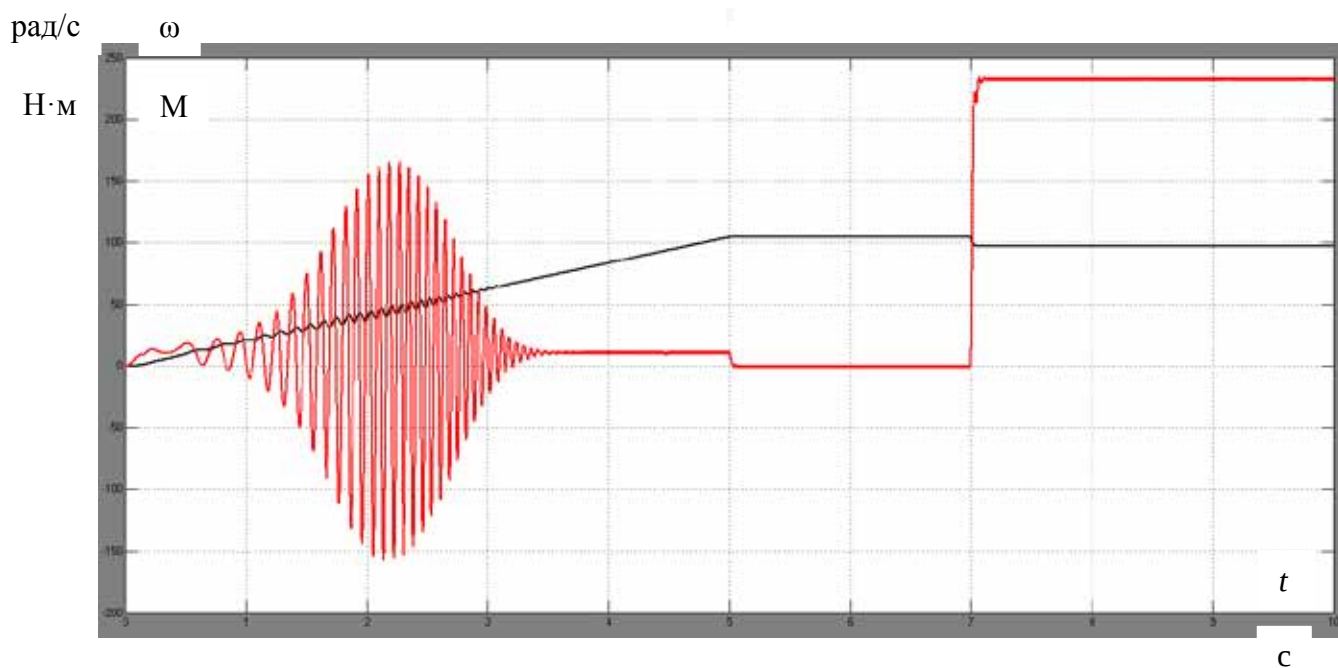


Рисунок 25 – Переходные процессы по скорости и моменту при $K_{KM2} = 0,5$

Величина критического момента возросла при $K_{KM2} = 0,5$ $M_K = 165H \times m$.

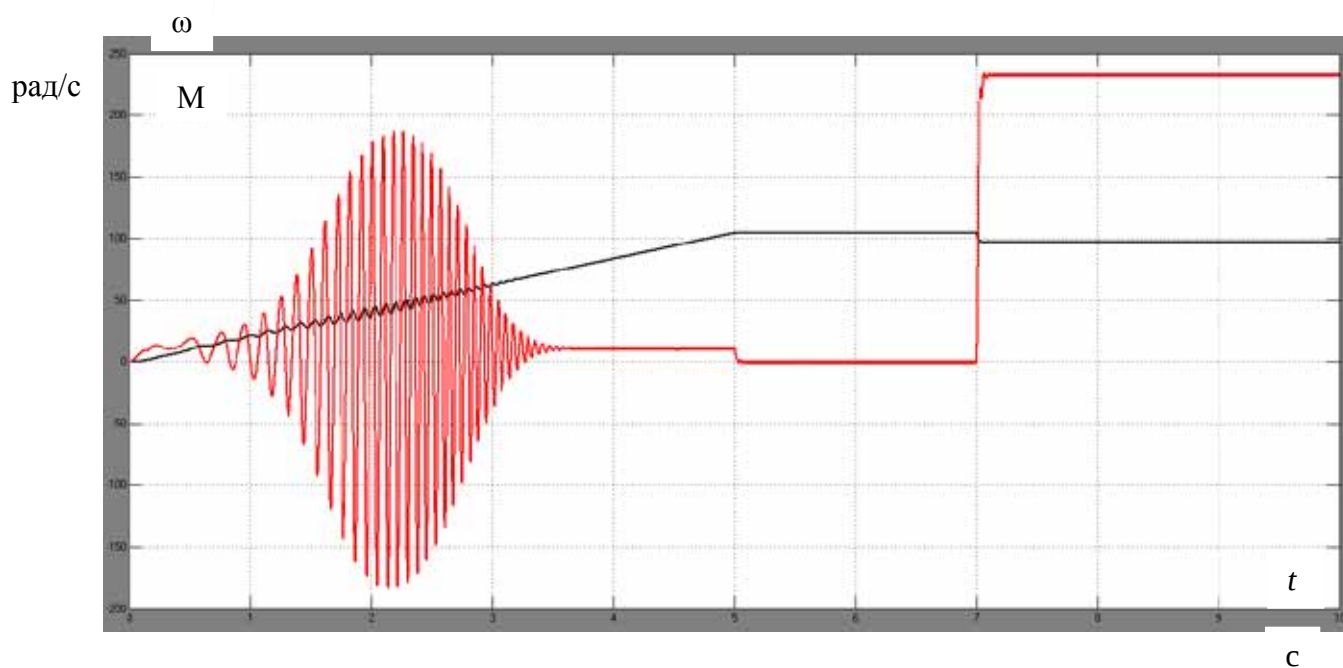


Рисунок 26 – Переходные процессы по скорости и моменту при $K_{KM3} = 0,75$

Величина критического момента при $K_{KM1} = 0,75$ составила наибольшее значение $M_K = 180H \times m$.

Анализ графиков переходных процессов позволяет выделить характерные особенности:

- применение скалярной IR-компенсации позволяет добиться увеличения величины критического момента необходимой для работы комплекса в точках наибольшей нагрузки, определенных в соответствии с нагрузочной диаграммой
- применение задатчика интенсивности позволяет задать более плавный характер изменения скорости из-за ограничения тока статора в переходных режимах
- применение частотного привода в общем позволяет снизить динамические нагрузки на двигатели и снизить потери в системе за счет плавной работы в переходных режимах и возможности рекуперации энергии на ступенях останова ротора вагоноопрокидывателя

3.3 Имитационная модель двухдвигательного электропривода вагоноопрокидывателя с частотным управлением и скалярной IR-компенсацией

