

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электропривод и автоматика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электропривод скипового подъемника

УДК 62-83:621.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗА2	Насруллаев Жахонгир Давлат угли		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель Отделения	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Дементьев Ю.Н.	Ph.D, доцент		

Томск – 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электропривод и автоматика

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. отделением

(Подпись) _____ (Дата) Ю.Н. Дементьев
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5ГЗА2	Насруллаеву Жахонгиру Давлат угли

Тема работы:

Электропривод скипового подъемника

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 856/с от 08.02.2018г

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2018г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документация.

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, социальная ответственность проекта; финансовый менеджмент; заключение.
Перечень графического материала	<ul style="list-style-type: none"> - 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	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.04.2018г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ланграф С.В.	к.т.н.		05.04.2018г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г3А2	Насруллаев Жaxonгир Давлат угли		05.04.2018г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 149 с., 27 рисунка, 25 таблиц, одно приложение, 23 используемых источника и 9 листов графического материала.

Объектом исследования является лебёдка главного скипового подъёмника, входящая в систему верхней загрузки доменной печи.

Целью проекта является разработка электропривода главного скипового подъёмника доменной печи в соответствии с требованиями технического задания, и исследовать его работу методами численного моделирования на ЭВМ.

В ходе работы был разработан электропривод, на базе цифрового тиристорного электропривода S1MOREG K 6RA 24, обеспечивающий следующие показатели качества:

- Точность остановки скипа в заданной точке;
- точность регулирования;
- надёжность электропривода.

Содержание

Введение.	8
1.1 Объект автоматизации. Назначение. Описание. Общий вид. Параметры.	9
1.2 Механизм. Назначение. Описание. Кинематическая схема. Параметры.	13
1.3 Технологический процесс. Описание. Параметры и характеристики. Требования к электроприводу механизма и автоматизации	16
1.4 Обоснование и выбор рода тока. Типа электропривода и способа регулирования координат. Выбор вида автоматизации технологического процесса	19
1.5 Разработка технического задания	25
2.1. Выбор и проверка электродвигателя по максимальному моменту и нагреву.	28
2.1.1 Расчёт мощности двигателей главного подъёмника	28
2.1.2 Проверка двигателей по нагреву	32
2.2. Расчет и выбор элементов электрооборудования силовой цепи.	48
2.2.1 Выбор электродвигателя	48
2.2.2 Выбор вентильного преобразователя	50
2.2.3 Расчёт и выбор силового трансформатора	52
2.2.4 Выбор токоограничивающих реакторов	55
2.2.5 Определение параметров фаз	56
2.2.6 Определение параметров эквивалентного преобразователя	57
2.2.7 Выбор сглаживающего дросселя	57
2.2.8 Расчёт параметров силовой цепи	59
2.3 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода	59
2.4 Электромеханические характеристики системы преобразователь - двигатель	62
2.5 Структурная схема линеаризованной САУ	66

2.6 Синтез системы автоматического управления электроприводом	66
2.6.1 Контур тока	68
2.6.2 Контур скорости	70
2.6.3 Контур тока возбуждения	70
2.6.4 Контур ЭДС цепи возбуждения двигателя	73
2.7 Нелинейная САУ РЭП	77
2.7.1 Анализ основных нелинейностей электропривода	77
2.7.2 Структурная схема нелинейной САУ ЭП	78
2.7.3 Исследование электропривода на имитационных моделях	80
2.7.4 Расчет статических характеристик	83
2.8 Принципиальная электрическая схема.	88
2.8.1 Принципиальная электрическая схема. Согласование с сетью.	
Интеграция в схему автоматизации технологического процесса	88
2.8.2 Описание. Защиты и блокировки.	90
2.8.3 Рекомендации по настройке и эксплуатации	92
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	93
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	94
3.1 Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование	94
3.1.2 Обоснование выбранного оборудования и принятого способа управления агрегатами	95
3.1.3 Анализ конкурентных технических решений	96
3.1.4 Оценка научно-технического уровня проекта	98
3.2 Планирование комплекса работ на создание проекта	100
3.2.1 Определение трудоемкости работ	100
3.2.2 Планирование пуско-наладочных работ (ПНР)	107
3.2.3 Состав бригады для проведения ПНР	109
3.3. Бюджет проектной работы	111

3.3.1 Расчет бюджета проектной работы	112
3.3.2 Расчет капитальных затрат	113
3.3.3 Расчет заработной платы исполнителей проекта	113
3.3.4 Расчет пенсионных и страховых отчислений	116
3.3.5 Расчет накладных расходов	116
3.3.6 Формирование бюджета по монтажу и ПНР лебедки скипового подъема	117
3.3.7 Расчет расходов при эксплуатации электропривода	117
3.3.8 Расчет амортизационных отчислений	118
3.3.9 Расчет заработной платы обслуживающего персонала	119
3.3.10 Расчет общей суммы эксплуатационных расходов	120
3.4. Определение ресурсосберегающей и экономической эффективности проекта	120
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	124
4 Социальная ответственность	126
4.1 Профессиональная социальная безопасность	126
4.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	136
4.3 Экологическая безопасность	139
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	143
CONCLUSION	144
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ источников	145
ПРИЛОЖЕНИЕ А	147

Введение.

Лебёдка скипов входит в состав системы загрузки доменной печи. Так как производство чугуна является непрерывным и не допускает незапланированных остановок технологического оборудования в следствии снижения качества продукции и ненормального режима работы доменной печи, к её оборудованию предъявляются высокие требования к качеству работы и надёжности.

Это обстоятельство, а так же развитие микропроцессорной техники способствовало появлению цифровых систем управления. На современном этапе развития система загрузки доменной печи является гибкой автоматизированной системой, управляемой от микроконтроллера.

Преимущества, достигаемые при использовании микропроцессорных устройств - это замена электронных, электрических и электромеханических блоков с жёсткой, фиксированной логикой работы, универсальным устройством, программированием которого определяют алгоритм работы электропривода и обслуживаемой им машины. Микропроцессорные системы снижают затраты и сроки проведения наладочных работ и изменяют их характер, поскольку необходимые эксперименты по определению характеристик и параметров, а так же настройка регуляторов может быть произведена автоматически самой микро-ЭВМ по заранее подготовленной программе.

Система электропривода, рассматриваемая в данном дипломном проекте, готовится к вводу в эксплуатацию на доменной печи №2 доменного цеха ОАО “ЗСМК”.

1.1 Объект автоматизации. Назначение. Описание. Общий вид.

Параметры.

Доменный цех является основным звеном в металлургии черных металлов. Основной его функцией является выплавка чугуна из шихтовых материалов (железной руды, агломерата и т.п.) в доменных печах. Механизмы, входящие в систему загрузки доменной печи, связаны общими условиями технологического процесса и должны работать согласованно. При ручном управлении потребовалось бы несколько операторов, причём из-за невозможности точно согласовать их действия имели бы место задержки в работе механизмов и неправильные операции управления. Только автоматическое управление механизмами обеспечивает высокую точность, производительность и надёжность работы комплексной системы загрузки. Огромное значение имеет также правильная шихтовка печи, что обеспечивается наиболее полно лишь при автоматической загрузке материалов.

Шихтовые материалы подаются в печь равномерно, циклически повторяющимися подачами. В состав каждой подачи входят основные материалы шихты, такие, как: рудные материалы - руда, агломерат, флюсы, добавки и топливо - кокс. Число гружёных скипов в подаче в доменном цехе ОАО “ЗСМК” составляет 4.

В состав современной системы загрузки входят следующие механизмы.

- лебёдка скипов
- лебёдка конусов
- ВРШ или “РОТОР” (в зависимости от исполнения засыпного аппарата)
- система уравнивающих клапанов межконусного пространства
- зонды
- механизмы нижней системы загрузки (грохота, затворы весов агломерата и кокса, конвейера, лоток)

Все эти механизмы должны работать в определённой последовательности, нарушение которой может привести к простоям и авариям. Современные системы управления процессом загрузки в основном реализованы на

программируемых контроллерах, которые управляют процессом в соответствии с заранее заложенной программой. Максимальная производительность системы загрузки достигается за счёт сведения к минимуму времени работы механизмов и погрузочных операций.

Развитие отечественной системы загрузки

Первый комплект отечественного оборудования был изготовлен в 1928 году для доменной печи завода им. Дзержинского. Электрооборудование поставлял Харьковский электромашиностроительный завод (ХЭМЗ); управление механизмами было дистанционным, но не автоматическим.

Первая советская автоматическая система загрузки была изготовлена в 1933 году для типовой доменной печи Гипромеза полезным объёмом 930 м³. Схемы и аппаратура автоматического управления были разработаны заводом ХЭМЗ. Особенностью этой системы было применение для главного скипового подъёмника двухдвигательного привода постоянного тока с реостатным управлением и последовательно-параллельным включением двигателей; для управления конусами были применены пневматические цилиндры. Расчётная скорость подъёма скипов составляла 1,85 м/с.

Вторая модель системы загрузки была разработана в 1935 году для доменной печи объёмом 1143 м³. Для главного подъёмника был применён привод генератор-двигатель (Г-Д) с двумя двигателями типа КП4-4 по 190 кВт, 300В, 620 об/мин. Каждый двигатель получал питание от отдельного преобразовательного агрегата, состоящего из генератора постоянного тока 210 кВт, 330В и асинхронного двигателя 350 кВт, 720 об/мин. Максимальная скорость лебёдки была повышена до 2,5 м/с.

В 1937 году ХЭМЗ разработал третью модель автоматической системы загрузки применительно к типовой печи Гипромеза с полезным объёмом 1300 м³. отличительными особенностями этой системы были: применение для питания двигателей главного подъёмника одного общего генератора типа ПБК-6, 500 кВт, 600В с приводным синхронным двигателем 700 кВА, 520кВт, 6 кВ, 750 об/мин; применение одной комбинированной лебёдки для управления конусами;

усовершенствование схем автоматического управления. Скорость главного подъёмника была доведена до 3 м/с путём увеличения скорости двигателей КП4-4 с 620 до 740 об/мин ослаблением потока двигателей.

Вторая половина 20-го века характеризуется значительным усовершенствованием технологического процесса производства чугуна и увеличением производительности доменных печей. Возрос удельный вес крупных доменных печей и повысился общий уровень автоматизации. Контроль за режимом печи стал осуществляться по многим параметрам.

Развитие полупроводниковой техники привело к появлению автоматической системы загрузки с системой управления, выполненной по схеме управляемый выпрямитель - двигатель. В качестве управляемых выпрямителей были использованы комплектные тиристорные электроприводы электропривода серии КТЭУ, КТЭ, ЭКТ и др.

На современном этапе развития систем загрузки доменных печей к ним предъявляются очень высокие требования по надёжности, времени отработки программного цикла и т.д. Тесное сотрудничество с зарубежными фирмами дало возможность получить в распоряжение высоконадёжные программируемые электропривода, к достоинствам которых можно отнести: компактность, удобство наладки и эксплуатации, цифровую обработку контролируемых координат и задающего воздействия, гибкую структуру системы регулирования.

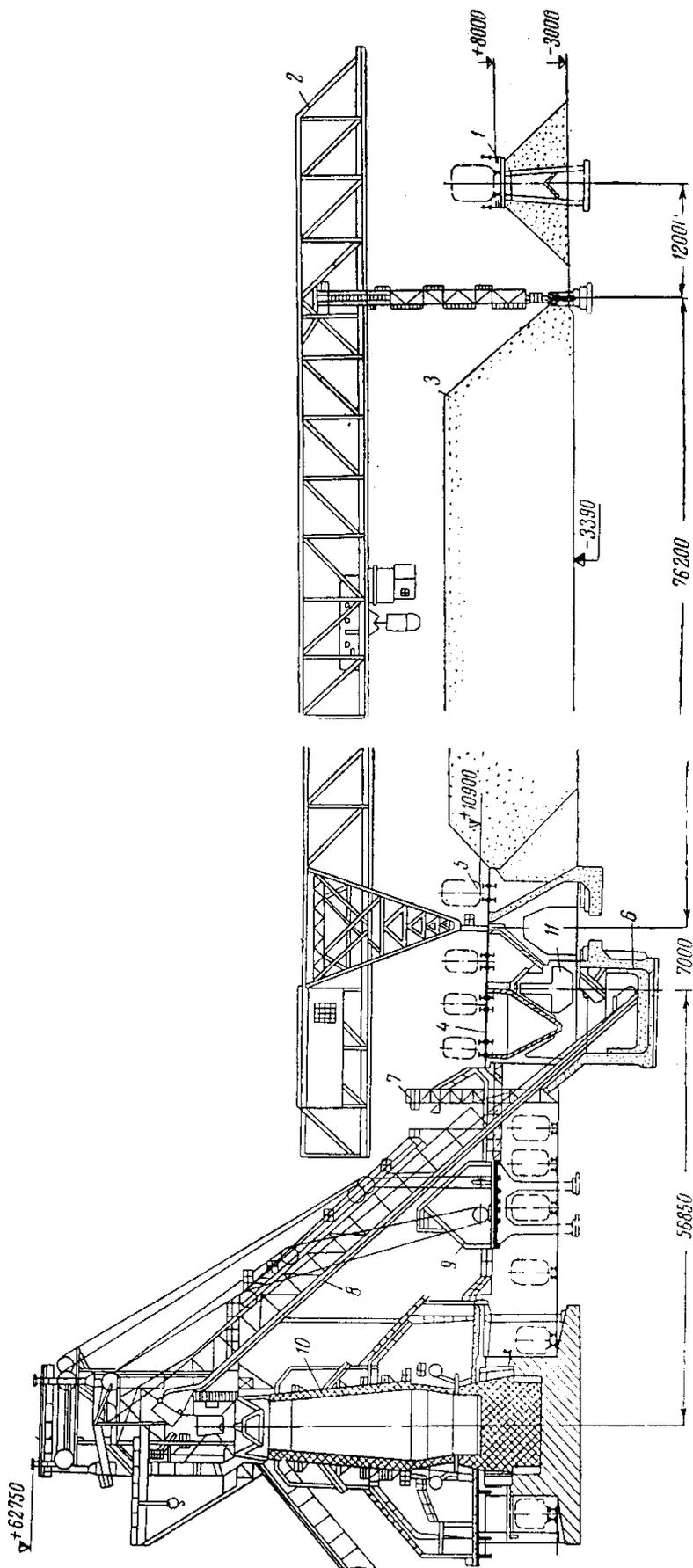


Рис. 2. Поперечный разрез доменного цеха:

1 — разгрузочная эстакада; 2 — перегружатель; 3 — штабель руды; 4 — бункерная эстакада; 5 — консольный разгрузочный путь; 6 — скиповая яма; 7 — подъемник коксовой мелочи; 8 — ковшниковый подъемник; 9 — машинное здание; 10 — доменная печь; 11 — вагон-весы

1.2 Механизм. Назначение. Описание. Кинематическая схема.

Параметры.

Электропривод главного скипового подъёмника предназначен для подъёма шихтовых материалов, загруженных в скип, в приёмную воронку, находящуюся на колошнике доменной печи. Скипы подвешены на концах канатов лебёдки ГП. Два каната от каждого скипа проходят через три направляющих шкива. Когда один из скипов, например правый (если смотреть из скиповой ямы на печь), находится в скиповой яме, второй (левый) в это время находится на колошнике в опрокинутом положении. Если вращать лебёдку по часовой стрелке (“вперёд”), то правая ветвь канатов будет наматываться, а левая сматываться. Скипы придут в движение, и когда правый скип достигнет крайнего положения на колошнике, левый опустится в скиповую яму и станет на погрузку. После загрузки скипа лебёдка запускается в обратном направлении (“назад”), и левый скип поднимается на колошник, а правый опустится в скиповую яму.

Для выгрузки шихты из скипа в приёмную воронку в верхней части моста параллельно двум основным выгнутым книзу рельсам укладывают с их внешней стороны два отрезка вспомогательных рельсов. Вначале вспомогательные разгрузочные рельсы уложены в одной плоскости с основными, затем поднимаются вверх над ними. Когда скип достигает разгрузочного пути, передние катки скипа проходят по основному пути; задние катки скипа, имеющие по два обода, которые расположены по обе стороны внешней реборды, перемещаются своими наружными ободами по вспомогательному пути. Задний торец кузова скипа при этом приподнимается и материал высыпается в приёмную воронку. Пустой скип опускается вниз, переходя на основной рельсовый путь под действием собственного веса.

Режим работы лебёдки реверсивный. Как и для всякого подъёмника и механизма, график движения и, а, $L = f(t)$ должен быть рассмотрен для трёх

участков: ускорения, равномерного движения и торможения. При этом учитываем следующие характерные особенности работы скиповой лебёдки. Возвращение пустого скипа из опрокинутого положения на прямолинейный участок пути осуществляется за счёт его собственного веса, поэтому скорость канатов и лебёдки должна соответствовать скорости опускания скипа. В противном случае, при большей скорости лебёдки, возможно ослабление сматывающейся ветви канатов и последующие нежелательные толчки, способные опрокинуть скип или оборвать канаты. Скорость при выходе с разгрузочного участка практически составляет 1.5-2.5 м/сек. При подходе грузёного скипа к разгрузочному криволинейному участку пути скорость должна быть снижена до 1-1.5 м/сек. При этом происходит отключение двигателя с наложением механических тормозов и фиксированная остановка лебёдки в крайнем положении разгружаемого скипа. Кривые скорости, ускорения и пути движения скипа по наклонному мосту приведены на рисунке 2.