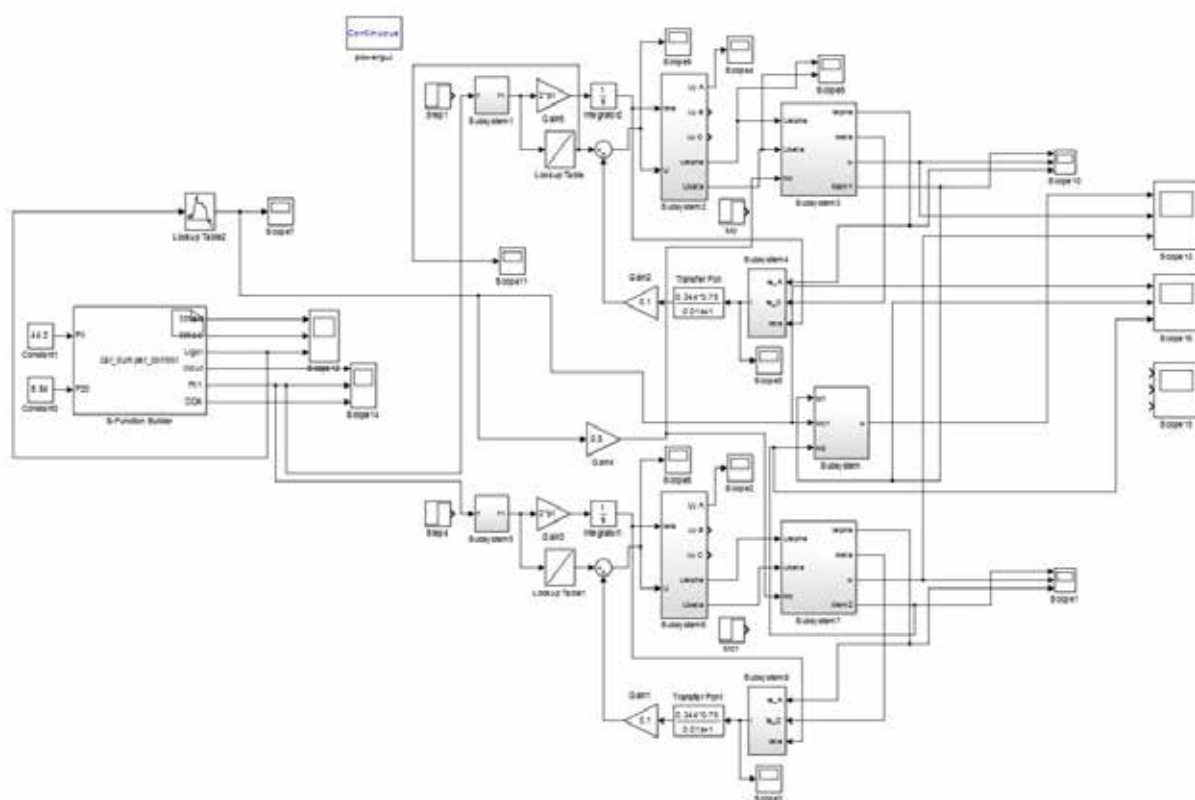


Рисунок 27 – Модель двухдвигательного электропривода с системой частотного управления и скалярной ИР-компенсацией

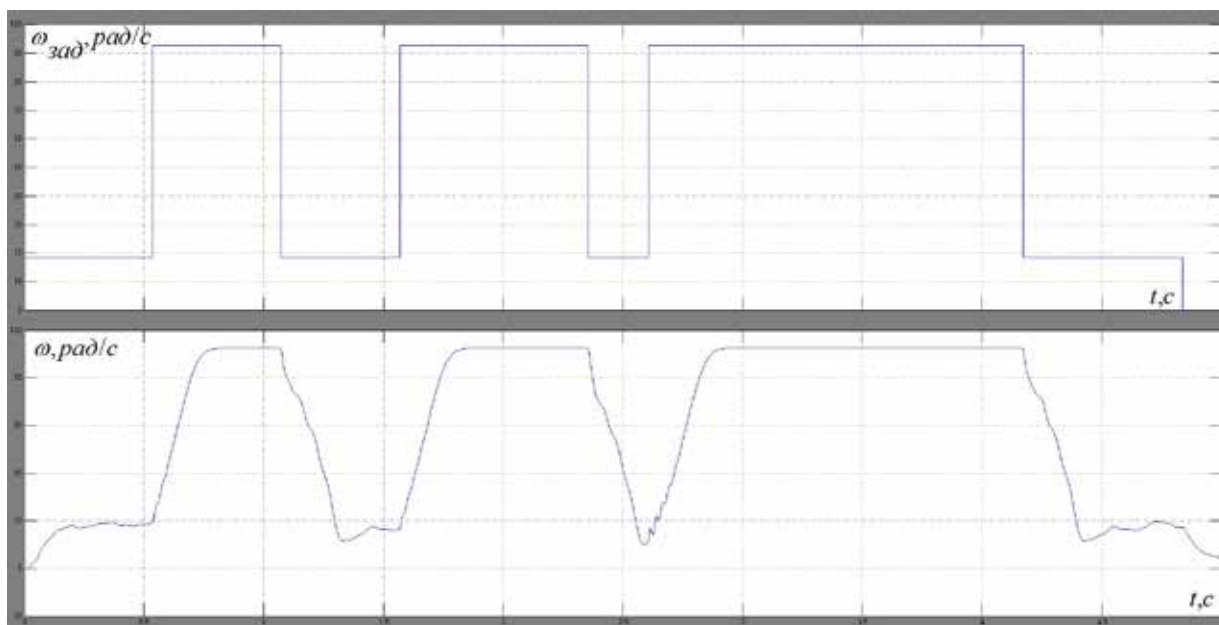


Рисунок 28 – График задания скорости, задания частоты и реальной скорости на двигателях без нагрузки

На графике отмечается отличие реальной скорости от заданной, что связано с инерционностью системы.

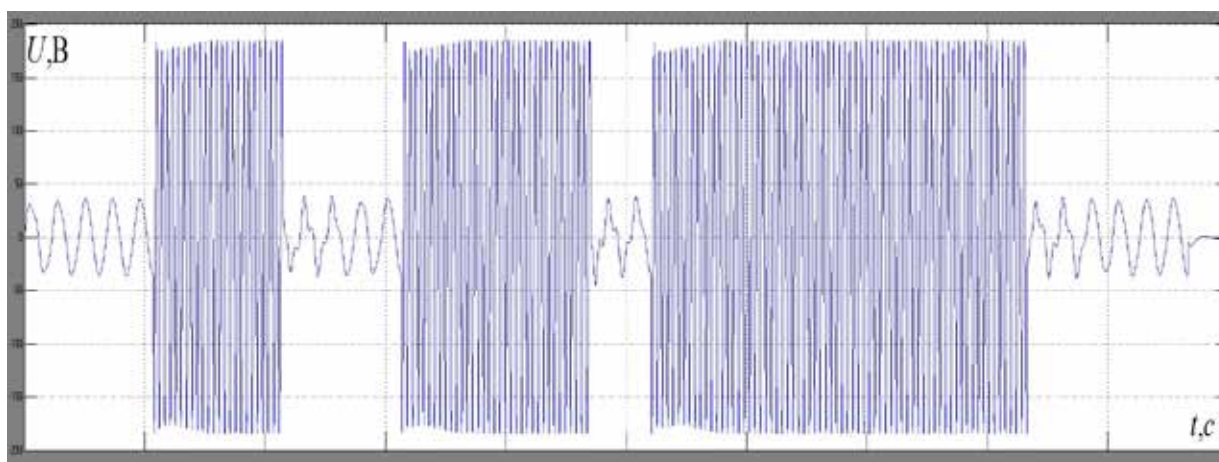


Рисунок 29 – График задания напряжения на выходе преобразователя в двухфазной неподвижной системе координат статора α, β

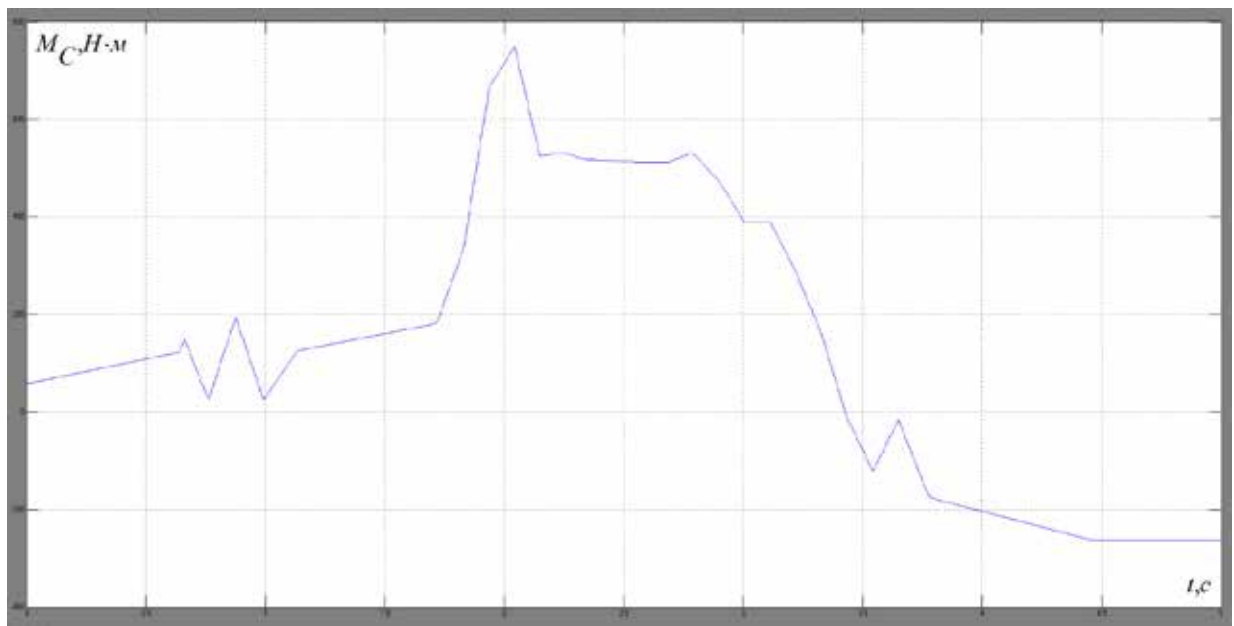


Рисунок 30 – Нагрузочная диаграмма вагоноопрокидывателя

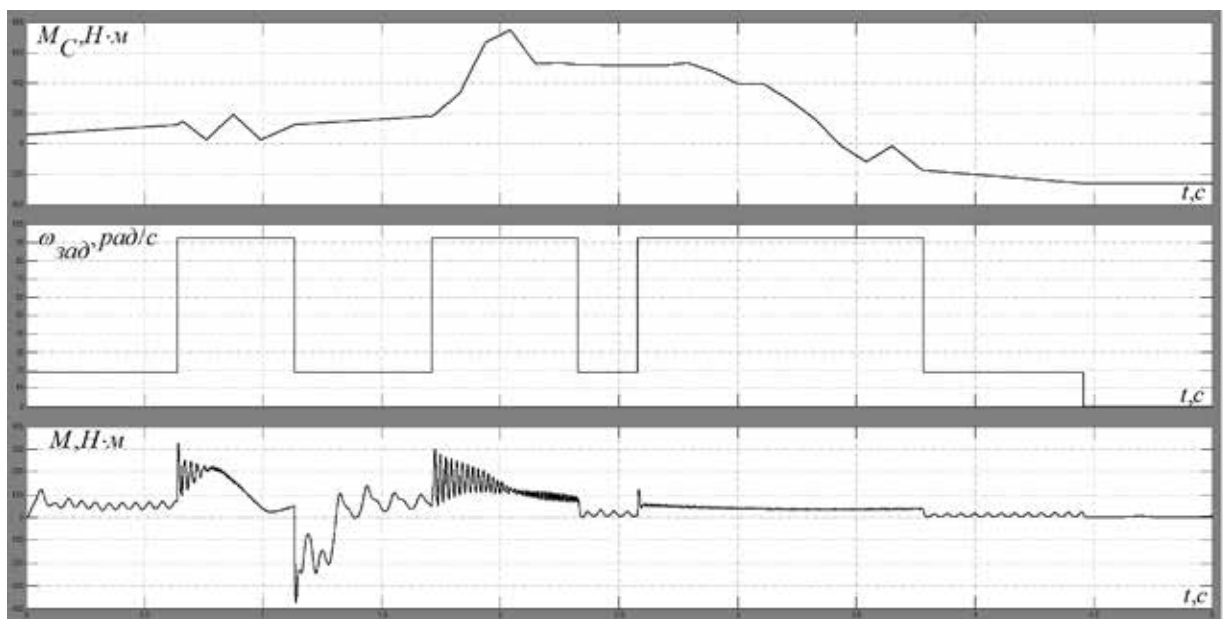


Рисунок 31 – Нагрузочная диаграмма, задание на скорость и график момента двигателей вагоноопрокидывателя

Характерные просадки момента объясняются изменением задания на скорость согласно циклограмме.

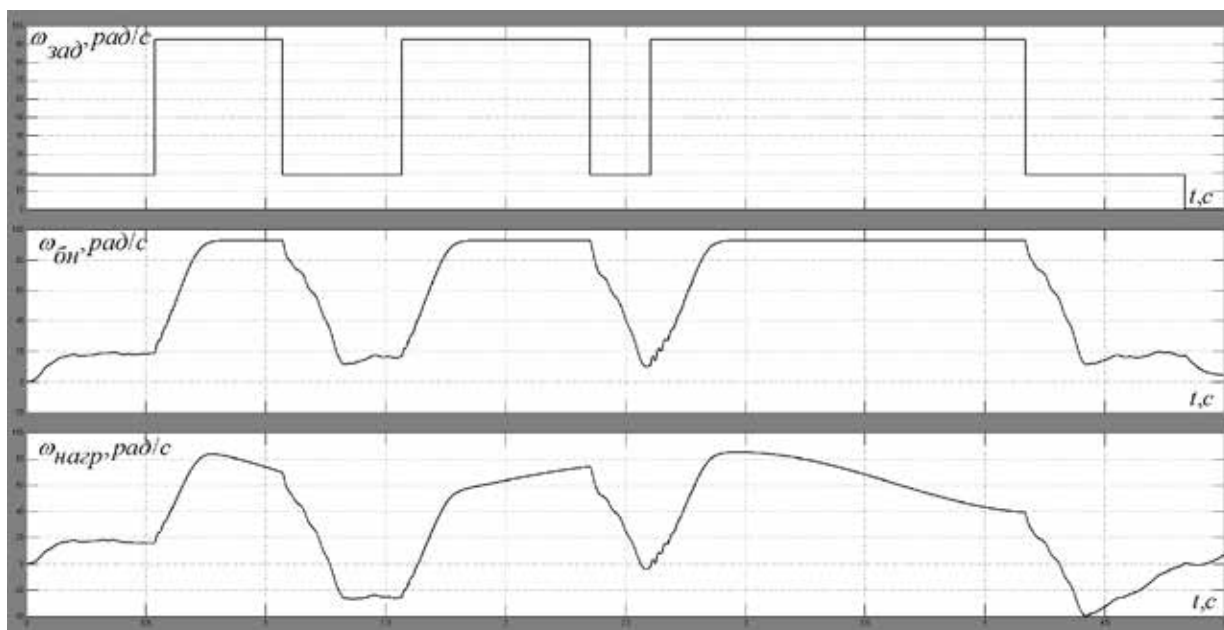


Рисунок 32 – Графики задания на скорость, скорости без нагрузки и с нагрузкой соответствующей нагрузочной диаграмме вагоноопрокидывателя

Из графиков переходных процессов видно, что применение преобразователя частоты позволяет улучшить динамические характеристики электропривода. Удаётся избежать динамических ударов при пуске и торможении, которые ведут к перегрузкам двигателя. Анализируя графики скорости можно сделать вывод что вследствие большого нагрузочного момента имеют место просадки скорости, однако, характерные ступени работы вагоноопрокидывателя присутствуют, и сохраняется необходимое время цикла, то есть производительность комплекса достигнута.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4А2	Кулимбаев Айбек Кунзахович

Школа	ИШЭ	Отделение школы	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость затрат технического проекта	В техническом проекте были задействованы 2 человека, (руководитель, дипломник). Затраты на материальные ценности определяются согласно прейскуранту. Заработная плата рассчитывается в соответствии с окладами сотрудников ТПУ.
2. Продолжительность выполнения	Приблизительная оценка продолжительности выполнения технического проекта определяется исходя из ожидаемой трудоёмкости работ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка потенциала и перспективности реализации технического проекта 2. Планирование и формирование графика работ по реализации технического проекта	Для составления графика по проектированию асинхронного электропривода вагоноопрокидывателя. • потенциал и перспективность реализации ТП оценивается проведением SWOT-анализа. • оценить технический проект выявляя при этом сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы. • определить трудоёмкость работ для каждого исполнителя. По полученным данным построить диаграмму Ганта, которая, позволяет спланировать процесс реализации технического проекта.
2. Формирование сметы технического проекта	В процессе формирования сметы технического проекта используется следующая группировка затрат по статьям: · материальные затраты; · полная заработная плата исполнителей; · отчисления во внебюджетные фонды; · накладные расходы
3. Ресурсоэффективность технического проекта	Оценка эффективности проекта производится с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности

Перечень графического материала:

График Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

11.03.2019г.