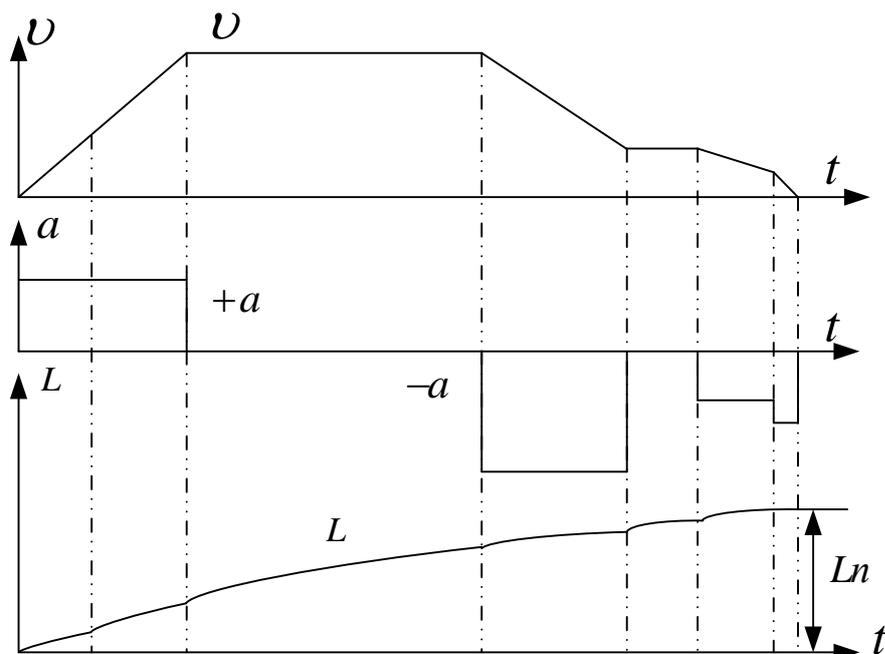


Рисунок 2 - Кривые скорости, ускорения и пути движения скипа

Параметры лебёдки скипов доменной печи типа ЛС1-22,5-210, приведены в таблице 1

Таблица 1

№	Параметр	Значение
1	Геометрическая ёмкость скипа Q_c , м	10
2	Вес пустого скипа G_c , кг	8400
3	Диаметр катка скипа D_c , мм	500
4	Диаметр цапфы катка D_n , мм	140
5	Диаметр каната D_k , мм	43,5
6	Вес погонного метра каната $g_{ккг}$	-16
7	Длина пути по канату, м: а) в скиповой яме L_c , м б) на мосту L_m , м в) на разгрузочном участке L_p , м	7 83 -5
8	Допустимая вытяжка канатов, мм	до 100
9	Допустимое расстояние от низа скипа до пола скиповой	200
10	Точность останова барабана лебёдки, мм	+25
11	Ширина колеи основного пути, мм	1454
12	Ширина колеи на разгрузочном участке, мм	1700
13	Угол наклона рельсового пути в яме α_i	60°
14	Диаметр направляющего шкива D_m , мм	2000
15	Маховый момент барабана (на собственном валу) GD^2_6 кгм ² Маховый момент зубчатых колёс редуктора (на промежуточном валу) GD^2_3 кгм ² привелённый к валу двигателя	22 30000 39000 2200 550
16	GD двигателей и тормозных шкивов (на валу двигателей),	700
17	Грузоподъёмность (два двигателя/один двигатель): нормальная $G_r.H$, кг максимальная (авар.) $v_{г.макс}$, кг	22500/15000 15000/---
18	Скорость подъёма (два двигателя/один двигатель): нормальная v_n , м/с максимальная (форсиров.) $v_{макс}$, м/с	4/4 4/4
19	Передаточное число: от вала двигателя к промежуточному валу i_1 промежуточного вала к валу барабана i_2 общее от	3,12 5,96
20	Диаметр барабана D_b , мм	2000
21	Суммарный расчётный момент торможения на валу	637
22	Число двигателей	2

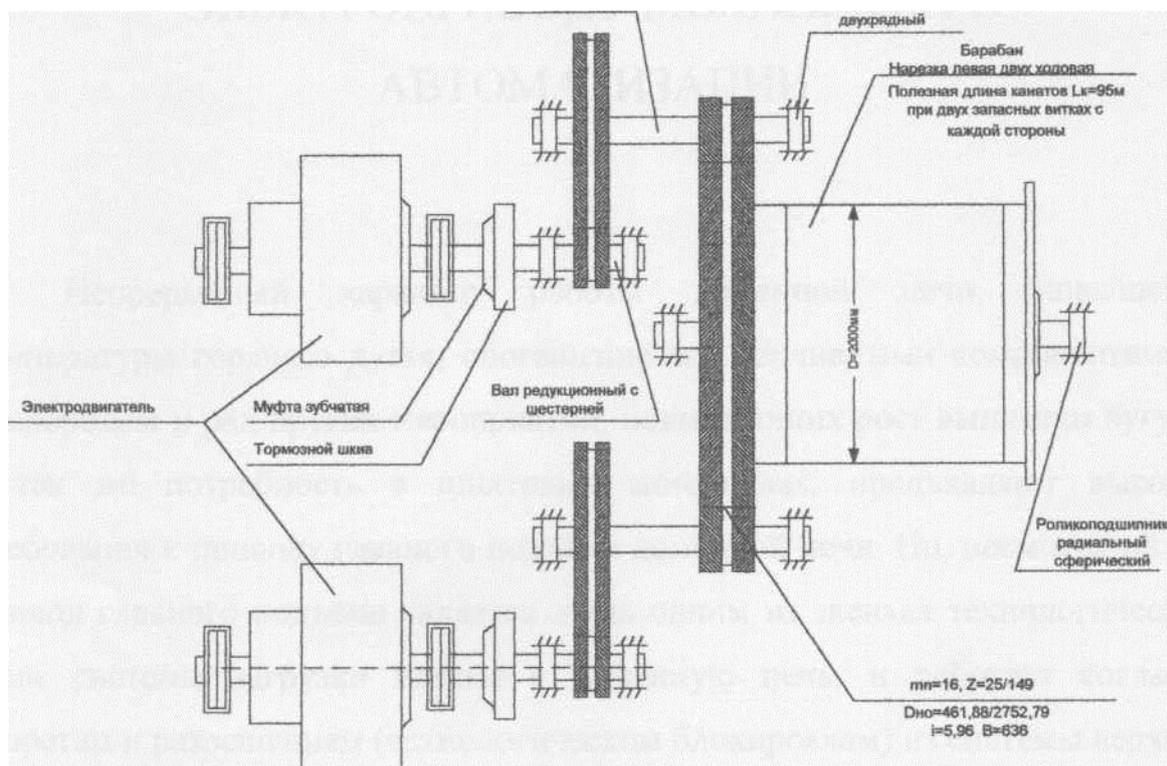


Рисунок 3 - Кинематическая схема механизма лебёдки скипов типа ЛС 1-22,5-210

1.3 Технологический процесс. Описание. Параметры и характеристики. Требования к электроприводу механизма и автоматизации.

Непрерывный характер работы доменной печи, повышение температуры горячего дутья, обогащение его топливными компонентами и кислородом и ряд других мероприятий, повышающих рост выплавки чугуна, а так же потребность в шихтовых материалах, предъявляют высокие требования к приводу главного подъёма доменной печи. Но, несмотря на это привод главного подъёма является лишь одним из звеньев технологической цепи системы загрузки шихты в доменную печь, и работает согласно запретам и разрешениям (технологическим блокировкам) из системы верхней и нижней системы загрузки.

Процесс металлургического передела чугуна в доменном цехе начинается с нижней системы загрузки, в которую входят : конвейерная ПТС (поточно-транспортная система) подачи агломерата , кокса и материалов добавок от близлежащих производств, таких , как аглофабрика и коксохимическое производство; системы бункеров , предназначенных для накопления материала; система вибрационных грохотов, предназначенных для отсева мелких фракций шихты перед её подачей в доменную печь (шихта на грохот подаётся через шиббер, расположенный в нижней части накопительного бункера ; каждому бункеру соответствует свой грохот); конвейерная ПТС возврата мелкой фракции агломерата и кокса на аглофабрику для переработки; система затворов и весовых воронок, предназначенная для подачи шихты в скип с предварительным взвешиванием загружаемого материала.

Верхняя система загрузки доменной печи состоит из следующих механизмов : механизм главного подъёма — предназначен для транспортировки материала к засыпному аппарату доменной печи; засыпной аппарат — состоит из малого и большого конуса (основное назначение — создание уравнивающей зоны давления), а так же вращающегося распределителя шихты (ВРШ), который находится над малым конусом (его основная задача - перемещение засыпаемой шихты по окружности печи в определённое место); газовые клапаны - предназначены для создания давления в межконусном пространстве перед загрузкой материала в печь с большого конуса; лебёдка зондов - осуществляет контроль хода доменной печи, а так же контроль уровня засыпи доменной печи.

Материал (шихта), необходимый для получения чугуна подаётся в доменный цех через ПТС аглоизвесткового и коксохимического производства подаётся в помещение бункеров, где производится распределение материала по группам бункеров (кокс и агломерат). Затем через нижнюю часть бункера материал проходит этап грохочения, т.е. отсеивания мелкой фракции, которая затем через ПТС возврата подаётся на аглоизвестковое производство, где

используется для спекания агломерационных “пирогов”, а крупная фракция с грохотов подаётся на общий конвейер (коксовый и агломерационный) и загружается в воронко- весы.

После набора дозы (веса материала, установленного требованиями технологического процесса и грузоподъёмностью скипа) сгружается в скип. Во время загрузки скипа, которая осуществляется затвором, расположенным в нижней части воронко-весов , конвейера агломерата или кокса , а соответственно и система грохотов находится в режиме ожидания. После выдачи сигнала о том, что скип загружен и все затворы закрыты грохота и конвейера вновь начинают работать.

Для разрешения движения скипа вверх требуется выполнение следующих условий:

- наличие фиксации закрытого положения малого конуса;
- наличие фиксации закрытого положения всех затворов;
- отсутствие вращения ВРШ;
- отсутствие запрета на работу по инициативе технологического персонала.

После выполнения выше перечисленных условий скип начинает движение вверх к засыпному аппарату. По прибытии на лекальную часть наклонного моста скип наклоняется и высыпает материал на малый конус, после чего идёт вниз за следующей порцией материала. В это время второй скип, находящийся внизу и уже загруженный (скиповая лебёдка построена на принципе уравновешенной двухмассовой системе) начинает движение наверх.

Далее по технологической цепочке должен отработать малый конус, для чего следует выполнить следующие условия:

- давление в межконусном пространстве должно быть выровнено до атмосферного;
- на конусе должно находиться определённое количество материала (1-2 скипа);

- на большом конусе должно находиться количество материала меньше, чем требуется для загрузки в печь;
- нет запрета на работу конуса от технологического персонала.

После выполнения выше перечисленных условий малый конус опускается и материал, находящийся на малом конусе сыпается на большой конус. Далее для загрузки материала в печь необходимо опустить большой конус, на котором к тому моменту должна находиться определённая сумма материала. Если сумма набрана, начинается процесс выравнивания давления в межконусном пространстве с давлением в печи. Выравнивание давления осуществляется уравнительными клапанами, которые делятся на выхлопные и наполняющие. Для повышения давления в межконусном пространстве выхлопные клапана закрываются, а наполняющие открываются и соединяют линию ПВС высокого давления с межконусным пространством. Давление в межконусном пространстве контролируется датчиками КИП. При достижении давлением установленной величины наполняющие клапана закрываются, и большой конус сбрасывает материал в печь.

Для обеспечения равномерного распределения шихты по радиусу печи предусмотрен ВРШ, который распределяет материал на малом конусе так, что он оказывается именно с той стороны, с которой на данный момент требуется максимальное количество материала для регулирования газопотока через шихту в печи

1.4 Обоснование и выбор рода тока. Типа электропривода и способа регулирования координат. Выбор вида автоматизации технологического процесса.

Исходя из технологических требований к приводу скиповой лебёдки, таких, как точность поддержания скорости и остановки скипа в заданном положении, приходим к выводу, что наиболее простым в управлении для данного привода является двигатель постоянного тока, управляемый

тиристорным преобразователем. Привод, реализованный по системе ТП-Д, является наиболее быстродействующим, устойчивым к внешним возмущениям и обладающим наибольшей точностью поддержания заданных параметров.

Проведём сравнительный анализ систем, использующихся для питания двигателя постоянного тока. Для питания электродвигателя в регулируемом электроприводе постоянного тока применяются следующие системы преобразовательных устройств:

- генератор - двигатель (Г - Д);
- электромашинный усилитель - двигатель (ЭМУ - Д);
- транзисторный преобразователь - двигатель (ТрП - Д);
- тиристорный преобразователь - двигатель (ТП - Д).

Система Г - Д характеризуется своей простотой, малым влиянием на питающую сеть. К недостаткам данного устройства следует отнести большую установленную мощность электрических машин, большое количество коммутирующих аппаратов, шумность системы, невысокий КПД (КПД = 0,86), инерционность системы регулирования.

Система ЭМУ - Д отличается высоким быстродействием, имеет высокий коэффициент усиления по мощности $K_u = 10000$. Недостатками являются наличие двух обмоток управления, характеристики усилителя нестабильны, требуется приводной двигатель.

Система ТрП - Д позволяет реализовать полностью управляемый привод, имеет высокий КПД (КПД = 0,96). К недостаткам можно отнести малую мощность систем, сложность в управлении.

Система ТП - Д обладает множеством достоинств:

- большая жёсткость электромеханических характеристик;
- достаточно высокий КПД (КПД = 0,9);
- бесшумность в работе;
- простота в обслуживании и эксплуатации.

Следует отметить, что наряду со значительными преимуществами система обладает и рядом недостатков . Преобразователь имеет одностороннюю проводимость, то есть необходимо для реверсирования двигателя применять два комплекта клапанов ; работа управляемого выпрямителя характеризуется режимом прерывистого тока, при котором резко падает жёсткость характеристик; система имеет малую перегрузочную способность по току и напряжению.

Несмотря на отмеченные недостатки , система ТП - Д является в настоящее время основной и наиболее эффективной системой управления.

На основании приведённого сравнительного анализа выбираем систему тиристорный преобразователь - двигатель, как наиболее удовлетворяющую требованиям технологического процесса.

Развитие микропроцессорной техники способствовало появлению цифровых систем управления. Главными причинами применения цифровых систем управления электроприводом были массовый переход от частичной к комплексной автоматизации производства и развития автоматической системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) при высокой статической точности регулирования. Характерными особенностями управляющих микро-ЭВМ являются: наличие специальной периферии, обеспечивающей сбор информации о переменных состояниях объекта с жёсткой привязкой времени; выдача в реальном времени оперативной информации (сигналов управления) соответственно темпу протекания динамических процессов в управляемом объекте.

Новым применением микропроцессорной техники в электроприводе стало использование её для прямого цифрового управления, то есть организации сигналов управления с помощью микро-ЭВМ с выдачей управляющих импульсов на тиристоры.

Система строится применительно к одному или нескольким процессам, требующим управления. Даже у относительно простых процессов приходится

контролировать , поддерживать в заданных пределах или обеспечивать изменение по заданному закону целой группы параметров.

Значение каждого параметра определяется в результате измерения . Независимо от формы представления результаты измерений по каналам связи передаются к микроконтроллеру.

Микроконтроллер - это устройство обработки информации, ориентированное на совместную работу с некоторой искусственной системой.

Преимущества, достигаемые при использовании микропроцессорных систем управления - это замена электронных, электрических и электромеханических блоков с жёсткой, фиксированной логикой работы, универсальным устройством , программированием которого определяют различные алгоритмы работы электропривода и обслуживаемой им машины. При этом достигается высокий уровень стандартизации и унификации инженерных решений.

Гибкость и универсальность алгоритмов и простота ввода и вывода сигналов в микро-ЭВМ позволяет разработать локальные микропроцессорные системы управления электроприводами, обеспечивающие простоту сопряжения с устройствами верхнего уровня АСУ ТП и связанное управление многодвигательным приводом или несколькими агрегатами.

Высокая надёжность микропроцессорных систем обеспечивается применением больших интегральных схем (БИС), наличием специальных систем защиты памяти, помехозащищённостью и другими средствами. Возможность выполнения автодиагностики состояния электропривода и технологического агрегата в процессе работы электропривода и функций защиты повышают надёжность работы всего управляемого комплекса.

Микропроцессорные системы позволяют путём введения соответствующих программ реализовать сложные законы управления, в том числе и такие , которые затруднительно или практически невозможно осуществить с помощью аналоговых средств. Микропроцессорные системы

снижают затраты и сроки проведения наладочных работ и изменяют их характер, поскольку необходимые эксперименты по определению характеристик и параметров, а также настройка регуляторов может быть произведена автоматически самой микро-ЭВМ по заранее подготовленной программе. Облегчается также анализ аварийных режимов, переходных процессов, которые без потери информации могут быть зарегистрированы в памяти микро-ЭВМ.

Вышеперечисленными свойствами обладает цифровой электропривод SIMOREG К серии 6RA24 производства германской фирмы SIEMENS. Устройства преобразования тока "К" SIMOREG 6RA24 - полностью цифровые, компактные устройства, предназначенные для трёхфазного тока, служащие для регулируемой подачи электроэнергии на якорные и полевые схемы приводов постоянного тока с регулируемым числом оборотов вращения двигателя. Приборы, благодаря устройству параметризации не требуют дополнительных приборов программирования или измерения. Эффективный 16-битный микропроцессор принимает на себя выполнение всех функций управления и регулирования координат якорной цепи и цепи возбуждения. Функции регулирования в качестве программных модулей реализованы в программах, которые взаимосвязаны через параметры.

Устройства SIMOREG могут параметрироваться посредством электронного табло, расположенного в электронном модуле. Ввод данных производится тремя кнопками, находящимися там же. Так же возможна параметризация устройства через последовательный интерфейс RS232 с помощью стандартного персонального компьютера и программного обеспечения SIMOVIS.

Номинальный ток преобразователей может меняться в пределах от 15 до 1200А. В случае преобразователей на номинальные токи от 640 до 1200А силовая часть выполнена из 6 блоков S1TOR, располагающихся в основном конструктиве выдвижного типа. Основной конструктив состоит из рамы с

изоляционными частями и шинопроводами для размещения шести блоков SITOR. Силовые выводы комплекта SITOR располагаются на обратной стороне. Преобразователи допускают 1.5-кратное превышение тока, причём продолжительность перегрузки зависит от специфики преобразователя.