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А2	Кулимбаев Айбек Кунзахович		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является подтверждение целесообразности разработки технического проекта, отвечающего всем нынешним требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Составление SWOT-анализа работы асинхронного электропривода вагоноопрокидывателя.
- Планирование технико-конструкторских работ.
- Расчет затрат на проектные работы асинхронного электропривода вагоноопрокидывателя.
- Определение ресурсной эффективности проекта.

4.1 SWOT-анализ асинхронного электропривода вагоноопрокидывателя

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Представляет собой комплексное исследование технического проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [17]. Применительно к проекту по разработке асинхронного электропривода вагоноопрокидывателя. SWOT-анализ позволит оценить положительные и отрицательные стороны проекта.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, которая помогает выявить соответствия слабых и сильных сторон проекта, а также их возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT-анализа стоит использовать следующие обозначения: С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта; В – возможности; У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в таблице 11.

Таблица 11 - Матрица SWOT-анализа технического проекта

	Сильные стороны проекта: С1. Высокое качество питающего напряжения С2. Надежность систем защит и аварийной сигнализации С3. Квалифицированный персонал С4. Небольшие затраты на ремонт и обслуживание оборудования	Слабые стороны проекта: Сл1. Повышенный уровень шума Сл3. Значительная стоимость оборудования
Возможности: В1. Экономия электроэнергии за счет использования частотного преобразователя.	B1 C1C2C3C4	B1 Сл2Сл3;
В2. Повышение износостойкости элементов деталей электропривода.	B2 C2C4	B2 Сл1Сл2
В3. Резервное питание асинхронного электропривода вагоноопрокидывателя.	B3 C1C2C4	B3 Сл2Сл3.
В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	B4 C1C3	
Угрозы: У1. Развитая конкуренция технологии производства	У1	У1 Сл3
У2. Риск несвоевременной поставки оборудования	У2	
У3. Введения дополнительных требований к стандартизации и сертификации продукции со стороны государственной шахтовой инспекции	У3 С4	У3 Сл2

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения: «+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие.

Анализ интерактивных матриц, приведен в таблицах 12 и 13.

Таблица 12 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта			
	С1. Высокое качество питающего напряжения	С2. Надежность систем защит и аварийной сигнализации	С3. Квалифицированный персонал	С4. Небольшие затраты на ремонт и обслуживание оборудования
В1. Экономия электроэнергии за счет использования частотного преобразователя.	+	+	+	-
В2. Повышение износостойкости элементов деталей электропривода	-	+	+	+
В3. Резервное питание асинхронного электропривода вагоноопрокидывателя.	+	+	+	+
В4. Повышения стоимости конкурентных разработок	+	-	-	+
Возможности	Слабые стороны проекта			
	Сл1. Повышенный уровень шума	Сл2. Аварийные ситуации	Сл3. Значительная стоимость оборудования	
В1. Экономия электроэнергии за счет использования частотного преобразователя.	-	+	+	
В2. Повышение износостойкости элементов деталей электропривода.	+	+	-	
В3. Резервное питание асинхронного электропривода вагоноопрокидывателя.	-	+	+	
В4. Повышения стоимости конкурентных разработок	-	-	-	

Таблица 13 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта			
	С1. Высокое качество питающего напряжения	С2. Надежность систем защит и аварийной сигнализации	С3. Квалифицированный персонал	С4. Небольшие затраты на ремонт и обслуживание оборудования
У1. Развитая конкуренция технологии производства	-	-	-	+
У2. Риск несвоевременной поставки оборудования	-	-	-	+
У3. Введения дополнительных требований к стандартизации и сертификации продукции со стороны государственной шахтовой инспекции	-	-	-	-
Угрозы	Слабые стороны проекта			
	Сл1. Повышенный уровень шума	Сл2. Аварийные ситуации	Сл3. Значительная стоимость оборудования	
У1. Развитая конкуренция технологии производства	-	-	+	
У2. Риск несвоевременной поставки оборудования	-	-	-	
У3. Введения дополнительных требований к стандартизации и сертификации продукции со стороны государственной шахтовой инспекции	+	-	-	

По результатам интерактивных матриц, приведенных в ниже, видно, что самой сильной стороной проекта является надежность защит и аварийной сигнализации, так как несвоевременное ликвидация ошибок и аварий может повлечь за собой опасность для жизни людей, а также нарушение технологического процесса.

4.2 Планирование технического проекта

Организация работ технического проекта осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- разработка графика проведения технического проектирования.

4.2.1. Определение структуры работ в рамках технического проектирования

В данном разделе, представлен весь перечень этапов и работ, а также дано краткое описание работ, выполненных в ходе технического проектирования:

№1 – разработка технического задания (ТЗ) – представляет собой изучение первичной информации об объекте, требования к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№2 – сбор и изучение литературы – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, в том числе области применения оборудования, касающихся различных сторон технического проекта;

№3 – сбор исходных данных – это выбор из изученных источников электрических схем соединения; параметров двигателя; параметров частотного преобразователя.

№4 – подготовка данных для ввода в базу комплекса – составление схем замещения, расчет естественных характеристик электродвигателя, расчет параметров схемы замещения;

№5 – отладка базы данных и проведение тестовых расчетов – перепроверка всех введенных значений, формул и схем;

№6 – выбор оборудования – необходимо произвести выбор оборудования из изученных ранее источников. Данная работа формируется из приводного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, частотного преобразователя и определения типа вентилятора местного проветривания;

№7 – расчёт и проверка модели АД – построение естественных механических и электромеханических характеристик в среде MATLAB при холостом пуске и пуске с нагрузкой;

№8 – расчёт и проверка модели АД-ПЧ – расчет статических характеристик системы преобразователь-двигатель, расчет и построение механических $w(M_{эм})$ и электромеханических $w(I_1)$ характеристик асинхронного двигателя при изменении частоты в среде MATLAB;

№9 – оформление пояснительной записки – окончательная проверка руководителем, устранение недочетов дипломником, подготовку к защите, подготовка презентации;

№10 – сдача проекта – это заключительный этап выполнения ВКР, в котором дипломник осуществляет защиту своей работы.

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников выполнения проекта. Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в рабочих-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения, ожидаемого значения трудоемкости используется следующая формула [17]:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5},$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы раб.дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

4.2.3. Разработка графика проведения технического проекта

В рамках планирования технического проекта необходимо построить ленточный график проекта.

Диаграмма Ганта – представляет собой ленточную диаграмму, которая имеет две шкалы: шкала выполняемых задач и временная шкала. В соответствии со сроком, отведенным по проекту каждой задаче, он откладывается на временной шкале.

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР. На основе таблицы 14 строим план-график проведения работ (таблица 15).

Продолжительность выполнения технического проекта заняла 8,4 декады, начиная со второй декады марта и заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического в календарных днях заняла 84 дня. Из них:

- 70 дней – продолжительность выполнения работ дипломника;
- 12 выходных дней и 2 дня праздничных.
- 7 дней – продолжительность выполнения работ научный руководителя;
- Результаты расчетов продолжительности выполнения работ приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет продолжительности выполнения работ, раб.дн.

№ этапа работы	Вид работ	Исполнители	Минимально возможная трудоемкость	Максимально возможная трудоемкость	Ожидаемая трудоемкость
1	Составление ТЗ	Руководитель	1	1	1
2	Сбор и изучение литературы	Дипломник	6	10	7
3	Сбор исходных данных	Дипломник	6	10	7
4	Подготовка для ввода в базу	Дипломник	6	10	7
5	Отладка данных и проведение расчетов	Дипломник	12	14	13
		Руководитель	1	1	1
6	Выбор оборудования	Дипломник	2	4	3
7	Расчёт и проверка модели АД	Дипломник	11	14	12
		Руководитель	1	1	1
8	Расчет и проверка АД-ПЧ	Дипломник	12	14	13
		Руководитель	1	1	1
9	Оформление пояснительной записки	Дипломник	5	9	7
		Руководитель	1	3	2
10	Сдача проекта	Дипломник	1	1	1
		Руководитель	1	1	1

Таблица 15 – График пуско-наладочных работ

Подэтапы	Исполнители	Раб.дн и	Продолжительность выполнения работ									
			Март		Апрель			Май			Июнь	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	
1. Составление ТЗ	Руководитель	1										
2. Сбор и изучение литературы	Дипломник	7										
3. Сбор исходных данных	Дипломник	7										
4. Подготовка для ввода в базу	Дипломник	7										
5. Отладка данных и проведение расчетов	Дипломник	13										
	Руководитель	1										
6. Выбор оборудования	Дипломник	3										
7. Расчет и проверка модели АД	Дипломник	12										
	Руководитель	1										
8. Расчет и проверка АД-ПЧ	Дипломник	13										
	Руководитель	1										
9. Оформление пояснительной записки	Дипломник	7										
	Руководитель	2										
10. Сдача технического проекта	Дипломник	1										
	Руководитель	1										

4.3 Составление сметы технического проекта

При планировании сметы технического проекта (ТП) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования сметы ТП используется группировка затрат по следующим статьям:

- материальные затраты
- полная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат

В материальные затраты включаются затраты на канцелярские принадлежности, информационные носители (флеш-карты), картриджи и т.п.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = \sum_{i=1}^m Ц_i \times N_{\text{расх}i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.);

Значения цен на материальные ресурсы установлены по данным, прейскуранта канцелярского магазина ТД «Канцелярский мир».

Привлечение сторонней организации „Netcafe” для типографических работ приведена в таблице 16.

Таблица 16 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага	1	320	320
Файлы для бумаги	1	50	50
USB накопитель	1	500	500
Калькулятор	1	300	300
Распечатка текста	200	1.7	330
Итого			1500

4.3.2 Полная заработная плата исполнителей ВКР

В этом разделе рассчитывается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Полная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{пн}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата исполнителей рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{тс}} + З_{\text{р.к.}}}{F_{\text{д}}}$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{\text{р.к.}}$ – доплата с учетом районного коэффициента (30 %), руб.;

F_d – количество рабочих дней в месяце (26 при 6 – дневной рабочей неделе),
раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 17.

Таблица 17– Расчёт основной заработной платы исполнителей

Исполнители	Оклад, руб.	Районная доплата, руб.	Месячная зарплата, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Кол-во дней	Основная заработная плата, тыс. руб.
Руководитель	33664	10099	43763	1683	7	11,782
Дипломник	12300	3690	15990	615	70	43,050

Дополнительная заработная плата, составляет 12-15% от основной. Расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, тыс.руб	Дополнительная заработная плата, тыс.руб.	Полная заработной плата, тыс.руб.
Руководитель	0,15	11,782	1,767	13,500
Дипломник	0,12	43,050	5,166	48,200
Итого		54,832	6,933	61,700

4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются: обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам, органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС), страхование от несчастных случаев; от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

$k_{\text{внеб}} = 30,2 \%$ в условиях ТПУ.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 61,7 = 18,6 \text{ тыс. руб.}$$

4.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: оплата услуг телефонной связи, интернет, транспортные расходы и т.д.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

4.3.5. Формирование сметы технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции. Определение сметы затрат на технический проект приведен в таблице 19

Таблица 19 – Смета технического проекта.

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
Материальные затраты ТП	1,5	1,5
Затраты по полной заработной плате исполнителей темы	61,7	63,3
Отчисления во внебюджетные фонды	18,6	19,2
Накладные расходы	15,2	16,0
Итого	97,0	100,0

Исходя из представленной выше таблицы 1.9, можно сделать вывод, что смета затрат на выполнение технического проекта составляет 97 тыс.руб. Большая часть (63%) составляют затраты на заработную плату исполнителей.

4.4 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности[17]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Для определения ресурсоэффективности проекта по проектированию асинхронного электропривода вагоноопрокидывателя рекомендуется рассмотреть следующие критерии:

Надежность асинхронного электропривода – это длительный эксплуатационный ресурс (в частности, в условиях атмосферы с содержанием агрессивных реагентов, не стабильным напряжением и высокой влажности).

Надежность повышает исполнение всех деталей оборудования во взрывозащищенном и влагостойком корпусе, электроснабжения обеспечивается дополнительным резервным питанием, что в свою очередь позволяет обеспечить безаварийность и бесперебойность в работе.

Энергосбережение асинхронного электропривода – это экономия электрической энергии. Энергосбережение достигается за счет оптимального подбора мощности электродвигателей, использование частотно-регулируемого привода.

Материалоемкость асинхронного электропривода – это показатель расхода энергии для работы в номинальном режиме.

Удобство – это возможность лёгкой настройки, монтажа и демонтажа электропривода. Удобство монтажа и демонтажа осуществляется в отсутствие большого количества резьбовых соединений.

Производительности труда – это показатель, характеризующий результативность труда, обеспечивается в проекте благодаря автоматизации, но при этом капиталовложения возрастают.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Сравнительная оценка характеристик проекта.

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
Надежность	0,25	5
Энергосбережение	0,20	5
Материалоемкость	0,15	4
Производительность	0,15	4
Удобство	0,15	5
Производительность труда пользователя	0,10	4
Итого:	1,00	4,6

Расчет интегрального показателя ресурсо-эффективности:

$$I_{pi} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 = 4,6$$

С точки зрения коммерческого потенциала и перспективности разработки проекта отметим следующее:

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5 балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и энергосбережения позволяют судить о надежности системы.

В данном разделе были рассмотрены и раскрыты следующие вопросы:

- произведен SWOT-анализ, который выявил, приоритетные стороны этого проекта, указывающие на перспективность проекта в целом. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.
- составлена диаграмма продолжительности работ, позволяющая скоординировать работу исполнителей.

Рассчитана смета затрат на выполнение технического проекта, которая составила 97тыс.руб. - определен показатель ресурсоэффективности проекта, который имеет достаточно высокое значение – 4,6 (по 5- балльной шкале).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4А2	Кулимбаев Айбек Кунзахович

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Электроэнергетика и электротехника
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	Асинхронный электропривод вагоноопрокидывателя
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Объектом исследования является асинхронный электропривод вагоноопрокидывателя вагона разгрузки полувагонов. Объект исследования применяется в различных отраслях промышленности для переработки промышленных продуктов. (первичные концентраты) железных рудников.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	- Право на условие труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. - Организация и охрана труда. - Основные требования по обеспечению безопасной эксплуатации шнекового питателя. - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Основными вредными факторами являются: - Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания. - Механические колебаниями твердых тел и их поверхностей, (вибрация); - Акустические колебаниями в производственной среде(шум); - Отклонение показателя микроклимата; - Факторы, связанные со световой средой (недостаточная освещенность рабочей зоны). Опасными факторами цеха являются: Возможность получения травм вследствие: а) движения машин и механизмов; б) наличие высокого напряжения, поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования.
3. Экологическая безопасность:	-Анализ воздействия объекта на литосферу(отходы);
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	-Возможные ЧС -Пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова Анна Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А2	Кулимбаев Айбек Кунзахович		

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном разделе рассматривается безопасность и экологичность технологического процесса разгрузки полувагонов. Для осуществления этого технологического процесса применяется следующее основное оборудование: вагоноопрокидыватель, приемное устройство, дробильный комплекс. Технологический процесс разгрузки полувагона включает в себя следующие виды работ: настройку работы оборудования, работу с оборудованием, контроль уровня шума, вибрации с помощью специального оборудования.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Трудовые отношения на обогатительной фабрике **ОАО «ЗСМК»** регулируются "Трудовым кодексом Российской Федерации", коллективным договором данного предприятия, приказами, инструкциями и иными локальными нормативными актами.