Схема выпрямления - мостовая, с встречно-параллельным включением групп вентиляей.

Современная система верхней загрузки

Техническая структура автоматической системы загрузки доменной печи приведена на рисунке 1.3. в её состав входят следующие подсистемы:

- подсистема верхней загрузки;
- подсистема нижней загрузки:
подсистема «КАУПЕР», управляющая работой воздухонагревателей
- доменной печи;
подсистема «КИП», предназначенная для контроля параметров технологического процесса с помощью измерительных приборов

Перечисленные подсистемы построены на основе контроллеров повышенной надёжности фирмы SIEMENS типа SIMATIC. К конструктивной особенности контроллеров этой фирмы можно отнести то, что он состоит из двух связанных между собой резервированных подсистем, работающих по принципу «мастер - помощник», в которых реализован горячий резерв. Обе они идентичны и имеют одинаковую программу пользователя. Оба ЦПУ выполняют расширенное самотестирование и синхронизацию. Одно из устройств - мастер - управляет процессом. Если возникает сбой, другое устройство - помощник - принимает управление на себя. Подобное построение даёт ряд преимуществ:

- автоматическая передача данных и сигналов между главным и резервным ЦПУ - синхронизация по событиям;
- мгновенное переключение на резервный ЦПУ без потерь данных;
- расширенная системная диагностика, уменьшающая время

ремонта;

- простое программирование, как для обычного контроллера при помощи стандартного пакета STEP7.

Подсистемы, входящие в состав автоматической системы загрузки, связаны между собой шиной SINEC. Через эту же шину осуществляется связь с другими системами. Подсистема управления верхней загрузкой предназначена для контроля и управления технологическим процессом загрузки шихты в доменную печь. Подсистема управления верхней загрузкой воздействует на механизмы загрузки следующим образом:

- управляет скиповым подъёмником, подсистемой пылеподавления, лебёдкой конусов, наполняющими и выхлопными клапанами межконусного пространства, лебёдкой зондов;
- • следит за последовательностью обрабатываемых операции (синхронизация работы механизмов)
- осуществляет взаимные блокировки между работой механизмов верхней загрузки;

при возникновении внештатной ситуации подсистема генерирует предупреждающее сообщение, возлагая на оператора-технолога функцию принятия решения (в отдельных случаях сама принимает решение и производит его обработку с последующей выдачей сообщения)

1.5 Разработка технического задания.

Разработать систему электропривода лебёдки управления скиповым подъёмом доменной печи, удовлетворяющую следующим требованиям:

Требования к структуре и функционированию системы электропривода

Электропривод лебёдки управления скиповым подъёмом доменной печи создаётся как эффективная и гибкая система, управляемая микроконтроллером.

Такое построение должно обеспечить:

- качественное управление объектом;
- необходимую взаимосвязь в процессе работы используемого технологического оборудования;
- упрощение обмена информацией между системой электропривода и управляющими подсистемами автоматической системы управления верхней загрузки;
- повышение надёжности функционирования системы в целом.

Требования к основным техническим параметрам электропривода

- преобразователь реверсивный;
 - сигналы управления - цифровой код;
 - диапазон регулирования $D = 1000$;
- точность остановки скипа в заданной точке + 25 мм.

Требования к питающей сети

Питание электропривода осуществляется от отдельного ввода сети напряжением ЮкВ через преобразующий трансформатор 10/0.4 и частотой переменного тока 50Гц.

Требования к надёжности.

Бесперебойная работа ЭП должна обеспечиваться за счёт высокой надёжности аппаратных и программных средств, а так же квалификации обслуживающего персонала. Гарантийный срок - 1 год. Срок службы электропривода не менее 10 лет.

Требования безопасности.

Требования по безопасности использования системы электропривода должны соответствовать существующим нормам и правилам.

Все элементы аппаратуры электропривода, находящиеся под

напряжением должны иметь защиту от случайного прикосновения, а приборы должны иметь зануление или заземление в соответствии с ПУЭ.

Уровень воздушного шума при работе системы не должен превышать
Требования к защите от влияния внешних воздействий.

По защищённости от проникновения пыли и влаги технические средства электропривода должны соответствовать исполнению IP55.

По устойчивости к внешним вибрационным воздействиям аппаратура электропривода должна соответствовать исполнению L3.

Аппаратура электропривода должна быть работоспособной в помещении с температурой от - 10 до + 45 °С и относительной влажностью воздуха от 40 до 80% при температуре + 25 °С, давлением от 630 до 800 мм.рт.ст (84 ... 107 кПа).

Требования к системе защиты.

Устройство электропривода должно предусматривать следующие виды защит и блокировок: • максимально-токовую защиту цепей управления и силовых цепей

- интегрально-токовую защиту;
- защиту от короткого замыкания цепей управления и силовых цепей;
- защиту от понижения напряжения сети, обрыва фаз и самозапуска электропривода;
- защита от обрыва цепи возбуждения электродвигателя;
- защита от обрыва цепи катушки мех. тормоза;
- защита от превышения допустимой скорости движения скипа

2.1.Выбор и проверка электродвигателя по максимальному моменту и нагреву.

2.1.1 Расчёт мощности двигателей главного подъёмника

Расчёт ведётся по [4, стр. 194] в принятых в ней единицах измерения физических величин.

Мощность двигателей рассчитаем путём определения момента вращения на валу барабана лебёдки с последующей проверкой двигателей по условиям нагрева. Так как момент на валу барабана есть произведение силы натяжения каната на радиус барабана, который представляет постоянную величину, то все последующие расчёты выполнены для определения натяжения канатов. При подъёме груженого скипа натяжение наматывающейся ветви создаётся весом скипа и груза, а также весом самих канатов. Натяжение сматывающейся ветви определяется весом пустого скипа и канатов. Результирующее окружное усилие на ободу барабана в любой момент времени определяется разностью этих натяжений.

Для упрощения расчётов принимаем следующие допущения:

- на всём участке пути до разгрузочной кривой веса скипов и канатов обеих ветвей взаимно уравновешены;
- на разгрузочном участке результирующее натяжение изменяется по закону прямой от величины, определяемой весом груза в скипе G_r в начале участка, до нуля в конце этого участка;

потери в кинематической цепи барабан - скипы, определяемые силами трения в подшипниках скатов и направляющих шкивов, а также жёсткостью канатов при перегибах на шкивах и барабанае, учитываются, как 5% от веса движущихся частей, т.е:

$$F_0 = 0.05 \cdot (G_k + 2 \cdot G_c + G_r) = 0,05 \cdot (11140 + 2 \cdot 8400 + 22500) = 2522 \text{ кГ}$$

Где $G_k = gk \cdot Lk = 16 \cdot 696.265 = 1140 \text{ кг}$ - суммарный вес канатов

$gk = 16 \text{ кг}$ - вес погонного метра каната;

$L_k = 4 \cdot (1.7 \cdot L_n + 2 \cdot \pi \cdot Dб) = 4 \cdot (1,7 \cdot 95 + 2 \cdot 3,14 \cdot 2) = 696,265$ -общая длина

каната

L_n - полезная длина канатов [см.табл. 1];

$Dб$ - диаметр барабана [см.табл. 1];

$G_2 = 8400 \text{ кг}$ - вес пустого скипа, кг;

$G_r = 22500 \text{ кг}$ - вес груза, кг.

• принимается, что нижние ветви канатов параллельны наклонному пути скипа.

Исходные данные для расчёта мощности двигателей приведены в таблице 1.

Максимальное окружное усилие $F_{\text{макс}}$ на ободе барабана лебёдки потребуется при подъёме аварийного груза G_r -м на участке пути в скиповой

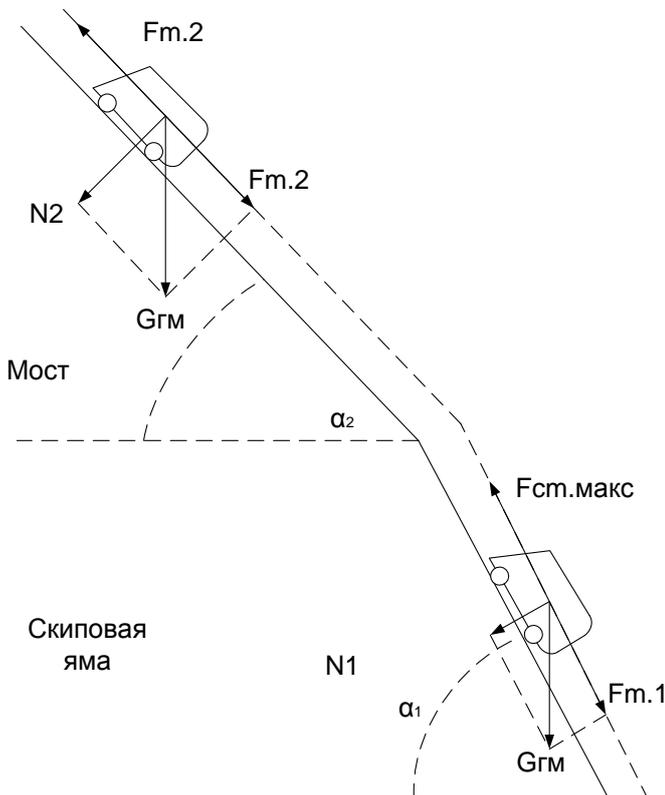


Рисунок 4 - Расчётная схема движения скипа

яме, где статическая составляющая усилия имеет наибольшее значение.

Для решения основного уравнения движения:

$F_{\text{макс}} = F_{\text{Ст.макс}} + P_{\text{дин.макс}}$ необходимо найти составляющие $F_{\text{Ст.макс}}$ $F_{\text{дин.макс}}$.

Максимальное статическое усилие $F_{\text{ст.макс}}$ определяем, пользуясь расчётной схемой рисунка 4.

Вес максимального груза $G_{\text{г.макс}}$ можно разложить на две составляющие параллельную пути.

(действующую по канату) силу сопротивления движению $F_{\text{мл}}$ нормальную N_1 , прижимающую скип к пути и создающую потери на трение в подшипниках скатов. Тогда:

$$F_{\text{мл}} = G_{\text{г-макс}} \cdot \sin(\alpha) = 25000 \cdot \sin(60^\circ) = 21650 \text{ кГ}.$$

и

$$N_1 = G_{\text{г-макс}} \cdot \cos(\alpha) = 25000 \cdot \cos(60^\circ) = 12500 \text{ кГ}.$$

Максимальное статическое усилие на ободе барабана:

$$F_{\text{ст.макс}} = F_{\text{мл}} + F_0 = 21650 + 2522 = 24172 \text{ кГ}.$$

Максимальное динамическое усилие на ободе барабана;

$$P_{\text{д.макс}} = \sum m \cdot a_{\text{макс}}, (1)$$

где: $\sum m$ - сумма приведённых к канату движущихся масс; $a_{\text{макс}} = 0,35 \text{ м/сек}^2$ - ускорение;

Так как известна суммарная маховая масса механизма и двух двигателей : $\sum GD^2_6 = 39000 \text{ кГм}^2$ - суммарный маховый момент барабана (на собственном валу);

$\sum GD^2_m = 30000 \text{ кГм}^2$ - суммарный маховый момент шести шкивов (на собственном валу);

$\sum GD^2_3 = 2200 \text{ кГм}^2$ - суммарный маховый момент зубчатых колёс редуктора (на промежуточном валу);

$\Sigma GD^2 = 700 \text{ кГм}^2$ - суммарный маховый момент двух двигателей и тормозных шкивов (на валу двигателей).

Найдём суммарное значение приведённых к канату инерционных масс. Для этого найдём сумму приведённых к канату масс барабана, редуктора, шести шкивов и двух двигателей:

$$\begin{aligned} \Sigma m_1 &= \frac{GD_{\delta}^2 + GD_m^2 + GD_3^2 + i_2^2 + GD_{\delta}^2 \cdot i^2}{g \cdot D\delta^2} = \\ &= \frac{39000 + 30000 + 2200 \cdot 5,6^2 + 700 \cdot 18,6^2}{9,8 \cdot 2^2} = 6998 \frac{\text{кГ} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}} \end{aligned}$$

где $g = 9.8 \text{ м/сек}^2$ - ускорение свободного падения;

$D\delta$ - диаметр барабана [см.табл. 1]

Так же найдём приведённые массы всех поступательно движущихся частей механизма:

$$m_n = \frac{G_{k+2} + G_c + G_{г.макс}}{g} = \frac{11140 + 2 \cdot 8400 + 25000}{9,8} = 5402 \frac{\text{кГ} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}}$$

тогда суммарное значение приведённых к канату инерционных масс определим из следующего выражения:

$$\Sigma m = \Sigma m_1 + m_n = 9698 + 5402 = 15100 \frac{\text{кГ} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}}$$

Максимальное динамическое усилие на ободе барабана определим из формулы (1):

$$F_{д.макс} = 15100 \cdot 0,35 = 5285 \text{ кГ}$$

Максимальное окружное усилие на ободе барабана определим из выражения:

$$F_{д.макс} = F_{ст.макс} + F_{д.макс} = 24172 + 5285 = 29457 \text{ кГ}$$

Найдём номинальную мощность двигателя (по максимальному перегрузочному моменту) из выражения:

$$P_{ном} = \frac{F_{макс} \cdot v_{макс}}{102 \times \eta \times K_{п} \times N_{д}} = \frac{29457 \times 4}{102 \times 0,9 \times 2,5 \times 2} = 256,7 \text{ кВт}$$

где $\eta = 0,952 = 0,9$ - К.П. Д двухступенчатой передачи;

$K_p = 2,5$ - коэффициент допустимой перегрузки;

$N_d = 2$ - число двигателей.

2.1.2 Проверка двигателей по нагреву

Проверка двигателей по нагреву производится путём определения среднеквадратичной нагрузки за время одной подачи.

Наиболее точное значение среднеквадратичного тока получается путём построения расчётных кривых токов за время одной подачи, с учётом переходных режимов привода. Приближённый расчёт может быть выполнен на основании идеализированного графика движения со средними значениями ускорений и скоростей (см. рисунок 5).

Для каждого скипа, входящего в подачу, строим кривые статических и динамических усилий в функции времени. Складывая эти кривые, получаем кривую результирующих окружных усилий на ободе барабана лебёдки. Далее находим среднеквадратичное усилие и мощность привода, требующуюся для подъёма данного скипа. Аналогичным путём

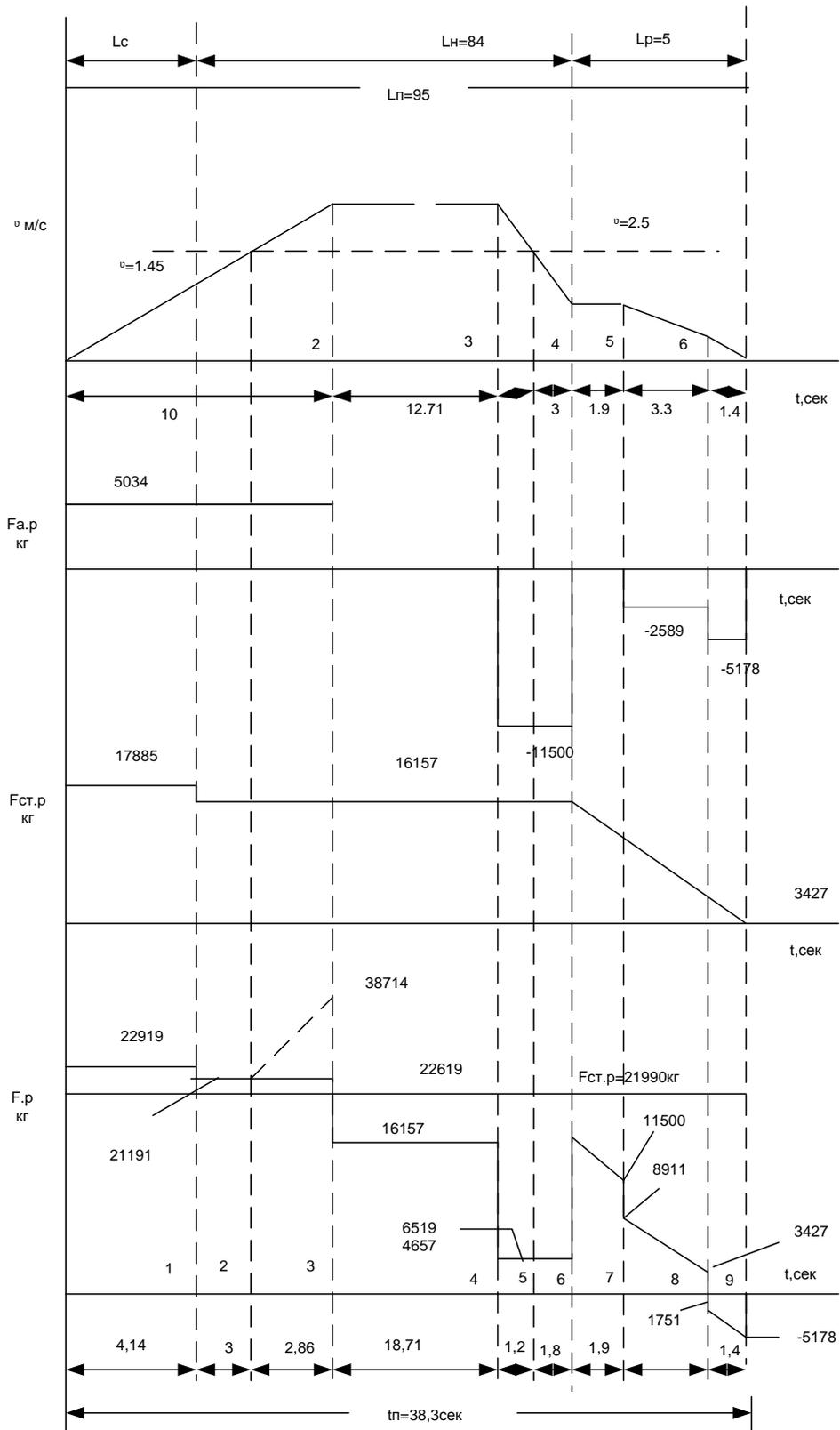


Рисунок 5 - Расчётные графики усилий при подъёме рудного скипа

рассчитываем среднеквадратичную мощность для других скипов, после чего определяем среднеквадратичную мощность двигателей за время всей подачи.