В соответствии с коллективным договором и правилами внутреннего распорядка рабочим считается время, в течение которого работник обязан находиться на рабочем месте и выполнять свои трудовые обязанности.

Для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать: при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов.

На предприятии организован непрерывный трудовой процесс в три смены:

- I смена — с 7 часов утра до 15 часов;
- II смена — с 15 часов до 23 часов;
- III смена — с 23 часов до 7 часов утра.

Учетным периодом при суммированном учете рабочего времени является календарный месяц. Ночной сменой при указанном режиме признается III смена, а вечерней — II смена.

Когда условия производства (работы) не позволяют предоставить обеденный перерыв, работодатель обязан обеспечить возможность отдохнуть и перекусить в течение рабочего времени (ч. 3 ст. 108 Трудового кодекса РФ). В данном случае работодатель организует прием пищи работниками на рабочих местах, продолжительность отдыха и питания длится не более 30 минут. Перечень таких работ, время начала и окончания, и место приема пищи определяются коллективным договором предприятия.

Ежегодный основной оплачиваемый отпуск продолжительность 28 календарных дней предоставляется работникам в соответствии со ст. 115 ТК РФ. Людям, работающим по совместительству, ежегодные оплачиваемые отпуска предоставляются одновременно с отпуском по основной работе (ст. 286 Трудового кодекса РФ). Если на работе по совместительству работник не отработал 6 месяцев, отпуск предоставляется авансом. По соглашению между работником и работодателем ежегодный оплачиваемый отпуск может быть разделен на части. При этом хотя бы одна из частей этого отпуска должна быть не менее 14 календарных дней (ст. 125 Трудового кодекса РФ).

На работах с вредными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работникам выдается бесплатно по установленным нормам специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты. В соответствии со статьей 222 Трудового кодекса Российской Федерации на работах с вредными условиями труда предоставляется бесплатно по установленным нормам лечебно-профилактическое питание.

Помещение цеха выполнено из негорючих материалов первой степени огнестойкости. Здание цеха состоит из сборных железобетонных конструкций, которые относятся к негорючим материалам первой степени огнестойкости и имеют предел огнестойкости R120.

Напряжение питания 220 и 380В. Электроустановки до 1000 В. Обслуживание поручается лицам, имеющим квалификацию, соответствующую действующим требованиям.

5.2 Производственная безопасность

Таблица 21 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания (запыленность, загазованность).			+	ПБ 05-580-03 Правила безопасности на предприятиях по обогащению и брикетированию углей (сланцев) [24]
2.Механические колебания твердых тел и их поверхностей (вибрация).			+	Допустимый уровень вибрации по ГОСТ 12.1.003-83-99 ССБТ [24] цеху обогащения – 90дБ.
3.Акустические колебаниями в производственной среде(шум)			+	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки; СП 51.13330.2011. Защита от шума. [20]
4.Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего (отклонение показателей микроклимата)			+	Микроклимат производственного помещения характеризуется согласно [15]: СанПиН 2.2.4.548-96
5.Факторы, связанные со световой средой (недостаточная освещенность рабочей зоны)			+	Требуемая норма освещения Енор=200 ЛК. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95[28].
6. Возможность получения травм в следствии: движения машин и механизмов;			+	ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ Наличие безопасных путей для прохода рабочих, применение ограждения движущихся частей машин и механизмов, применение бирочной системы или наряда-допуска, строгое соблюдение правил техники безопасности, применение звуковой и световой сигнализации, исправное состояние спецодежды
7. наличие высокого напряжения, поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования.			+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТП Применение заземления ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ и зануления оборудования, наличие бирочной системы, соблюдение правил ТБ.

5.2.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Неблагоприятные условия окружающей среды вредно воздействуют на организм работающего, снижают реакцию, повышают утомляемость. К производственным вредным факторам на рассматриваемом производстве относятся:

Ø Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания (запыленность, загазованность).

В процессе переработки промышленных продуктов, в воздушной среде повышается уровень запыленности и загазованности. Неблагоприятное воздействие пыли на организм может быть причиной возникновения различных заболеваний: специфических (пневмокониозы, аллергические болезни) и неспецифических (хронические заболевания органов дыхания, заболевания глаз и кожи) пылевые поражения. Производственные пыли относятся к четвёртому классу опасности (малоопасные). ПДК пыли в воздухе рабочей зоны не должны превышать для углепородной пыли с содержанием диоксида кремния: 6 мг/куб.м (антрацит) и 10 мг/куб.м (уголь, сланцы) - до 5%; 4 мг/куб.м - 5 - 10%; 2 мг/куб.м - более 10%. [21].

Ø Механические колебания твердых тел и их поверхностей (вибрация).

Вредным производственным фактором является вибрация - механические колебания твердых тел, передаваемые организму человека. Источником вибрации является работа вагоноопрокидывателя. Колебания могут быть причиной расстройства сердечнососудистой и нервной системы, а также опорно-двигательной системы человека. Параметры вибрации регламентируются санитарными нормами и ГОСТом. Допустимый уровень вибрации по ГОСТ 12.1.003-83-99 ССБТ цеху разгрузки полувагонов АО «ЗСМК-90дБ.

Ø **Акустические колебаниями в производственной среде (шум)**

Опасности психологической группы связаны с шумом в обслуживании питателя, что приводит к снижению внимания, повышению травматизма. Источниками шума являются грохоты питателя в рабочем состоянии. В цехе разгрузки полувагонов шум достигает 75—80 дБ.

Ø **Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего (отклонение показателей микроклимата)**

В основу нормирования микроклимата положены условия, при которых организм человека сохраняет нормальный тепловой баланс за счет определенных физиологических процессов (прилив крови к кожному покрову, потоотделение и др.), благодаря которым осуществляется терморегуляция, обеспечивающая сохранение постоянной температуры тела путем теплового обмена с внешней средой. При несоблюдении норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных. Работы оператора по обслуживанию вагоноопрокидывателя относятся к категории средней тяжести 2а (физическая средней тяжести, энергозатраты до 200 ккал/ч).

Микроклимат производственного помещения характеризуется согласно [15]:

- температурой воздуха:
 - в холодный период года $t=19-21^{\circ}\text{C}$;
 - в тёплый период года $t=20-22^{\circ}\text{C}$;
- влажностью воздуха:
 - в холодный период года 60-40 %;
 - в тёплый период года 60-40%;
- скорость движения воздуха:
 - в холодный период года 0,2 м/с;
 - в тёплый период года 0,2 м/с.

Ø Факторы связанные со световой средой (недостаточная освещенность рабочей зоны)

Безопасность на фабрике в значительной мере зависит от освещения. Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы. В данном случае работы относятся к разряду IV Г. Требуемая норма освещения $E_{нор}=200$ ЛК. Для создания $E_{нор}$ применяется совмещенное освещение: естественное и общее люминесцентное освещение.

Для создания рациональных условий освещения большое значение имеет тщательный и регулярный уход за установками естественного и искусственного освещения.

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Возможность получения травм вследствие:

А) Движения машин и механизмов

Основными причинами травмирования рабочих при эксплуатации шнекового питателя является: отсутствие ограждений у движущихся и вращающихся частей муфт, приводов, барабанов; расштыбовка барабанов шнекового питателя при его работе; ремонт и смазка шнекового питателя во время его работы; включение шнекового питателя без предупреждения; некачественное крепление приводных и натяжных головок; нарушение производственной и технологической дисциплины (проход под шнековым питателем во время его работы, эксплуатация цепи с повышенным износом и т.п.).