Упростим вычисления, приняв для всей рудной части средний насыпной вес, исходя из фактического состава и количества рудных материалов:

$\gamma_r = 1,8$ - коэффициент веса для рудной части;

$\gamma_k = 0,45$ - коэффициент для коксовой части.

Тогда достаточно провести весь расчёт только для двух случаев: при подъёме одного рудного скипа и одного коксового скипа. Найдём расчётную среднеквадратичную мощность двигателей, кВт, по формуле:

$$P_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{(2 \cdot P^2 \cdot \text{ск.р} + 2 \cdot P^2 \cdot \text{ск.к}) \cdot t_{\text{п}}}{4 \cdot t_{\text{п}} + 0,5 \cdot (2 \cdot t_{\text{вв}} + 2 \cdot t_{\text{к}})}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{п}}$ - полное время подъёма скипа;

$t_{\text{вв}}$ - время стоянки скипа при загрузке рудными материалами из воронко-весов;

$t_{\text{к}}$ - время стоянки скипа при загрузке его коксом;

0,5 - коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения открытых двигателей с естественной вентиляцией при остановке.

Принимаем значения $t_{\text{п}}$, $t_{\text{вв}}$, $t_{\text{к}}$ согласно реально существующим в системе загрузки доменной печи №3 ОАО «ЗСМК»:

$t_{\text{п}} = 38$ с;

$t_{\text{вв}} = 30$ с;

$t_{\text{к}} = 30$ с;

Рассчитаем среднеквадратичную мощность при подъёме рудного скипа по методике, изложенной в [4, стр. 195].

Найдём полезный вес груза в скипе:

$$G_{\text{г}} - \text{р} = \gamma_{\text{р}} \cdot Q_{\text{с}} = 1,8 \cdot 10000 = 18000 \text{ кг}$$

Тогда сопротивление движению на участке в скиповой яме определим из выражения:

$$F'.т - p = G.г - p \cdot \sin(\alpha 1) = 18000 \cdot \sin(60^\circ) = 18000 \text{кГ}$$

Зная полезный вес груза в скипе, рассчитаем суммарные потери в кинематической цепи барабан - скипы:

$$F'.с - p = 0,05 \cdot (G.k + 2 \cdot G.c + G.г - p) = 0,05 \cdot (11140 + 2 \cdot 8400 + 18000) = 2297 \text{кГ}$$

Далее необходимо определить статические усилия на ободе барабана на участке в скиповой яме и на прямолинейном участке. Статические усилия определим из следующих выражений:

$$F'.ст - p = F'.т - p + F'.с - p, \text{ кг}; \quad (3)$$

$$F''.ст - p = F''.т - p + F'.с - p, \text{ кг}, \quad (4)$$

Где $F''.т - p = G.г - p \cdot \sin(\alpha 2)$, кг - сопротивление движению на прямолинейном участке моста.

$$F''.т - p = 18000 \cdot \sin(50.35^\circ) = 13860 \text{кГ}.$$

Найдём значение выражений 3 и 4

$F'.ст - p = 15588 + 2297 = 17885$ кГ. - статическое усилие на ободе барабана на участке в скиповой яме.

$F''.ст - p = 13860 + 2297 = 16157$ кГ.. - статическое усилие на ободе барабана на прямолинейном участке моста.

Найдём приведённые к канату инерционные массы:

1) всех поступательно движущихся частей:

$$m'п - p = \frac{Gk + 2 \cdot G.c + G.г - p}{g} = \frac{11140 + 2 \cdot 8400 + 18000}{9,8} = 4687 \frac{\text{кГ} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}}.$$

2) суммарное значение

$$\sum m.p = \sum m'п - p + \sum m1 = 4687 + 9698 = 14358 \frac{\text{кГ} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}}$$

Определим динамические усилия на ободе барабана:

1) на участке 0-2 в скиповой яме

$$F_{ap-02} = \sum m \cdot p \cdot a_{01} \quad (5)$$

2) на участке 3-4 (при подходе к разгрузочной кривой)

$$F_{ap-34} = - \sum m \cdot p \cdot a_{34} \quad (6)$$

3) на участке 5-6 (второе замедление)

$$F_{ap-56} = - \sum m \cdot p \cdot a_{56} \quad (7)$$

4) на участке 6-7 (последний участок замедление)

$$F_{ap-67} = - \sum m \cdot p \cdot a_{67} \quad (8)$$

Для продолжения расчёта динамических усилий рассчитаем график движения по наклонному мосту. Определим время первого участка [4, стр. 188].

Время первого участка:

где $v_{23} = 3.5 \text{ м/с}$ - скорость на прямолинейном участке наклонного моста;

$a_{02} = 0.35 \text{ м/с}^2$ - ускорение при разгоне скипа до прямолинейного участка;

тогда из выражения (9) время движения на первом участке:

$$t_{02} = \frac{v_{23}}{a_{02}}, \quad (9)$$

где $v_{23} = 3.5 \text{ м/с}$ - скорость на прямолинейном участке наклонного моста;

$a_{02} = 0.35 \text{ м/с}^2$ - ускорение при разгоне скипа до прямолинейного участка;

тогда из выражения (9) время движения на первом участке:

$$t_{02} = \frac{3.5}{0.35} = 10 \text{ с.}$$

Длина пути участка 0-2:

$$L_{02} = \frac{v_{23}}{2} \cdot t_{02} = \frac{3.5}{2} \cdot 10 = 17.5 \text{ м,}$$

Длина пути участка 2-3, проходимого с максимальной скоростью:

$$L_{23} = L_{07} - L_{02} - L_{37}, \quad (10)$$

Где $L_{02} = 95 \text{ м}$ полный путь скипа по канату.

$L_{37}=12\text{м}$ - расстояние, проходимое скипом от начала первого ускорения до полной остановки;

$$L_{23}=95-17,5-12=65,5\text{м}.$$

Время участка 2-3:

$$t_{34}=\frac{L_{23}}{v_{23}}=\frac{65,5}{3,5}=18,7\text{с};$$

При выходе скипа на участок 3-4 (участок первого торможения), скорость снижается до значения 1,1м/сек. Найдём время первого торможения:

$$t_{34}=\frac{v_3 - v_4}{a_{34}}, \quad (11)$$

где $v_3=3,5\text{м/с}$ - скорость скипа на прямолинейном участке наклонного моста.

$v_4=1,1\text{м/с}$ - скорость скипа по окончании первого торможения (точка 4).

$a_{34}=0,8\text{м/с}^2$ - первая производная от скорости скипа на участке первого торможения.

$$t_{34}=\frac{3,5-1,1}{0,8}=3\text{с}.$$

Имея время движения скипа на участке 3-4 найдём длину участка:

$$L_{34}=\frac{v_3 - v_4}{2} \cdot t_{34} = \frac{3,5-1,1}{2} \cdot 3 = 6,9\text{м}.$$

Найдём длину участка 4-5 из следующего выражения:

$$L_{45}=L_{37}-L_{34}-L_{57}, \quad (12)$$

где $L_{57}=3\text{м}$ - длина пути скипа на участке 5-7 [4, стр. 188].

тогда из выражения 12 длина пути скипа на участке 5-7:

$$L_{23}=12-6,9-3=2,1\text{м}.$$

Найдём время, затрачиваемое скипом на прохождение участка 4-5:

$$t_{45}=\frac{L_{45}}{v_4}=\frac{2,1}{1,1}=1,9\text{с}.$$

Найдём длину пути скипа на участке 5-6 из следующего выражения:

$$L_{56} = L_{57} - L_{67}, \quad (13)$$

Где $L_{67} \approx 0,35\text{м}$ - - длина пути участка 6-7.

Тогда из выражения 13 длина пути участка 5-6:

$$L_{67} = 3 - 0,35 = 2,65\text{м}$$

Найдём время, необходимое для прохождения участка 5-6 из следующего выражения:

$$t_{56} = \frac{2 \cdot L_{56}}{v_5 + v_6}, \quad (14)$$

где $v_5 = 1,1\text{м/сек}$ - скорость в точке 5 [4, стр. 188]

$v_6 = 0,5\text{м/сек}$ - скорость в точке 6 [4, стр. 188]

тогда из выражения 14 время, необходимое для прохождения участка 5-6 равно:

$$t_{56} = \frac{2 \cdot 2,65}{1,1 + 0,5} = 3,3\text{с.}$$

Найдём замедление на участке 5-6:

$$t_{56} = \frac{v_5 \cdot v_6}{t_{56}} = \frac{1,1 \cdot 0,5}{3,3} = 0,18\text{м/с}^2.$$

Найдём время прохождения участка 6-7:

$$t_{67} = \frac{2 \cdot L_{67}}{v_6} = \frac{2 \cdot 0,35}{0,5} = 1,4\text{с.}$$

Тогда среднее замедление на участке 6-7 равно:

$$a_{67} = \frac{v_6}{t_{67}} = \frac{0,5}{1,4} \approx 0,36\text{м/с}^2.$$

Произведя расчёт графика движения скипа по наклонному мосту имеем все данные для нахождения полного времени подъёма скипа:

$$t_n = t_{02} + t_{23} + t_{34} + t_{45} + t_{56} + t_{67} = 10 + 18,71 + 3 + 1,9 + 3,3 + 1,4 = 38,3\text{с.}$$

Из выражения 5 найдём динамическое усилие на ободе барабана на участке 0 - 2 (в скиповой яме):

$$F_{ap-02} = 14385 \cdot 0,35 = 5034 \text{кГ}$$

Из выражения 6 найдём динамическое усилие на ободе барабана на участке 3-4 (при подходе к разгрузочной кривой):

$$F_{ap-34} = -14385 \cdot 0,8 = -11500 \text{кГ}$$

Из выражения 7 найдём динамическое усилие на ободе барабана на участке 5-6 (второе замедление):

$$F_{ap-56} = -14385 \cdot 0,18 = -2589 \text{кГ}$$

Из выражения 8 найдём динамическое усилие на ободе барабана на участке 6-7 (последний участок замедления):

$$F_{ap-67} = -14385 \cdot 0,36 = -5178 \text{кГ}$$

Зная динамические усилия на ободе барабана на участках наклонного моста найдём суммарные усилия на ободе барабана. Участок 0-2 разобьем на 3 участка, так как в нём имеется наклон моста в скиповой яме, прямолинейный участок наклонного моста, а так же зона разгона с ослаблением поля. Но для расчёта так же необходимо найти скорость, которой достигнет скип по выходу на прямолинейный участок наклонного моста, а для нахождения скорости необходимо знать время, которое понадобится скипу для преодоления этого участка. Итак, время, необходимое для прохождения участка пути в скиповой яме найдём из выражения:

$$t = \sqrt{\frac{S}{a_{02}}},$$

где $S = 6\text{м}$ - путь скипа на участке наклонного моста с наклоном $\alpha 1$.

Тогда время движения из выражения 15 равно:

$$t = \sqrt{\frac{6}{0.35}} = 4.14 \text{с},$$

Зная время движения на этом участке найдём скорость, которую разовьет скип по выходу с участка скиповой ямы;

$$v = \frac{S}{t} = \frac{6}{4.14} = 1.449 \text{ м/с},$$

Этот участок обозначим, как участок t_{01} . Далее необходимо найти время, за которое скип достигнет скорости 2,5 м/сек. Время найдём из выражения:

$$t_1 = \frac{v_2 - v}{a_{02}}, \quad (16)$$

где $v_2 = 2,5 \text{ м/сек}$ – скорость перехода на ослабление поля двигателя.

Тогда из выражения 16 найдём время движения скипа на прямолинейном участке наклонного моста без ослабления поля:

$$t_1 = \frac{2,5 - 1,449}{0,35} = 3 \text{ с},$$

Зная время t_1 найдём время, затрачиваемое скипом для достижения скорости с 2,5 м/сек до 3,5 м/сек с ослаблением поля:

$$t_2 = t_{02} - t - t_1 = 10 - 4,14 - 3 = 2,86 \text{ с}.$$

Найдём суммарные усилия на ободе барабана для участка 0-2.

1) для времени t :

$$F_{p01} = F_{ap-02} + F'_{ст-р} = 5034 + 17885 = 22919 \text{ кГ}$$

2) для времени t_1 :

$$F_{p12} = F_{ap-02} + F''_{ст-р} = 5034 + 16157 = 21191 \text{ кГ}$$

3) для времени t_2 :

$$F_{p23} = (F_{ap-02} + F'_{ст-р}) \cdot \frac{v_{23}}{2,5} = (5034 + 16157) \cdot \frac{3,5}{2,5} = 38714 \text{ кГ}$$

где $\frac{v_{23}}{2,5}$ - коэффициент, учитывающий приведённые к канату расчетные

(фиктивные) усилия при ослаблении поля двигателей.

4) для времени t_{34} :

расчётное (фиктивное) усилие без ослабления поля равно $F''_{ст-р}$

расчётное (фиктивное) усилие с ослабления поля равно:

$$F_{p34} = F''_{ст-р} \cdot \frac{v_{23}}{2,5} = 16157 \cdot \frac{3,5}{2,5} = 22619 \text{кГ}$$

5) для времени t_{45} :

с ослаблением потока:

$$F_{p45} = (F''_{ст-р} + F''_{ар-34}) \cdot \frac{v_{23}}{2,5} = (16157 - 11500) \cdot \frac{3,5}{2,5} = 6519 \text{кГ}$$

без ослабления потока:

$$F'_{p45} = F''_{ст-р} + F_{ар-34} = 16157 - 11500 = 4657 \text{кГ}$$

6) для времени t_{56} :

$$F_{p56} = F''_{ст-р} + F_{ар-34} = 16157 - 11500 = 4657 \text{кГ}$$

7) для времени t_{67} :

особенностью этого участка (участок 4-7) является то, что $F''_{ст-р}$ находим графо-аналитическим методом, так как на разгрузочном участке принимаем снижение расчетного усилия линейным от значения $F''_{ст-р}$ (начальное) до $F''_{ст-р} = 0$. Тогда:

$$F_{p67} = F''_{ст-р} + F_{ар-56} = 11500 - 2589 = 8911 \text{кГ}$$

8) для времени t_{78} :

$$F_{p78} = F''_{ст-р} + F_{ар-67} = 3427 - 5178 = -1751 \text{кГ}$$

Далее рассчитаем среднеквадратичное усилие на ободе барабана при подъёме рудного скипа:

$$F_{ск-р} = \sqrt{\frac{\sum F_p^2 \cdot t}{t_y + 0,75t_a}}, \quad (17)$$

где t_y - время движения с равномерной скоростью;

$$t_y = t_{34} = 18,71 \text{ сек};$$

t_a - время движения с переменной скоростью;

$$t_a = t_n - t_y = 38,3 - 18,71 = 19,59 \text{ сек};$$

0,75 - коэффициент, учитывающий ухудшение вентиляции при разгоне и

торможении привода.

На временных интервалах $t_{45}t_{67}t_{78}t_{89}$ для удобства расчёта усредним суммарные усилия. Тогда:

для временного интервала t_{23} :

$$F''_{p23} = \frac{F_p 12 + F_p 23}{2} = \frac{21191 + 38714}{2} = 29952 \text{кГ}$$

для временного интервала t_{45} :

$$F''_{p45} = \frac{F_p 45 + F'_p 45}{2} = \frac{6519 + 4657}{2} = 5588 \text{кГ}$$

для временного интервала t_{67} :

$$F'_{p67} = \frac{F_{ст-р} + F_{ст-р1}}{2} = \frac{16157 + 11500}{2} = 13828,5 \text{кГ}$$

для временного интервала t_{78} :

$$F'_{p78} = \frac{F_p 67 + F_{ст-р2}}{2} = \frac{8911 + 3427}{2} = 6169 \text{кГ}$$

для временного интервала t_{89} :

$$F'_{p89} = \frac{F_p 78 + F_{ар-67}}{2} = \frac{-1751 - 5178}{2} = 3464,5 \text{кГ}$$

тогда из выражения 17 среднеквадратичное усилие на ободе барабана при подъёме рудного скипа:

$$F_{ск-р} = \sqrt{\frac{F_{p01}^2 \cdot t + F_p 12^2 \cdot t_1 + F''_{p23}^2 \cdot t_2 + F_p 34^2 \cdot t_{34} + F''_{p45}^2 \cdot t_{45} + F'_p 56^2 \cdot t_{56} + F'_{p67}^2 \cdot t_{67} + F'_{p78}^2 \cdot t_{78}}{t_y + 0,75 \cdot t_a}}$$

$$F_{ск-р} = \sqrt{\frac{22919^2 \cdot 4.14 + 21191^2 \cdot 3 + 27654^2 \cdot 2.86 + 22619^2 \cdot 18.71 + 5588^2 \cdot 1.2 + 13828.5^2 \cdot 1.9 + 6169^2 \cdot 3.3 + 3464.5^2 \cdot 1.4}{18.71 + 0.75 \cdot 19.59}}$$

$$F_{ст-р} = 21990 \text{кГ}$$

Найдём среднеквадратичную мощность двигателя при подъёме рудного скипа:

$$P_{\text{ск,р}} = \frac{F_{\text{ск-р}} \cdot v_{\text{м}}}{102 \cdot \eta \cdot N_{\text{д}}} = \frac{21990 \cdot 3,5}{102 \cdot 0,9 \cdot 2} = 404 \text{ кВт}$$

где $v_{\text{м}}=3,5$ м/сек - максимальная скорость скипа;

$\eta=0,9$ - КПД двухступенчатой передачи;

$N_{\text{д}}=2$ - число двигателей.

Аналогичным образом рассчитаем среднеквадратичную мощность при подъёме коксового скипа.