Для исключения возможности получения травм в работе на шнековом питателе допускаются лица, хорошо изучившие правила обслуживания и управления питателем и прошедшие инструктаж по соблюдению правил техники безопасности.

Б) Наличие высокого напряжения, поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования.

К работам по наладке электропривода допускаются не менее двух человек по письменному разрешению руководителя. При настройке схем, замене предохранителей и т.д. необходимо использовать приборы и средства защиты, предназначенные для работ на электроустановках до 1000 В. Средства защиты, к которым относятся резиновые галоши, коврики, изоляция инструмента и т.д., должны проверяться перед каждым использованием. При наладке привода необходимо применение запрещающих и предупреждающих плакатов. Испытание электропривода осуществляется сначала на холостом ходу, а затем под нагрузкой.

Виды электротравм: местные, когда возникает местное повреждение организма; общие, так называемый электрический удар, когда непосредственно нарушается весь организм, из-за нарушения нормальной деятельности жизненно важных органов и систем.

Местные электротравмы – это ярко выраженное местное нарушение целостности тканей тела, в том числе костных тканей, вызванное воздействием электрического тока или электрической дуги. Чаще всего это поверхностные повреждения, т. е. поражение кожи, а иногда и других мягких тканей, а также связок и костей. Опасность местных травм и сложность их лечения зависит от места, характера и степени повреждения тканей, реакции организма на это повреждение. Как правило, местные электротравмы излечиваются, и работоспособность пострадавшего восстанавливается полностью или частично. Смерть от местных электротравм - редкий случай (обычно при тяжелом ожоге человек погибает). Причиной смерти при этом

является не ток, а местное повреждение организма, вызванное током.

Характерные местные электротравмы:

- электроожоги – 40 %
- электрические знаки – 7 %
- металлизация кожи – 3 %
- механические повреждения – 0,5 %
- электроофтальмия – 1,5 %
- смешанные (ожоги + др. местные электротравмы) – 23 %

Электроожог – самая распространенная электротравма. Возникает у 63 % пострадавших от электротока. 23 % (т.е. треть из них) сопровождается другими травмами. 85 % ожогов приходится на электромонтеров, обслуживающих действующие ЭУ.

5.2.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов

Загрязнение воздушной среды в зоне дыхания (запыленность, загазованность). В рассматриваемой фабрике борьба с пылью ведётся с помощью промышленного пылесборника, так как технологический процесс требует ликвидации пыли. К индивидуальным средствам защиты относятся противопылевые респираторы, защитные очки, специальная противопылевая одежда. Производственный процесс относится к 1а группе (избытки явного тепла незначительны, отсутствуют значительные выделения влаги, пыли, особо загрязняющих веществ).

Механические колебания твердых тел и их поверхностей (вибрация)

Снижение неблагоприятного воздействия общей вибрации устройств на операторов достигается как путем уменьшения интенсивности вибрации непосредственно в ее источнике (за счет конструктивных усовершенствований), так и средствами внешней виброзащиты, которые

представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации.

В качестве средств индивидуальной защиты работающих, используют специальную обувь на массивной резиновой подошве. Для защиты рук служат рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготовляют из упругодемпфирующих материалов.

Акустические колебаниями в производственной среде(шум)

При превышении уровня шума в рабочей зоне от 80 дБА, наниматель должен провести оценку риска здоровью персонала и подтвердить приемлемый риск здоровью[20].

Если эквивалентный уровень шума – от 85 дБА, то работать нельзя. Все оборудование, применяемое на участке обработки, для снижения шума установлено на виброопорах. Для защиты органов слуха применяют: наушники, антифоны, беруши.

Факторы связанные со световой средой (недостаточная освещенность рабочей зоны)

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы. В данном случае работы относятся к разряду IV Г [17]. Требуемая норма освещения $E_{\text{нор}}=200$ ЛК. Для создания $E_{\text{нор}}$ применяется совмещенное освещение: естественное и общее люминесцентное освещение.

Для создания рациональных условий освещения большое значение имеет тщательный и регулярный уход за установками естественного и искусственного освещения.

5.3 Экологическая безопасность

В процессе эксплуатации перерабатываемой фабрики образуются отходы производства: отходы углеобогащения, отходы чёрного металла, отработанные ртутные лампы, отработанные промышленные масла, бытовой мусор. Собственных мест хранения, захоронения отходов у АО«ЗСМК» нет.

Все отходы предприятие передает различным организациям для дальнейшей утилизации. На предприятии разработан проект нормативов образования и лимитов размещения отходов на основании нормативных актов, действующих в сфере обращения с отходами. В соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей среды» и другими законодательными документами, а также с целью поддержания экологического равновесия в районе на «ОАО ЗСМК» проводится экологический мониторинг.

Основные виды мониторинга:

- мониторинг загрязнения атмосферы - проводится на границе санитарно - защитной зоны предприятия;
- мониторинг сточных вод - проводится по безымянному ручью на входе его на промплощадку и при выходе с промплощадки.

Функции и обязанности по соблюдению норм в области охраны окружающей среды выполняет инженер по охране окружающей среды, действующий на основании «Положения о производственном контроле...» и Должностной инструкции инженера по охране окружающей среды

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Техногенные пожары и взрывы — это происшествия, которые вызваны хозяйственной деятельностью человека. В связи с насыщенностью сферы производства сложной техникой, такие чрезвычайные ситуации происходят все чаще, что вызывает большое беспокойство специалистов.

Техногенное происшествие содержащее угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и т.п.

В данном технологическом процессе может возникнуть пожар из-за короткого замыкания, вызывающих высокую температуру нагревания проводников что приводит к воспламенению изоляционного материала, получению травм обслуживающего персонала.

На рабочем месте каждый электропривод оборудования должен быть оснащен защищенной аппаратурой. Должна быть предусмотрена блокировка и защита на случай короткого замыкания и перегрузок. Установлены системы предотвращения пожара и противопожарной защиты.

Предупреждение ЧС, готовность к ним и реагирование должны быть составной частью системы управления охраной труда в организации.

В соответствии с этим в каждой организации должны быть определены мероприятия по предупреждению аварийных ситуаций, обеспечению готовности к ним и реагированию.

Классификация помещений по степени пожарной опасности и Помещения и здания в целом делятся по степени пожаро- или взрывоопасности на пять категорий в соответствии с техническим регламентом «О требованиях к пожарной безопасности». Цех разгрузки угля соответствует категории Б по пожарной опасности Категория Б - это помещения, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие волокна или пыль, а также легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки паров более 28°C в таком количестве, что образуемая ими с воздухом смесь при взрыве может создать давление более 5 кПа (цеха приготовления сенной муки, выбойные и размольные отделения мельниц и крупорушек, мазутное хозяйство электростанций и котельных) [15]. Категории производств по пожарной опасности в большой степени определяют требования к конструктивным и планировочным решениям зданий и сооружений, а также другим вопросам обеспечения пожаро- и взрывобезопасности. Они отвечают нормам технологического проектирования или специальным перечням, утверждаемым министерствами (ведомствами). Руководством при этом могут служить "Указания по определению категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности". Условия возникновения пожара в зданиях и сооружениях во многом определяются степенью их огнестойкости (способность здания или сооружения в целом сопротивляться разрушению при

пожаре). Здания и сооружения по степени огнестойкости подразделяются на пять степеней (I, II, III, IV и V). Степень огнестойкости здания (сооружения) зависит от возгораемости и огнестойкости основных строительных конструкций и от распространения огня по этим конструкциям. 74 Данный цех относится к негорючим, так как выполнен из железобетонных конструкций и негорючих материалов. Для обеспечения безопасности против пожаров и взрывов применяются следующие меры: 1) производственное помещение вентилируется восьмикратной сменой воздуха в час; 2) гидравлическая уборка полов, смыв пыли со стен, перекрытий конструкций и оборудования в конце каждой рабочей смены во всех отапливаемых помещениях топливоподачи; 3) оснащение конвейеров топливоподачи блокировками, исключающими пуск конвейеров при неработающих системах обеспыливания, щепо- и металлоулавливания; 4) выполнение электрооборудования трактов топливоподачи пылезащитного исполнения с учётом требований гидроуборки пыли; 5) герметизация (от пыления) всех устройств по пересыпке топлива внутри помещений, а также бункеров сырого топлива; 6) для обеспечения рассеивания пыли, выходящей из вентиляционной системы, высота вытяжной трубы должна быть не менее 3 м над самым высоким зданием (около 30 м).

Защита электрооборудования от короткого замыкания и перегрузок.

Защита электрооборудования и электрических сетей от токов короткого замыкания и значительных по величине и продолжительных перегрузок осуществляется предохранителями с плавкими вставками и автоматическими выключателями. При выборе аппаратов защиты должны быть соблюдены следующие условия:

- номинальное напряжение предохранителя должно быть равно или больше номинального напряжения сети
- плавкая вставка предохранителя не должна плавиться при расчетном токе
- плавкая вставка не должна расплавляться при пиковых токах

Воспламенения изоляции в следствии повышения температуры

С физической точки зрения, источниками загорания, проявляющимися при описанных аварийных электрических режимах, являются:

а) сильное тепловыделение при прохождении тока. Это может происходить по причине несоответствия величины протекающего тока и сечения проводника – либо за счет того, что ток слишком велик для данного штатного проводника (перегрузка) или микроканала, по которому проходит ток утечки (нагрев при не полном коротком замыкании)

б) искры, возникающие при больших переходных сопротивлениях, а также работе коммутационных устройств другого искрящего «электрооборудования»;

в) макродуги, возникающие при коротком замыкании;

г) раскаленные частицы и капли расплавленного металла, образующиеся при коротком замыкании

При анализе версий обычно учитывают, что источники зажигания как правило проявляют себя не поодиночке, а в комплексе. И при коротком замыкании, и при перегрузке, и больших переходных сопротивлениях часто имеет место сочетание последовательно или параллельно протекающих физических процессов и в каждом из них в ходе развития может проявиться несколько указанных факторов:

- при металлическом коротком замыкании – электрическая дуга с присущими «опасными факторами», но, плюс к этому, может проявиться и перегрузка за счет прохождения по электрической цепи тока короткого замыкания

- при неметаллическом коротком замыкании – утечка тока, нагрев изоляции, и ее карбонизация, разложение (если она представляет собой органический материал), но, в конечном счете, дело может закончиться пробоем и электрической дугой, опять же, с присущими ей «опасными факторами» и характерными следами (дуговыми оплавлениями)

- при перегрузке – нагрев проводников на протяженном участке и более сильный – в локальных зонах БПС. Если последние присутствуют в электрической цепи, то горение при перегрузке, скорее всего, возникнет в зоне их нахождения, если там имеются соответствующие горючие материалы. Если нет, то изоляция перегруженного провода может загореться в любом другом месте. Закончиться же все может, как и в предыдущих случаях, электрической дугой и дуговыми оплавлениями

Заключение

Целью данной выпускной квалификационной работы является снижение электрических нагрузок на электродвигатели и динамических нагрузок на механическую часть вагоноопрокидывателя и полувагон и повышение за этот счет срока эксплуатации при интенсивных повторно-кратковременных режимах работы с помощью высоконадежной двухдвигательной системы электропривода с улучшенной энергоэффективностью.

- разработанный электропривод позволит снизить потери в системе электропривода, а также повреждаемость механизма и подвижного состава (полувагонов и вагонов), что позволит увеличить срок эксплуатации как асинхронных электродвигателей, так и конструкции вагоноопрокидывателя;

- система скалярного двухдвигательного частотного электропривода приведет к снижению износа механической части вагоноопрокидывателя, продлению срока эксплуатации двигателей за счет исключения тяжелых пусковых режимов и применения простых в обслуживании недорогих и надежных АДКЗ;

- разработанная система электропривода позволит в среднем на 20% снизить энергопотребление и уровень реактивной мощности во всех режимах работы за счет применения частотных преобразователей с рекуперацией энергии в сеть и исключения роторных сопротивлений.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выполнен технический проект и решены следующие задачи:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены как сильные, так и слабые стороны технического проекта. В таких случаях используют интерактивные матрицы возможностей и угроз. Анализ данных матрицы, установил, что соответствия угроз с сильными и слабыми сторонами имеют низкую вероятность, что нельзя сказать о возможностях. В итоге следует, что данный технический проект имеет несколько важных преимуществ, таких как высокая безопасность производства и энергоэффективность, которые

обеспечат повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства;

- при планировании технических работ была составлена ленточная диаграмма Ганта. Данная диаграмма позволяет оптимально спланировать время работы исполнителей проекта (руководителя и дипломника);

- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта. По этим данным можно определить, стоит ли проводить дополнительные мероприятия по оптимизации затрат на проект;

- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала довольно высокий результат (4,6 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

В разделе «Социальная ответственность» был проведен анализ опасных и вредных факторов, возникающих в процессе эксплуатации вагоноопрокидывателя. Освещены вопросы техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности. Также рассмотрены вопросы экологической безопасности, составлены меры и действия, проводимые работниками, во время возникновения аварийной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Иванов Г.М., Онищенко Г.Б. Автоматизированный электропривод в химической промышленности. М., «Машиностроение», 1975, 312 с.
- 2 Л.С. Удут, Н.В. Кояин, О.П. Мальцева. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 6. Механическая система электропривода постоянного тока. Томск, изд-во ТПУ, 2004. — 144с.
- 3 Л.С. Удут, Н.В. Кояин, О.П. Мальцева. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод. Томск, изд-во ТПУ, 2010. — 472с.
- 4 О.П. Мальцева, Л.С. Удут, Н.В. Кояин, Системы управления электроприводов. Томск: изд-во ТПУ, 2007. — 152 с.
- 5 Преобразователи частоты для одно- и многодвигательных электроприводов мощностью от 2.2 кВт до 230 кВт. Каталог DA65.10.201 – www.siemens.de/masterdrivevectorcontrol
- 6 Каримсаков Т.К. Варианты модернизации электроприводов шахтных вагоноопрокидывателей // ЭС и К . 2014. №3 (24)
- 7 Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок. Томск: изд-во ТПУ, 2006 – 248с.
- 8 Электронный каталог продукции www.ame-i.ru/price35.asp.
- 9 Электронный каталог продукции www.kamkabel.ru/catalogue .
- 10 Электронный каталог продукции www.keaz.ru/production/catalogue/switch/va57.
- 11 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
- 12 Теличко Л. Я., Корчагин А. А. Разработка и исследование оптимальной системы двухдвигательного электропривода механизма опрокидывания // Вестник ВГТУ . 2010. №2
- 13 В.Н. Извеков Методические указания по разработке раздела «Производственная и экологическая безопасность» выпускной

квалификационной работы для студентов заочного и очного обучения всех направлений и специализаций. - Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 31с.

14 Гриневич Г.П. Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ на железнодорожном транспорте. Учебник для вузов ж.-д. трансп. 4-е изд., перераб. и доп. – М. Транспорт, 1981 – 343 с.

15 Технический регламент по пожарной безопасности.

16 Методические указания для выполнения экономической части ВКР.

17 Коршунова Л. А., Кузьмина Н. Г. Технико-экономическое обоснование инновационного проекта. Методические указания по выполнению экономического раздела ВКР для студентов энергетических специальностей всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012.

18 Саушев Александр Васильевич, Троян Дмитрий Игоревич Идентификация электроприводов портовых перегрузочных машин // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова . 2015. №5 (33).