Найдём полезный вес груза в скипе:

$$G_{\text{р-к}} = \gamma_{\text{р}} \cdot Q_{\text{с}} = 0,45 \cdot 10000 = 4500 \text{ кГ}$$

Тогда сопротивление движению на участке в скиповой яме определим из выражения:

$$F'_{\text{т-к}} = G_{\text{р-к}} \cdot \sin(\alpha_1) = 4500 \cdot \sin(60^\circ) = 3897 \text{ кГ}$$

Зная полезный вес груза в скипе, рассчитаем суммарные потери в кинематической цепи барабан - скипы:

$$F'_{\text{с-к}} = 0,05 \cdot (G_{\text{к}} + 2 \cdot G_{\text{с}} + G_{\text{р-к}}) = 0,05 \cdot (11140 + 2 \cdot 8400 + 4500) = 1622 \text{ кГ}$$

Далее необходимо определить статические усилия на ободе барабана на участке в скиповой яме и на прямолинейном участке. Статические усилия определим из выражений 3 и 4:

где $F''_{\text{т-к}} = G_{\text{р-к}} \cdot \sin(\alpha_2)$ - сопротивление движению на прямолинейном участке моста.

$$F''_{\text{т-к}} = 4500 \cdot \sin(50,35^\circ) = 3464 \text{ кГ}$$

Найдём значение выражений 3 и 4:

$F'_{\text{ст-к}} = 3807 + 1622 = 5519 \text{ кГ}$ - статическое усилие на ободе барабана на участке в скиповой яме.

$F''_{\text{ст-к}} = 3464 + 1622 = 5086 \text{ кГ}$ - статическое усилие на ободе барабана на прямолинейном участке моста.

Найдём приведённые к канату инерционные массы:

1) всех поступательно движущихся частей:

$$m'_{п-к} = \frac{G_{к} + 2 \times G_{с} + G_{г-к}}{g} = \frac{11140 + 2 \cdot 8400 + 4500}{9.8} = 3311 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}}$$

2) суммарное значение

$$\sum m_{к} = m'_{п-к} + \sum m_1 = 3311 + 9698 = 13008 \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}}$$

Определим динамические усилия на ободе барабана:

Из выражения 5 найдём динамическое усилие на ободе барабана на участке 0 - 2 (в скиповой яме):

$$F_{ак-02} = 13008 \cdot 0,35 = 4552 \text{кГ}$$

Из выражения 6 найдём динамическое усилие на ободе барабана на участке 3-4 (при подходе к разгрузочной кривой):

$$F_{ак-34} = 13008 \cdot 0,8 = 10406 \text{кГ}$$

Из выражения 7 найдём динамическое усилие на ободе барабана на участке 5-6 (второе замедление):

$$F_{ак-56} = -13008 \cdot 0,8 = -2341 \text{кГ}$$

Из выражения 8 найдём динамическое усилие на ободе барабана на участке 6-7 (последний участок замедления):

$$F_{ак-67} = -13008 \cdot 0,36 = -4682 \text{кГ}$$

Найдём суммарные усилия на ободе барабана для участка 0-2.

1) для времени t :

$$F_{p01} = F_{ак-02} + F'_{ст-к} = 4552 + 5519 = 10071 \text{кГ}$$

2) для времени t_1 :

$$F_{p12} = F_{ак-02} + F''_{ст-к} = 4552 + 5086 = 9638 \text{кГ}$$

3) для времени t_2 :

$$F_{p23} = (F_{ак-02} + F''_{ст-к}) \cdot \frac{v_{23}}{2,5} = (4552 + 5086) \cdot \frac{3,5}{2,5} = 13493 \text{кГ}$$

где $\frac{v_{23}}{2,5}$ - коэффициент, учитывающий приведённые к канату расчетные

(фиктивные) усилия при ослаблении поля двигателей.

4) для времени t_{34} :

расчётное (фиктивное) усилие с ослабления поля равно $F''_{ст-к}$

расчётное (фиктивное) усилие с ослабления поля равно:

$$F_{р\ 34} = F''_{ст-к} \cdot \frac{v_{23}}{2,5} = 5086 \cdot \frac{3,5}{2,5} = 7120 \text{кГ}$$

5) для времени t_{45} :

с ослаблением потока:

$$F_{р\ 45} = (F''_{ст-к} + F_{ак-34}) \frac{v_{23}}{2,5} = (5086 + 10406) \cdot \frac{3,5}{2,5} = -7448 \text{кГ}$$

без ослабления потока:

$$F'_{р\ 45} = F''_{ст-к} + F_{ак-34} = 5086 + 10406 = -5320 \text{кГ}$$

6) для времени t_{56} :

$$F_{р\ 56} = F''_{ст-к} + F_{ак-34} = 5086 + 10406 = -5320 \text{кГ}$$

7) для времени t_{67} :

особенностью этого участка (участок 4-7) является то, что $F''_{ст-к}$ находим графо-аналитическим методом, так как на разгрузочном участке принимаем снижение расчетного усилия линейным от значения $F''_{ст-к}$ (начальное) до

$F''_{ст-к} = 0$. Тогда:

$$F_{р\ 67} = F''_{ст-к} + F_{ак-56} = 3621 + 2341 = 1280 \text{кГ}$$

7) для времени t_{78} :

$$F_{р\ 78} = F''_{ст-к} + F_{ак-67} = 1078 + 4682 = -3604 \text{кГ}$$

Далее рассчитаем среднеквадратичное усилие на ободе барабана при подъёме коксового скипа из выражения 17.

На временных интервалах t_{23} t_{45} t_{67} t_{78} t_{89} для удобства расчёта усредним суммарные усилия. Тогда:

для временного интервала t_{23} :

$$F''_{p23} = \frac{F_p 12 + F_p 23}{2} = \frac{9638 + 13493}{2} = 11565 \text{кГ}$$

для временного интервала t_{45} :

$$F'_{p67} = \frac{F_{ст-р} + F_{ст-к1}}{2} = \frac{5086 + 3621}{2} = 4353 \text{кГ}$$

для временного интервала t_{78} :

$$F'_{p78} = \frac{F_p 67 + F_{ст-к2}}{2} = \frac{1280 + 1078}{2} = 1179 \text{кГ}$$

для временного интервала t_{89} :

$$F'_{p89} = \frac{F_p 78 + F_{ак-67}}{2} = \frac{-3604 - 4682}{2} = -4143 \text{кГ}$$

тогда из выражения 17 среднеквадратичное усилие на ободе барабана при подъёме коксового скипа:

$$F_{ск-р} = \sqrt{\frac{F_{p01}^2 \cdot t + F_{p12}^2 \cdot t_1 + F''_{p23}^2 \cdot t_2 + F_{p34}^2 \cdot t_{34} + F''_{p45}^2 \cdot t_{45} + F'_{p56}^2 \cdot t_{56} + F'_{p67}^2 \cdot t_{67} + F'_{p78}^2 \cdot t_{78}}{t_y + 0,75 \cdot t_a}}$$

$$F_{ск-р} = \sqrt{\frac{10071^2 \cdot 4,14 + 9638^2 \cdot 3 + 11565^2 \cdot 2,86 + 7120^2 \cdot 18,71 + 6384^2 \cdot 1,2 + 4353^2 \cdot 1,9 + 1179^2 \cdot 3,3 + 4132^2 \cdot 1,4}{18,71 + 0,75 \cdot 19,59}}$$

$$F_{ст-к} = 8010 \text{кГ}$$

Найдём среднеквадратичную мощность двигателя при подъёме коксового скипа из выражения 18:

$$P_{ск,к} = \frac{8010 \cdot 3,5}{102 \cdot 0,9 \cdot 2} = 152,7 \text{кВт}$$

Из выражения 2.1 найдём среднеквадратичную мощность двигателя:

$$P_{ск} = \sqrt{\frac{(2 \cdot 404^2 + 2 \cdot 152,7^2) \cdot 38}{4 \cdot 38 + 0,5 \cdot (2 \cdot 30 + 2 \cdot 30)}} = 258 \text{кВт}$$

Таким образом, электропривод лебёдки С 1-22,5-210 удовлетворяет условиям проверки по максимальному моменту и нагреву при условии

обеспечения максимальной производительности.

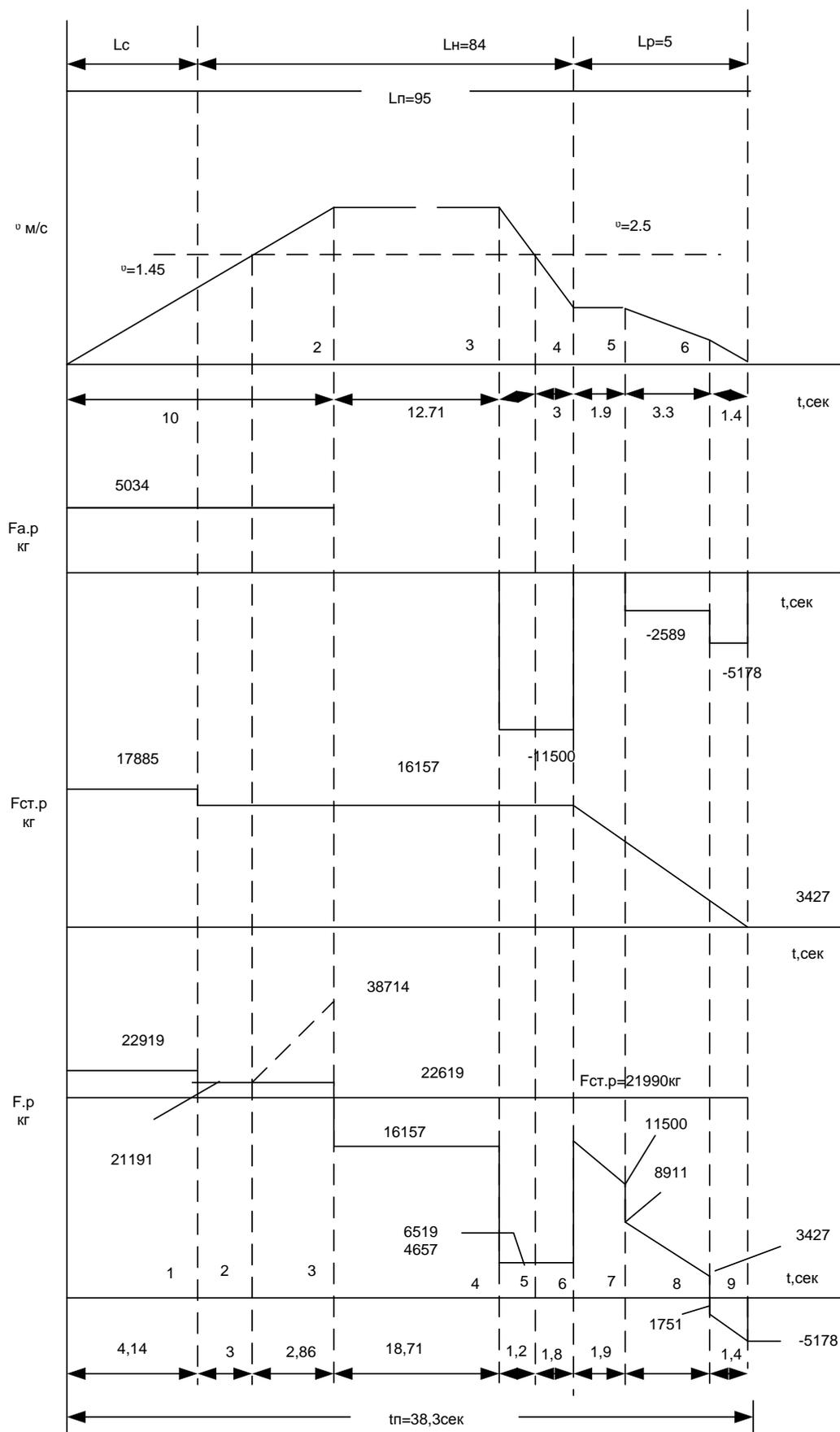


Рисунок 6 - Расчётные графики усилий при подъёме коксового скипа

2.2. Расчет и выбор элементов электрооборудования силовой цепи.

2.2.1 Выбор электродвигателя

Исходя из выше приведённых расчётов выбираем двигатель типа ДП 74/34-6 со следующими паспортными данными

Номинальная мощность	$P_n = 260\text{кВт};$
Номинальный ток	$I_n = 860\text{А};$
Номинальная скорость	$n_n = 500/700 \text{ об/мин};$
Номинальный момент	$M_n = 0,508/0,363\text{т*м};$
Число параллельных ветвей обмотки якоря	$a=3;$
Число витков на полюс для обмотки возбуждения	$w_{д=}$
715вит/пол;	
Номинальный ток возбуждения	$I_{н.в} = 6,7/4,4\text{А};$
Номинальный поток на полюс	$\Phi_n = 0,0725/0,052\text{Вб};$
Число пар полюсов	$p = 3;$
Сопротивление обмотки якоря	$R_{\text{оя.д}20} = 0,0075\text{Ом}$
Сопротивление добавочных полюсов	$R_{\text{дп.д}20} = 0,0015\text{Ом}$
Сопротивление компенсационной обмотки	$R_{\text{ко.д}20} = 0,004\text{Ом}$
Сопротивление обмотки возбуждения	$R_{\text{ов.д}20} = 17,9$
Ом	



Рисунок 7 – Электродвигатель скипового подъемника

Найдём сопротивление двигателя в горячем состоянии:

$$R_{\text{дв.гор}} = 1,38 \cdot (R_{\text{я.д.20}^\circ} + R_{\text{дп.д20}^\circ} + R_{\text{ко.д20}^\circ}) + \frac{\Delta U_{\text{щ}}}{I_{\text{н}}} =$$

$$1,38 \cdot (0,0075 + 0,0015 + 0,004) + \frac{2}{860} = 0,02026 \text{ Ом}$$

где $\Delta U_{\text{щ}} = 2\text{В}$ - падение напряжения на щётках;

Номинальная угловая скорость вращения вала двигателя

$$\omega_{\text{н}} = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 500}{30} = 52,36 \text{ рад/с}$$

Конструктивная постоянная двигателя

$$c = \frac{U_{\text{н}} - I_{\text{н}} \cdot R_{\text{дв.гор}}}{\omega_{\text{н}}} = \frac{330 - 860 \cdot 0,02}{52,36} = 5,97 \text{ В} \cdot \text{с}$$

Индуктивность якоря одного электродвигателя

$$L_{\text{д.в}} = \gamma \cdot \frac{U_{\text{н}}}{I_{\text{н}} \cdot p \cdot \omega_{\text{н}}} = 0,15 \cdot \frac{330}{860 \cdot 3 \cdot 52,36} = 0,0003664 \text{ Гн}$$

где $\gamma = 0,15$ - коэффициент для компенсированных электродвигателей;

$p = 3$ число пар полюсов.

Найдём момент инерции одного электродвигателя

$$J_{\text{дв}} = \frac{0.5 \cdot GD_{\text{дв}}^2}{4} = \frac{0,05 \cdot 700}{4} = 87,5 \text{кГм}^2$$

Эквивалентный момент инерции электропривода

$$J_{\text{э}} = 2 \cdot J_{\text{дв}} + \frac{GD_{\text{м}}^2}{4} = 2 \cdot 87,5 + \frac{550}{4} = 312,5 \text{кГм}^2$$

2.2.2 Выбор вентиляционного преобразователя

Исходя из параметров выбранного электродвигателя выбираем реверсивный тиристорный преобразователь типа SIMOREG -К - 6RA2491-4DV62-0.

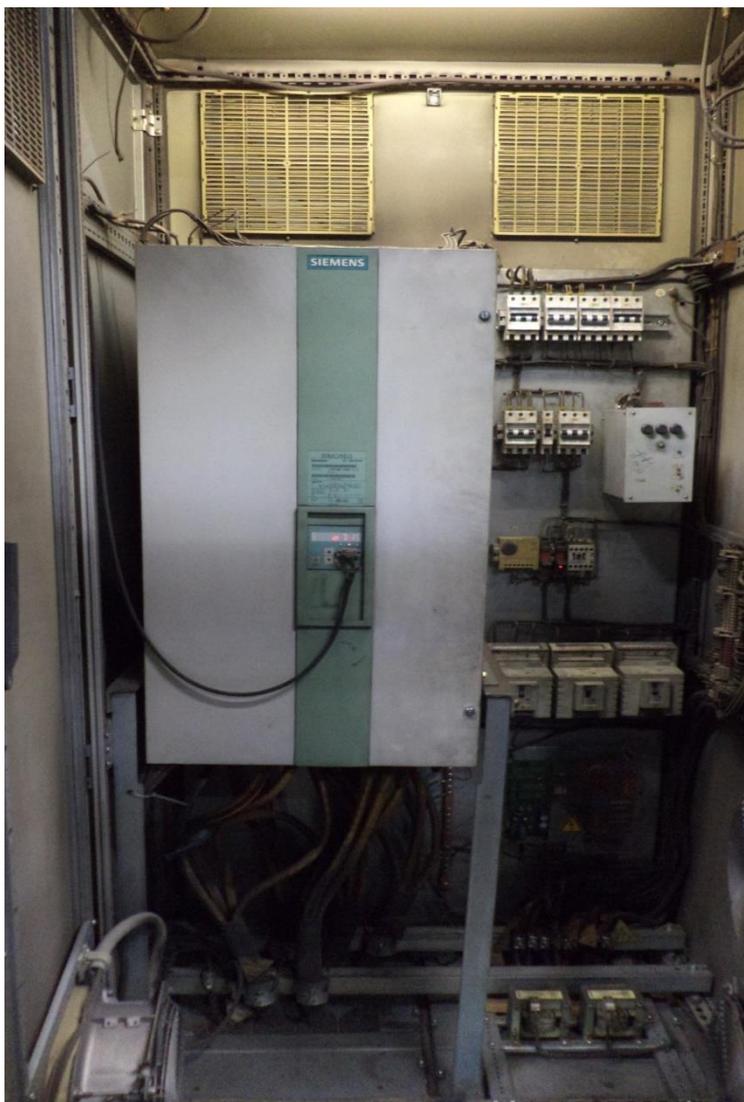


Рисунок 8 – Преобразователь скипового подъемника

Преобразователи SIMOREGDCMASTER серии 6RA70 являются полностью цифровыми компактными преобразователями с питанием от трехфазной сети и служат для питания якоря и обмотки возбуждения двигателей постоянного тока с регулируемой скоростью с номинальными токами якоря от 15 А до 2200 А. Параллельным включением компактных преобразователей возможны токи до 12000 А. Питание обмотки возбуждения возможно с токами до 85 А (в зависимости от номинального постоянного тока якоря).

В зависимости от использования преобразователи могут работать в нереверсивном или в реверсивном режиме. Преобразователи автономны благодаря интегрированной системе настройки параметров и не требуют дополнительных устройств для параметрирования. Все функции управления и регулирования, а также контрольные и вспомогательные функции выполняются под управлением одной микропроцессорной системы. Ввод заданного и текущего значения может производиться по выбору в цифровом или в аналоговом виде.

Преобразователи SIEMENS SIMOREG 6RA70 отличаются компактностью и экономией пространства для своей установки. В дверцу преобразователя встроен электронный бокс, который включает в себя модули регулирования. Этот бокс может быть дополнен модулями для технологических функций и последовательных интерфейсов. Благодаря удобной доступности отдельных элементов эта техника предоставляет Вам высокую степень дружелюбности сервиса.

Внешние сигналы (двоичные входы/выходы), аналоговые входы/выходы, импульсные датчики, и т.д.) подключаются посредством вставляемого штеккера. Программное обеспечение преобразователя хранится в flash EPROM. Обновление программного обеспечения может быть легко загружено по последовательному интерфейсу в базовый блок.

Справочные данные на тиристорный преобразователь приведены в таблице 2

Таблица 2 Данные тиристорного преобразователя

Прим.	Наименование	Обозначение	Данные
ПАСПОРТНЫЕ ДААННЫЕ	Схема выпрямления	трёхфазная мостовая	
	Число пульсаций	m_b	6
	Номинальное выпрямленное напряжение	U_H	420В
	Номинальный выпрямленный ток	I_H	2 x 850А
	Кратность перегруза по току ТП	I_{\max}/I_H	1,5

2.2.3 Расчёт и выбор силового трансформатора

Выбор согласующего силового трансформатора для питания вентильного преобразователя производится по расчётным значениям $I_{2\phi}$ и $U_{2\phi}$ вторичной обмотки и типовой мощности трансформатора $S_{тр}$ согласно [3].

Найдём расчётное значение напряжения вторичной обмотки трансформатора.

$$U_{2,\phi,расч} = K_{u2} \cdot \frac{1}{K_c} \cdot K_\alpha \left(1 + K_R \cdot \frac{2,5 \cdot I_H}{I_H}\right) \cdot U_{d,макс}, \quad (21)$$

Где $K_c=0,85$ - коэффициент, учитывающий заданное снижение напряжения в сети (15%).

$K_{u2} = 0.428$ - расчётный коэффициент, характеризующий соотношение $U_{2\phi}/E_{d0}$ в идеальном выпрямителе.

$\alpha_{мин} = 30^\circ$ - минимальный угол открывания тиристоров.

- коэффициент, учитывающий падение

$$\cos(\alpha_{мин}) \cos(30)$$

напряжения в преобразователе.

$K_R = 0.1$ - коэффициент, учитывающий падение напряжения в преобразователе.

$$U_{d,макс} = c \cdot \omega_H \cdot 2,5 \cdot I_H \cdot R_{дв.гор} = 5,97 \cdot 52,36 \cdot 2,5 \cdot 860 \cdot 0,01 = 269В$$

максимальное напряжение на двигателе

Тогда из выражения(21)

$$U_{2,ф.расч} = 0,428 \cdot \frac{1}{0,85} \cdot 1,155 \cdot (1 + 0,1 \cdot \frac{2,5 \cdot 860}{860}) \cdot 269 = 195,5В$$

Расчётное действующее значение фазового тока вторичной обмотки

$$I_{2,ф.расч} = K_I \cdot K_{I2} \cdot I_d = 1,1 \cdot 0,815 \cdot 860 = 770,99А,$$

где $K_I = 1,1$ - коэффициент, учитывающий отклонение формы тока от прямоугольной;

$K_{I2} = 0.815$ - коэффициент, характеризующий отношение I_{ϕ}/I_d и зависящий от схемы выпрямления,

$$I_d = I_H$$

Расчётная типовая мощность трансформатора:

$$S_{тр.расч} = K_S \cdot \frac{U_{2ф.расч}}{K_{u2}} \cdot K_I \cdot I_d = 1,045 \cdot \frac{195,5}{0,428} \cdot 1,1 \cdot 860 = 4,516 \cdot 10^5 В \times А,$$

где $K_S = 1,045$ – коэффициент схемы.

Максимальная мощность, отдаваемая трансформатором в режиме рабочей перегрузки двигателя

$$S_{тр.расч} = K_S \cdot (1 + K_R \cdot 2,5) \cdot K_I \cdot P_{дв.макс}$$

$$S_{тр.расч} = 1,045 \cdot (1 + 0,1 \cdot 2,5) \cdot 1,1 \cdot 709500 = 1,019 \cdot 10^6 В \times А$$

Где $P_{дв.макс} = 0,2 \cdot U_H \cdot I_H = 2,5 \cdot 330 \cdot 860 = 709500Вт$ - максимальная мощность, потребляемая двигателем.

Выбираем из [5] трансформатор типа ТСЗП - 630/10УЗ со следующими паспортными данными:

Напряжение первичной обмотки трансформатора U_H	10кВ;
Номинальная мощность S_H	554кВА;
Активная мощность потерь к.з в обмотках трансформатора $\Delta P_{кз}$	6350Вт;
Относительное напряжение к.з трансформатора $U_{кз\%}$	6,2%;

Линейное напряжение вторичной обмотки трансформатора $U_{2_{л.н}}$ 313В;

Линейный ток вторичной обмотки трансформатора $I_{2_{л.н}}$ 1020А;

Схема соединения обмоток трансформатора Y/Δ - 11.



Рисунок 9 – Трансформатор скипового подъемника

Найдём дополнительные параметры трансформатора, рассмотрев схему включения трансформатора, как эквивалентная Y/Y .

Номинальное значение фазного тока вторичной обмотки трансформатора:

$$I_{2_{ф.н}} = I_{2_{л.н}} = 1020\text{А}$$

Номинальное значение фазного напряжения вторичной обмотки

трансформатора:

$$U_{2\phi.H} = \frac{U_{2л.н}}{\sqrt{3}} = \frac{313}{\sqrt{3}} = 181В.$$

Угловая частота питающей сети:

при частоте питающей сети $f = 50$ Гц

$$\omega_H = 2 \cdot \pi \cdot f_c = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314 \text{ рад/с.}$$

Активное сопротивление обмотки трансформатора на фазу

$$R_{\text{тр.}\phi} = \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{m_2 \cdot I_{2\phi.H}^2} = \frac{6350}{3 \cdot 1020^2} = 0,00202 \text{ Ом.}$$

Реактивное сопротивление обмотки трансформатора на фазу

$$Z_{\text{тр.}\phi} = \frac{U_{\text{кз}\%} \cdot U_{2\phi.H}}{100 \cdot I_{2\phi.H}} = \frac{6.2 \cdot 181}{100 \cdot 1020} = 0,011 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление обмотки трансформатора на фазу

$$X_{\text{тр.}\phi} = \sqrt{Z_{\text{тр.}\phi}^2 - R_{\text{тр.}\phi}^2} = \sqrt{0,011^2 - 0,012^2} = 0,0108 \text{ Ом.}$$

Индуктивность обмотки трансформатора на фазу

$$L_{\text{тр.}\phi} = \frac{X_{\text{тр.}\phi}}{\omega_c} = \frac{0,0108}{314} = 0,0000344 \text{ Гн.}$$

2.2.4 Выбор токоограничивающих реакторов

Полное сопротивление токоограничивающего реактора определяется по формуле

$$Z_p = \frac{U_{\text{кз}\%} \cdot U_{\phi.H}}{100 \cdot I_{2\phi.\text{расч}}} = \frac{4 \cdot 220}{100 \cdot 770,99} = 0,011 \text{ Ом.}$$

где $U_{\text{кз}\%}$ - относительное напряжение

короткого замыкания реактора, $U_{\text{кз}\%} = 4$

$U_{\phi.H}$ - номинальное фазное напряжение сети.

Реактивное сопротивление фаз реактора

$$X_p \approx Z_p = 0,011 \text{ Ом.}$$

Индуктивность фазы реактора

$$L_p = \frac{X_p}{\omega_c} = \frac{0,011}{314} = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Расчётное значение тока, протекающего через реактор равно

$$I_{\text{Ф.Р.РАСЧ}} = K_{12} \cdot K_1 \cdot \frac{I_H}{2} = 0,815 \cdot 1,05 \cdot \frac{860}{2} = 368 \text{ А.}$$

Исходя из выше перечисленных условий выбираем трёхфазный токоограничивающий реактор типа **РТСТ - 660 - 0,034 УЗ** со следующими паспортными данными:

Номинальный ток фазы реактора $I_{\text{Р.Ф}} = 660 \text{ А};$

Индуктивность фазы реактора Активное $L_{\text{Р.Ф}} = 0,034 \cdot 10^{-3} \text{ Гн};$

Активное сопротивление фазы реактора $R_{\text{Р.Ф}} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.}$

Найдём реактивную составляющую сопротивления токоограничивающего реактора

$$X_{\text{Р.Ф}} = L_{\text{Р.Ф}} \cdot \omega = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 314 = 0,0107 \text{ Ом.}$$

2.2.5 Определение параметров фаз

Фазное активное сопротивление

$$R_{\text{Ф}} = R_{\text{ТР.Ф}} + R_{\text{Ф.Р}} = 0,002 + 0,0013 = 0,0033 \text{ Ом.}$$

Фазная индуктивность

$$L_{\text{Ф}} = L_{\text{ТР.Ф}} + L_{\text{Ф.Р}} = 0,0000344 + 0,000034 = 0,0000684 \text{ Гн.}$$

Реактивная составляющая полного сопротивления фазы

$$X_{\text{Ф}} = X_{\text{ТР.Ф}} + X_{\text{Ф.Р}} = 0,0108 + 0,0107 = 0,0215 \text{ Ом.}$$

2.2.6 Определение параметров эквивалентного преобразователя

Эквивалентное фазное сопротивление преобразователя

$$R_{\Phi.\text{Э}} = \frac{R_{\Phi}}{2} = \frac{0,0033}{2} = 0,00165 \text{ Ом.}$$

Эквивалентная фазная индуктивность преобразователя

$$L_{\Phi.\text{Э}} = \frac{L_{\Phi}}{2} = \frac{0,000068}{2} = 0,000034 \text{ Гн.}$$

Эквивалентное реактивное сопротивление преобразователя

$$X_{\Phi.\text{Э}} = \frac{X_{\Phi}}{2} = \frac{0,0215}{2} = 0,01075 \text{ Ом.}$$

2.2.7 Выбор сглаживающего дросселя

Определение необходимой величины индуктивности сглаживающего дросселя из условия ограничения зоны прерывистых токов

Наибольшая ширина зоны прерывистых токов при раздельном управлении имеет место при угле управления $\alpha = 90^\circ$, тогда минимальное значение индуктивности цепи выпрямленного тока (тока нагрузки) для получения гранично-непрерывного режима определяется выражением:

$$L_{\text{кн1}} = \frac{1}{\omega_c} \cdot K_{\text{гр.макс}} \cdot \frac{U_{2\text{ф.н}}}{K_{u2} \cdot I_{\text{д.гр}}} = \frac{1}{314} \cdot 0,093 \cdot \frac{181}{0,428 \cdot 86} = 1,456 \cdot 10^{-3} \text{ Гн,}$$

где $I_{\text{д.гр}} = 0,1 \cdot I_{\text{н}} = 0,1 \cdot 860 = 86 \text{ А}$ - значение начально-непрерывного тока.

$$K_{\text{гр.макс}} = 1 - \frac{\pi}{m_B} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{m_B} = 1 - \frac{3,141}{6} \cdot \text{ctg} \frac{3,141}{6} = 0,093.$$

Индуктивность добавочного дросселя определяется по следующему выражению:

$$L_{др1} = L_{кн1} - 2 \cdot L_{ТР.Н} - L_{ДВ} = 0,001456 - 2 \cdot 0,000034 - 0,0003664 = 1,0216 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Определение необходимой величины индуктивности сглаживающего дросселя из условия ограничения пульсаций выпрямленного тока

Пульсации выпрямленного напряжения приводят к пульсациям выпрямленного тока, которые ухудшают коммутацию двигателя и увеличивают его нагрев. Кривая выпрямленного напряжения $E_d = E_{d0} \cdot \cos \alpha$, и переменную, состоящую из спектра гармоник. Ограничиваемая с учётом влияния первой гармоники необходимая величина индуктивности цепи выпрямленного тока может быть определена по выражению:

$$L_{кн2} = \frac{E_{d(1).\text{макс}} \cdot 100}{m_B \cdot \omega_c \cdot p_{(1)\%} \cdot I_d} = \frac{102,52 \cdot 100}{6 \cdot 314 \cdot 5 \cdot 860} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

где $E_{d(1).\text{макс}}$ - действующее значение первой гармоники пульсирующего выпрямленного напряжения при угле управления $\alpha = 90^\circ$.

$$E_{d(1).\text{макс}} = \frac{U_{2\phi.н} \cdot \sqrt{2} \cdot m_B}{K_{u2} \cdot (m_B^2 - 1)} = \frac{181 \cdot \sqrt{2} \cdot 6}{0,428 \cdot (6^2 - 1)} = 102,52 \text{ В.}$$

$p_{1\%} = 5$ - допустимое действующее значение первой гармоники выпрямленного тока в процентах.

Индуктивность добавочного дросселя определим из следующего выражения:

$$L_{др2} = L_{кн2} - 2 \cdot L_{ТР.Н} - L_{ДВ} = 0,00126 - 0,000068 - 0,0003664 = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Из [5] выбираем дроссель типа **ФРОС - 1 000/0, 5УЗ** со следующими параметрами:

Индуктивность дросселя $L_{др}$ 0,0016 Гн;

Активное сопротивление дросселя $R_{др}$ 0,0031 Ом;

Длительный ток $I_{длит}$ 1000 А.

2.2.8 Расчёт параметров силовой цепи

Расчётное сопротивление силовой цепи:

$$R_{\text{яц}} = R_{\text{дв.гор}} + 2 \cdot R_{\text{Ф.Э}} + R_{\text{ДР}} + R_{\text{К}} = 0,02 + 0,0033 + 0,0031 + 0,0102 = 0,035 \text{ Ом.}$$

$$\text{где } R_{\text{К}} = \frac{m_{\text{в}} \cdot X_{\text{Ф.Э}}}{2 \cdot \pi} = \frac{6 \cdot 0,01075}{2 \cdot 3,14} = 0,0102 \text{ Ом} - \text{ сопротивление, вносимое за счет}$$

коммутации анодных токов.

Расчётное значение индуктивности силовой цепи:

$$L_{\text{яц}} = L_{\text{дв}} + 2 \cdot L_{\text{Ф.Э}} + L_{\text{ДР}} = 0,0003664 + 0,000068 + 0,0016 = 0,00203 \text{ Гн.}$$

Электромагнитная постоянная времени силовой цепи:

$$T_{\text{яц}} = \frac{L_{\text{яц}}}{R_{\text{яц}}} = \frac{0,00203}{0,035} = 0,058 \text{ с.}$$

Механическая постоянная времени силовой цепи:

$$T_{\text{м}} = \frac{J_{\text{Э}} \cdot R_{\text{яц}}}{c^2} = \frac{312,5 \cdot 0,061}{5,97^2} = 0,0533 \text{ с.}$$

Найдём отношение.

$$\frac{T_{\text{м}}}{T_{\text{яц}}} = \frac{0,533}{0,058} = 9,18.$$

так как $T_{\text{м}}/T_{\text{яц}} \gg 8$, то влиянием внутренней обратной связи по ЭДС двигателя в расчётах можно пренебречь.

2.3 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода.

Заданная область существования электромеханических характеристик электропривода (замкнутой системы), ограниченная значением $\omega = \pm \omega_{\text{макс}}$ и зависимостью $\pm I_{\text{доп}}(\omega)$, должна полностью располагаться внутри области существования характеристик проектируемой системы преобразователь - двигатель. Последняя в свою

очередь ограничена предельными характеристиками, соответствующими работе проводящей группы вентиля в режиме предельного инвертирования, а в выпрямительном режиме при минимальном угле управления. Выполнение этого условия требует значительного запаса по напряжению и мощности преобразователя и силового трансформатора. Так же должны быть выполнены следующие условия: при пониженном напряжении сети и работе преобразователя в выпрямительном режиме с минимальным углом управления электромеханическая характеристика разомкнутой системы должна быть расположена выше точки с координатами $\omega = \omega_{\max}$ и $I = I_H$ а при реверсировании электропривода должно обеспечиваться безопасное инвертирование при допустимом токе двигателя.

Для построения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода найдём характеристику электропривода при номинальном потоке двигателя и выпрямительном режиме работы преобразователя:

$$\omega_{0,\text{выпр.норм.ф}} = \frac{1}{c} \cdot (E_{d0} \cdot \cos(\alpha_{\min})) = \frac{1}{5,97} \cdot (422,21 \cdot \cos(20^\circ)) = 66,45 \text{ рад/с},$$

$$\text{где } E_{d0} = \frac{(U_{2\text{ф.н}} / \sqrt{3})}{K_{u2}} = \frac{(313 / \sqrt{3})}{0,428} = 422,221 \text{ В} - \text{ ЭДС преобразователя при угле}$$

управления $\alpha = 0^\circ$

$$\omega_{\max\text{выпрнормф}} = \frac{1}{c} \cdot (E_{d0} \cdot \cos(\alpha_{\min}) - 2,5 \cdot I_d \cdot R_{яц}) = \frac{1}{5,97} \cdot (422,221 \cdot \cos(20^\circ) - 2,5 \cdot 860 \cdot 0,035) = 53,85 \text{ рад/с},$$

Координаты при ослаблении потока.

При ослаблении потока кратность тока двигателя должна быть снижена до 2, что учтено в расчёте.

$$\omega_{0.выпр.осл.ф} = \frac{1}{c1} \cdot (E_{d0} \cdot \cos(\alpha_{мин})) = \frac{1}{4,282} \cdot (422,221 \cdot \cos(20^\circ)) = 92,65 \text{ рад/с, где}$$

$$c1 = c \cdot \frac{\Phi_{мин}}{\Phi_H} = 5,97 \cdot \frac{0,052}{0,073} = 4,282 \text{ В} \cdot \text{с} - \text{ конструктивная постоянная}$$

электродвигателя при ослабленном потоке.

$\Phi_{мин} = 0,052 \text{ в.сек}$ - минимальный поток на полюс (ослабление поля);

$\Phi_H = 0,073 \text{ в.сек}$ - номинальный поток на полюс.

$$\omega_{макс.выпр.осл.ф} = \frac{1}{c1} \cdot (E_{d0} \cdot \cos(\alpha_{мин}) - 2 \cdot I_d \cdot R_{яц}) = \frac{1}{4,282} \cdot (422,221 \cdot \cos(20^\circ) - 2 \cdot 860 \cdot 0,035) = 78,59 \text{ рад/с,}$$

Рассчитаем и построим электромеханические характеристики при работе токопроводящей группы в режиме предельного инвертирования.

При номинальном потоке:

$$\omega_{0.инв.норм.ф} = \frac{1}{c} \cdot (E_{d0} \cdot \cos(\delta)) = \frac{1}{5,97} \cdot (422,221 \cdot \cos(4,7^\circ)) = 70,49 \text{ рад/с,}$$

$$\text{где } \delta_1 = \frac{180 \cdot \omega_c \cdot t_B}{\pi} = \frac{180 \cdot 314 \cdot 150 \cdot 10^{-6}}{3,14} = 2,7^\circ - \text{ угол, соответствующий}$$

времени восстановления запирающих свойств тиристора t_B .

$t_B = 150 \cdot 10^{-6} \text{ сек}$ - время восстановления запирающих свойств тиристора

$\delta_2 = 2^\circ$ - предельно допустимое значение асимметрии импульсов управления.

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 2 + 2,7 = 4,7^\circ$$

$$\omega_{макс.инв.норм.ф} = \frac{1}{c} \cdot (E_{d0} \cdot \cos(\delta) - (\frac{m_B}{\pi} \cdot X_{тр.ф} - R_{яц}) \cdot 2,5 \cdot I_{д.и})$$

$$\omega_{макс.инв.норм.ф} = \frac{1}{5,97} \cdot (422,221 \cdot \cos(4,7^\circ) - (\frac{6}{3,14} \cdot 0,033 - 0,035) \cdot 2,5 \cdot 860) = 60,38 \text{ рад/с}$$

При ослабленном потоке:

$$\omega_{0.инв.осл.ф} = \frac{1}{c1} \cdot (E_{d0} \cdot \cos(\delta)) = \frac{1}{4,282} \cdot \cos(4,7^\circ) = 98,27 \text{ рад/с.}$$

$$\omega_{\text{макс.инв.осл.ф}} = \frac{1}{c1} \cdot (E_{d0} \cdot \cos(\delta) - (\frac{m_B}{\pi} \cdot X_{\text{тр.ф}} - R_{\text{яц}}) \cdot 2 \cdot I_{d.и})$$

$$\omega_{\text{макс.инв.осл.ф}} = \frac{1}{4,282} \cdot (422,21 \cdot \cos(4,7^\circ) - (\frac{6}{3,14} \cdot 0,033 - 0,035) \cdot 2 \cdot 860) = 87 \text{ рад/с}$$

На основании расчетных данных строим заданную область существования электромеханических характеристик при номинальном и ослабленном потоке двигателя (рисунок 10).

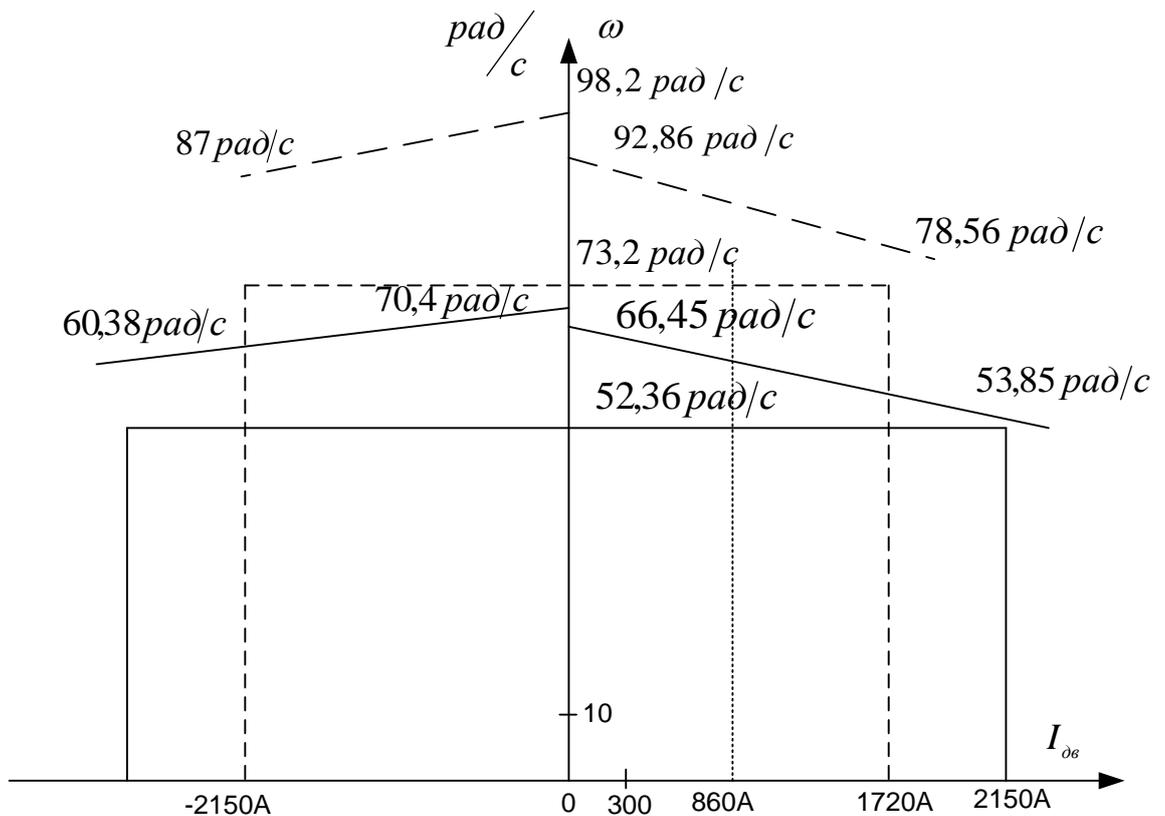


Рисунок 10-Область существования электромеханических характеристик
Пунктиром показаны характеристики при ослаблении потока.

2.4 Электромеханические характеристики системы преобразователь - двигатель

Скорость вращения вала электродвигателя:

$$\omega = \frac{E_d - I_d \cdot R_{\text{яц}} - \Delta U_\sigma}{c}$$

где: $E_d = E_{d0} \cdot \cos(\alpha)$ – среднее значение выпрямленной ЭДС в режиме непрерывного тока;

α – угол включения тиристора, отсчитываемый от точки естественной коммутации;

ΔU_e – прямое падение напряжение на тиристоре.

Для получения соответствующей скорости вращения вала двигателя произведем ряд преобразований и получим выражение для нахождения угла управления в функции скорости:

$$\alpha(\omega) = \arccos\left(\frac{\omega \cdot c + I_d \cdot R_{яц} + \Delta U_e}{E_{d0}}\right).$$

Для построение электромеханических характеристик в зоне непрерывного тока воспользуемся итоговым выражением:

$$\omega(I) = \frac{E_{d0} \cdot \cos(\alpha(\omega)) - I \cdot R_{яц} - \Delta U_e}{c}.$$

Характеристики имеют линейный характер. Однако в действительности в области малых нагрузок появляется зона прерывистых токов, она тем больше, чем больше угол α . Появление зоны прерывистого токов обусловлено тем, что в определенные промежутки времени мгновенное значение выпрямленного напряжения преобразователя становится меньше встречно действующей ЭДС двигателя, и, как следует из уравнения равновесия ЭДС становится отрицательной. Ток должен изменить направление на противоположное. Но поскольку вентили обладают односторонней проводимостью, ток становится равным нулю. При больших нагрузках несмотря на то, что в определенные промежутки времени мгновенное значение напряжения становится меньше ЭДС двигателя, ток не прерывается, является непрерывным. Объясняется это тем, что при больших нагрузках запас электромагнитной энергии в цепи выпрямленного тока значительный. Переходу от режима непрерывного тока к прерывистому соответствует режим начально-непрерывного тока,

являющегося граничным. Величина граничного тока зависит от угла α и параметров схемы.

Проведем расчет и построение характеристик в зоне прерывистых токов. Для этого найдем угол открывания, измеренный от начала положительной полуволны синусоиды фазной ЭДС:

$$\theta_0(\alpha) = \frac{180}{\pi} \cdot \left(\alpha(\omega) + \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m_s} \right) \right).$$

Значение ЭДС в относительных единицах в зависимости от угла управления α в зоне прерывистых токов:

$$e(\alpha) = \cos\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \frac{\sin\left(\left(\theta_0(\alpha) - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \sin\left(\left(\theta_0(\alpha) + \lambda - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot e^{\lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \cot\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}{1 - e^{\lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \cot\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}$$

где угол $\lambda = \frac{2 \cdot 180}{m_s} = 60$ град – угол проводимости тиристорov;

угол θ – угол отставания тока в якоре от напряжения. Он обусловлен присутствием в цепи якоря индуктивности $L_{яц}$. Угол θ найдем по выражению:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\omega_0 \cdot L_{яц}}{R_{яц}}\right) \cdot \frac{180}{\pi}.$$

Значение тока в относительных единицах в зоне прерывистых токов:

$$i(\alpha) = \frac{m_s}{2 \cdot \pi} \left(\cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \cos\left(\left(\lambda + \theta_0(\alpha)\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - \lambda \cdot \frac{\pi}{180} \cdot e_{cp}(\alpha) \right),$$

Характеристики режима прерывистого тока можно построить в абсолютных единицах $\omega = f(I)$ по следующим выражениям:

$$\omega(\alpha) = e(\alpha) \frac{\sqrt{2} \cdot U_n \cdot \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} - \frac{\pi}{2}\right) - \Delta U_s}{c},$$

$$I(\alpha) = i(\alpha) \frac{\sqrt{2} \cdot U_n \cdot \cos\left(\theta_0(\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} - \frac{\pi}{2}\right)}{R_{яц}}.$$

Если в приведенных выражениях задавать угол открытия тиристоров α (в диапазоне $0 \dots 180$) и угол проводимости λ ($0 \dots 60$), то получим семейство электромеханических характеристик в зоне прерывистых токов. Электромеханические характеристики системы УВ-Д построены в программе MathCad и представлены на рис. 11:

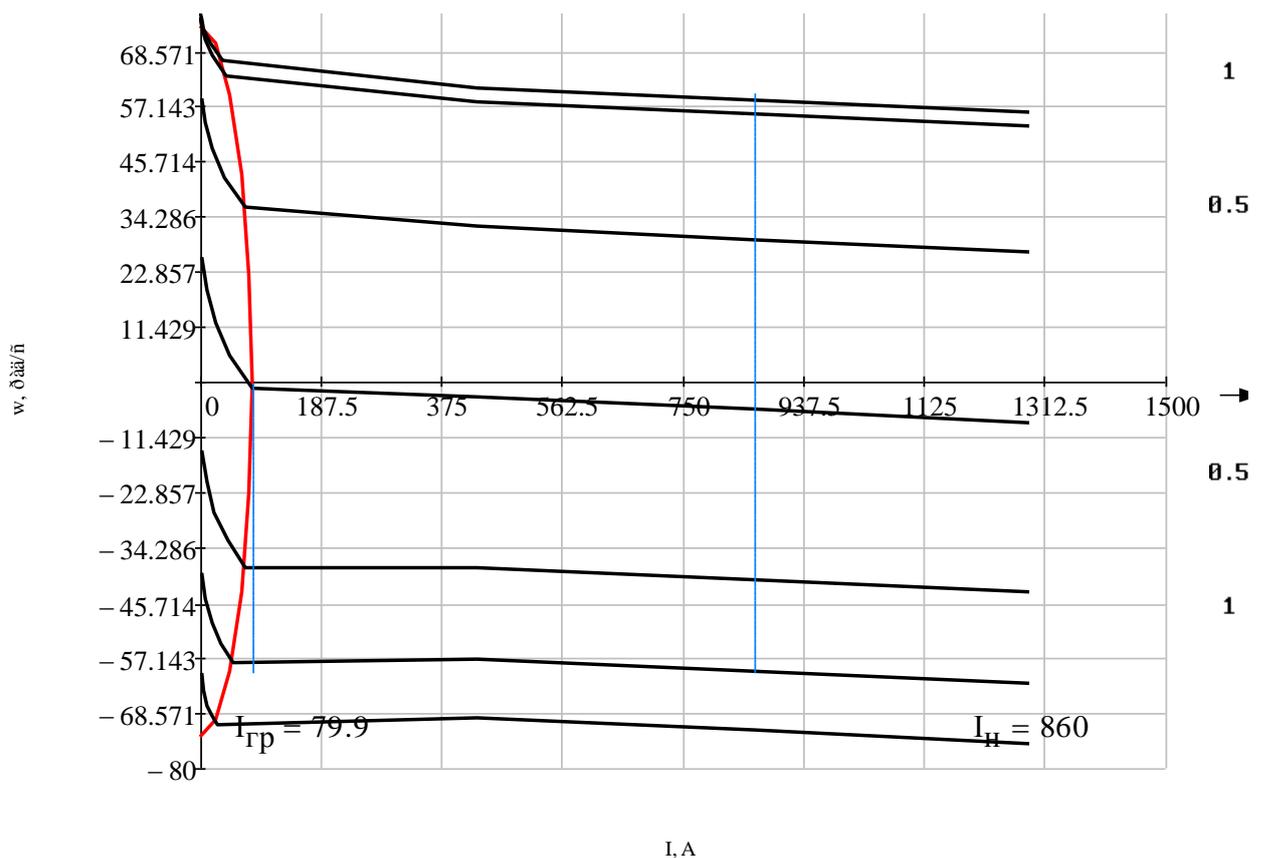


Рисунок 1 – Электромеханические характеристики системы УВ-Д с отдельным управлением

Для получения граничной характеристики можно воспользоваться выражениями для скорости и тока в зоне прерывистого тока, задавая угол $\lambda = 60$ град и меняя угол управления α .

2.5 Структурная схема линейризованной САУ

Структурная схема линейризованной САУ регулируемого электропривода приведена на рисунке 12

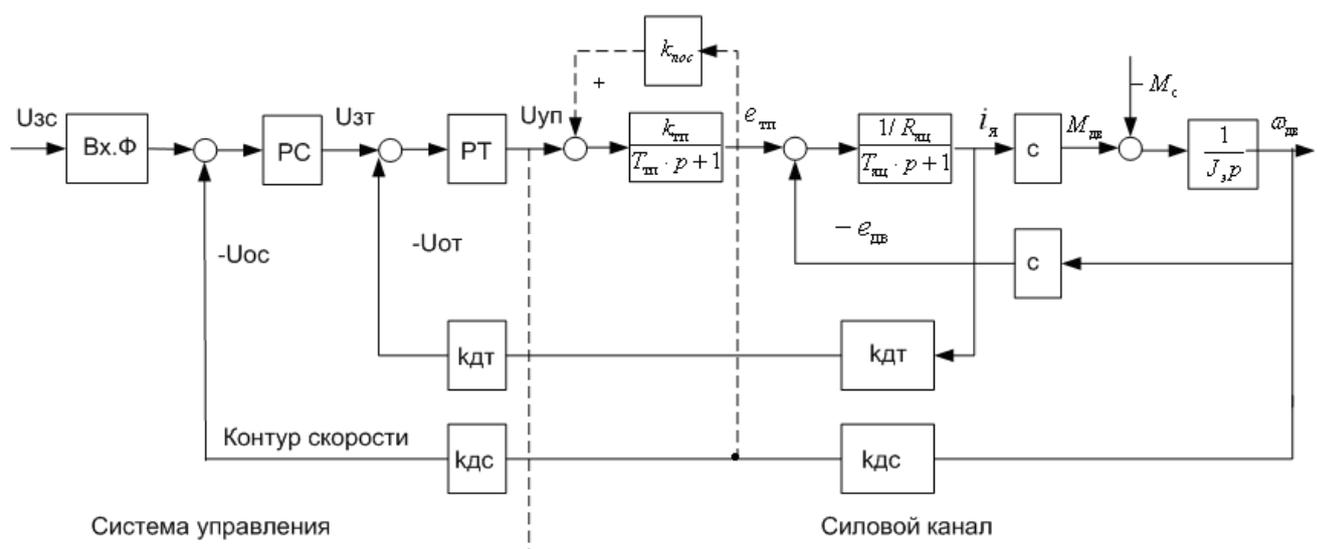


Рисунок 12– Структурная схема линейризованной САУ РЭП

2.6 Синтез системы автоматического управления электроприводом.

Задача синтеза автоматического управления регулируемым электроприводом (САУ РЭП) является в первую очередь задачей динамического синтеза, под которой понимается определение параметров элементов, обеспечивающих требуемые динамические свойства всей системы. В случаях, когда заданы структурная схема САУ и параметры механической системы и силовой части электрической системы ЭП, задача сводится к

определению параметров корректирующих цепей. Эта задача не является однозначной, поэтому важен выбор метода расчёта, который, обладая простотой и наглядностью, позволил бы рассматривать несколько вариантов и выбрать наиболее рациональный. Этим требованиям удовлетворяют методы расчёта САУ, базирующиеся на использовании ЛЧХ.

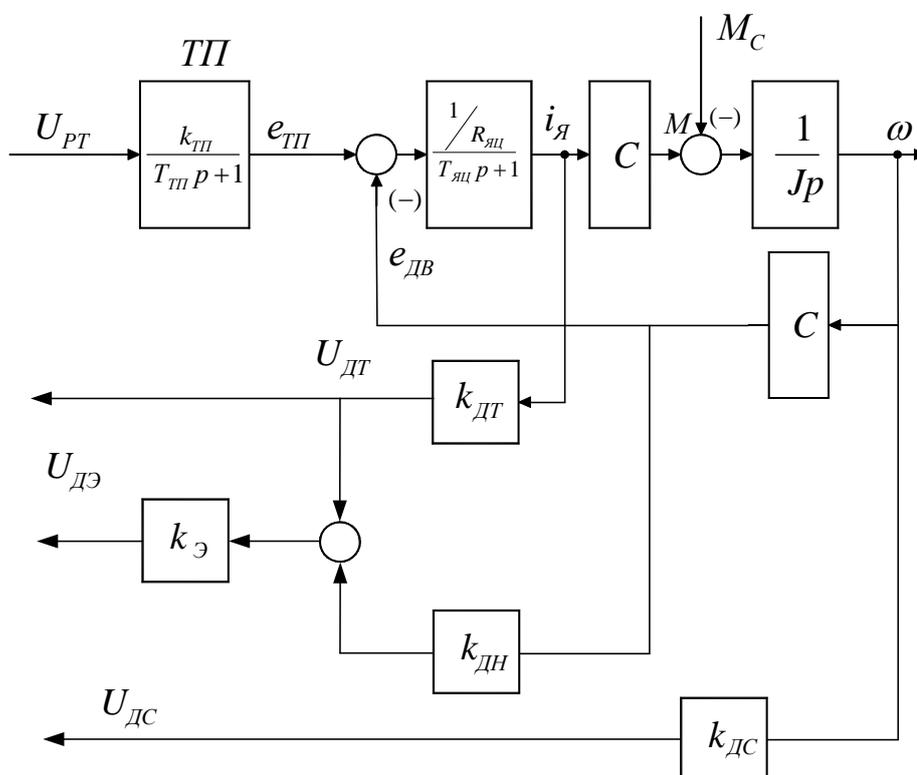


Рисунок 13-Структурная схема силового канала тиристорного электропривода

Методика синтеза много контурных САУ РЭП хорошо разработана для линейных систем. Методика основана на связи показателей качества САУ с формой ЛЧХ разомкнутой системы. Оптимизация достигается за счёт приведения асимптотической ЛАЧХ разомкнутых контуров скорости и тока к рекомендуемому виду. Структура 3 является самой сложной структурой, она представляет собой двухконтурную САУ подчинённого регулирования с ПИ-регуляторами тока и скорости.

В зависимости от вида аппроксимации ТП встречаются два варианта структуры 3:

- 1) Структура За: ТП представлен линейным безынерционным звеном ($T_p = 0$)
- 2) Структура 36: ТП представлен инерционным звеном с некоторой фиктивной малой постоянной времени контура тока

$$T_{mня} = \frac{0,5}{m_e \cdot f_c} = \frac{0,5}{6 \cdot 50} = 0,00167c$$

Синтез структуры проводится без учёта внутренней обратной связи по ЭДС двигателя, предполагается, что она не оказывает влияния или скомпенсирована.

На рисунке (пункт 8) приведена структурная схема линеаризованной САУ РЭП, которая соответствует структуре 36 [4]. Дальнейший расчёт осуществляется для структуры 36 по методике 8 [4]. В ней оптимизируется реакция системы на управляющее воздействие и рекомендуется одна точка настройки F, имеющая следующие коэффициенты оптимальной настройки [4 таблица 3.4, стр.41].

$$a_T = 2; a_c = 2; T_c = 2.$$

Расчётные выражения для оптимальных параметров настройки приведены в [4, таблица 3.3, стр.40]

Определим значение максимальной угловой частоты вращения двигателя

$$\omega_{\max} = \frac{\pi \cdot n_{\max}}{30} = \frac{3,14 \cdot 700}{30} = 73,26 \frac{\text{рад}}{c}$$

2.6.1 Контур тока

Контур тока якорной цепи настраиваем на модульный оптимум в соответствии с методикой, изложенной в [3]. В качестве базовой структуры выбрана структура 36 и точка настройки F, имеющая наиболее удовлетворительные показатели в переходном процессе для данного привода (достаточно высокое быстродействие и малое перерегулирование).

Передаточная функция ПИ регулятора тока имеет вид:

$$W_{pm}(p) = k_{pm} \frac{T_{pm} \cdot p + 1}{T_{pm} \cdot p}$$

Для данной настройки полоса пропускания САУ РЭП по модулю и по фазе имеет вид:

$$\omega_{\Pi}^{(M)} = \omega_{\Pi}^{(\Phi)} = \frac{0.71}{T_{\mu T}} = 425.15 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \text{ или } f_{\Pi} = \frac{\omega_{\Pi}}{2\pi} = 67.7 \text{ Гц.}$$

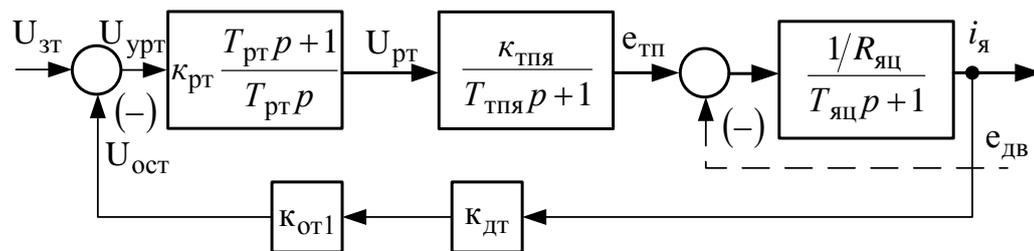


Рисунок 14- Структурная схема контура тока

Коэффициент обратной связи по току двигателя

$$k_T = \frac{U_{рТ.макс}}{I_{ЭП.макс}} = \frac{10}{2150} = 0.00465 \frac{\text{В}}{\text{А}}.$$

Коэффициент передачи входной цепи обратной связи РТ

$$k_{от1} = \frac{k_T}{k_{дТ}} = \frac{0.00465}{0.00392} = 1.186 \frac{\text{В}}{\text{А}}, \text{ - где коэффициент датчика тока } k_{дТ} = 0.00392.$$

Постоянная времени регулятора тока

$$T_{рТ} = T_{яц} = 0.058 \text{ с.}$$

Коэффициент усиления регулятора тока

$$K_{рТ} = \frac{T_{яц} \cdot R_{яц}}{k_{я} \cdot k_T \cdot a_t \cdot T_{\mu T}} = \frac{0.058 \cdot 0.035}{81 \cdot 0.00465 \cdot 2 \cdot 0.00167} = 1.62.$$

$$k_{от2} = \frac{k_{дН}}{k_{дТ}} R_{дв.гор} = \frac{0.0283}{0.00392} \cdot 0.02 = 0.144 \frac{\text{В}}{\text{А}},$$

$$T_t = a_t T_{\mu} = 2 \cdot 0.00167 = 0.00333 \text{ с.}$$

2.6.2 Контур скорости

В качестве датчика скорости используем тахогенератор типа ПТ-22 со следующими параметрами:

$U_H = 230В$; $n_H = 1000\text{об/мин}$.

Тогда коэффициент передачи тахогенератора составляет

$$\omega_{н.тг} = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,7 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Коэффициент обратной связи по скорости равен

$$k_c = k_{oc} \cdot k_{dc} = \frac{U_{зс.макс}}{\omega_{эл.макс}} = \frac{10}{73,2} = 0,1366В \cdot с$$

Примем $k_{тг} = k_{дс}$. тогда коэффициент обратной связи регулятора скорости равен

$$k_{oc} = \frac{k_c}{k_{тг}} = \frac{0,1366}{2,196} = 0,0622.$$

Для оптимизации контура скорости по структуре 3б примем

$$W(p)_T = \frac{1/K_T}{T_T p + 1}$$

Тогда для оптимизации контура скорости по МО выбираем ПИ-РСс коэффициентом усиления в первом приближении

$$k_{pc} = \frac{J_\omega / 2 \cdot k_m}{c \cdot k_c \cdot a_m \cdot (T_m \cdot T_{\delta\omega})} = \frac{312,5 / 2 \cdot 0,004651}{0,1366 \cdot 5,97 \cdot 2 \cdot (0,00333 + 0,018)} = 20,8$$

$$\text{Где } T_{\delta\omega} = \frac{L_{\delta\omega}}{R_{\delta\omega.зоп}} = \frac{0,0003664}{0,02} = 0,018\text{с-постоянная времени двигателя.}$$

Постоянная времени регулятора скорости равна

$$T_{pc} = 8T_{ц} = 8 \cdot 0,00167 = 0,01336\text{с.}$$

2.6.3 Контур тока возбуждения

В качестве тиристорного преобразователя в цепи возбуждения двигателя используется встроенный тиристорный мост, включенный по схеме полупроводяемого двухполупериодного выпрямителя.

Для контура возбуждения приведём список параметров, необходимых для дальнейшего расчёта.

Линейное напряжение цепи возбуждения двигателя $U_{л.в.} = 380В$;

Начальный угол управления тиристорного преобразователя цепи возбуждения $\alpha_{нач} = 130^0$

Минимальный угол управления тиристорного преобразователя цепи возбуждения $\alpha_{мин} = 20^0$

Индуктивность цепи основного потокосцепления найдём из формулы

$$L_{\epsilon} = 2p \cdot W_{\epsilon} \frac{\Phi_n - \Phi_{мин}}{I_{в.н} - I_{в.мин}} = 2 \cdot 3 \cdot 715 \cdot \frac{0,0725 - 0,052}{6,7 - 4,4} = 37,4881 Гн$$

Где p -число пар полюсов обмотки якоря.

Тангенс угла наклона кривой намагничивания равен.

$$K_{\phi} = \frac{\Phi_n - \Phi_{мин}}{I_{в.н} - I_{в.мин}} = \frac{0,0725 - 0,052}{6,7 - 4,4} = 0,008913 Гн$$

Магнитный поток рассеивания равен

$$\Phi_{с.н} = \Phi_n \cdot (\sigma - 1) = (1,18 - 1) \cdot 0,0725 = 0,013 Вб$$

Индуктивность цепи потока рассеяния равна

$$T_{\epsilon} = \frac{L_{\epsilon}}{R_{ц\epsilon}} = \frac{37,488}{24,702} = 1,518 с$$

Постоянная времени основного потокосцепления равна

$$T_s = \frac{L_s}{R_{ц\epsilon}} = \frac{8,192}{24,702} = 0,332 с$$

Постоянная времени контура вихревых токов равна

$$T_k = 0,1 \cdot T_{\epsilon} = 0,1 \cdot 1,518 = 0,1518 с.$$

Настройка контура тока возбуждения ведётся на модульный оптимум

Определим малую и большую постоянную времени обмотки

возбуждения из выражений

$$T_3 = \frac{T_\epsilon + T_s + T_k}{2} + \sqrt{\left(\frac{T_\epsilon + T_s + T_k}{2}\right)^2 - T_s + T_k}$$

$$T_3 = \frac{1,518 + 0,332 + 0,1518}{2} + \sqrt{\left(\frac{1,518 + 0,332 + 0,1518}{2}\right)^2 - 0,332 \cdot 0,1518} = 1,977c.$$

$$T_4 = \frac{T_\epsilon + T_s + T_k}{2} - \sqrt{\left(\frac{T_\epsilon + T_s + T_k}{2}\right)^2 - T_s + T_k}$$

$$T_4 = \frac{1,518 + 0,332 + 0,1518}{2} - \sqrt{\left(\frac{1,518 + 0,332 + 0,1518}{2}\right)^2 - 0,332 \cdot 0,1518} = 0,0255c.$$

Определим постоянную времени цепи возбуждения

$$T_{ц.в.} = T_3 + T_4 = 1,977 + 0,0255 = 2,0025c.$$

Постоянная времени регулятора тока возбуждения равна постоянной времени цепи возбуждения

$$T_{птв} = T_{ц.в.}$$

ЭДС тиристорного преобразователя цепи возбуждения равна

$$E_{ТПВ} = \frac{U_{л.в.}}{K_{U2.B}} = \frac{380}{1,11} = 342,34B$$

Коэффициент тиристорного преобразователя цепи возбуждения равен

$$K_{ТПВ} = \frac{E_{ТПВ} \cdot (\alpha_{нач.в} - \alpha_{мин.в})}{U_y \cdot \pi \cdot \frac{2}{3}} = \frac{342,34 \cdot (130 - 20)}{10 \cdot 180 \cdot \frac{2}{3}} = 31,38B$$

Постоянная времени тиристорного преобразователя цепи возбуждения равна

$$T_{птв} = \frac{0,5}{m_{в.в.} \cdot f_c} = \frac{0,5}{2 \cdot 50} = 0,005c$$

где $m_{в.в.}$ - количество фаз питающей сети цепи обмотки возбуждения

Коэффициент обратной связи регулятора тока цепи возбуждения равен

$$K_{отв} = \frac{U_y}{I_{вн}} = \frac{10}{6,7} = 1,493 \frac{B}{A}$$

Коэффициент датчика тока возбуждения равен

$$\kappa_{\text{дтв}} = \frac{U_y}{I_{\text{нр.н}}} = \frac{10}{10} = 1 \frac{\text{В}}{\text{А}}$$

где $I_{\text{нр.н}}$ - номинальный ток тиристорного преобразователя цепи возбуждения

Некомпенсируемая малая постоянная времени цепи обмотки возбуждения равна.

$$T_{\text{мтв}} = T_{\text{тпв}} + T_4 + \sum \tau = 0.005 + 0.0255 = 0.0305 \text{с}$$

Коэффициент передачи цепи обратной связи контура тока возбуждения равен

$$\kappa_{\text{дтв}} = \kappa_{\text{отв}} \cdot \kappa_{\text{дтв}} = 1,493 \cdot 1 = 1,493 \frac{\text{В}}{\text{А}}$$

Определим коэффициент усиления регулятора тока возбуждения

$$\kappa_{\text{ртв}} = \frac{T_{\text{рме}} \cdot R_{\text{ц.в}}}{\kappa_{\text{тпв}} \cdot \kappa_{\text{тв}} \cdot a_{\text{тв}} \cdot T_{\text{мтт}}} = \frac{2,001 \cdot 24,702}{18,168 \cdot 1,493 \cdot 0,0305} = 17,29$$

2.6.4 Контур ЭДС цепи возбуждения двигателя

Структурная схема контура ЭДС в первом приближении может быть представлена в виде схемы, приведенной на рисунке 15, где обозначено

$$W_{\text{м.у.замк}}(p) = \frac{(1/k_m) \cdot (T_{\kappa} p + 1)}{a_{\text{ме}} T_{\text{мте}}^2 p^2 + a_{\text{ме}} T_{\text{мте}} p + 1}$$

- передаточная функция оптимизированного замкнутого по управлению контура тока возбуждения двигателя.

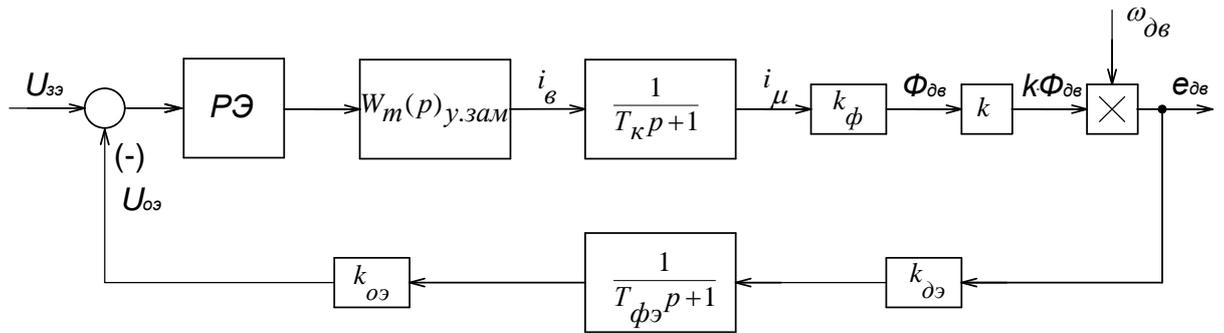


Рисунок 15 - Структурная схема контура ЭДС двигателя

После преобразования структурная схема примет вид, приведенный на рисунке 16.

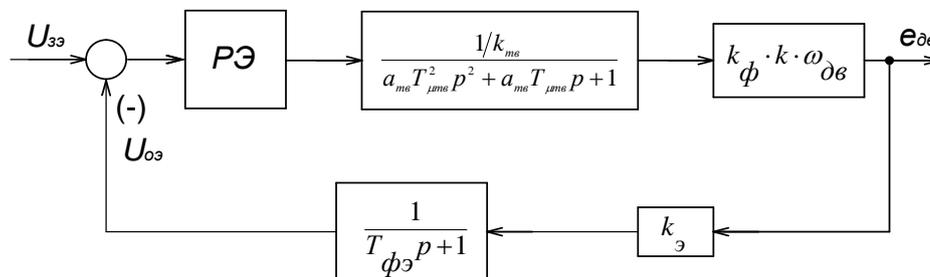


Рисунок 16. - Структурная схема контура ЭДС двигателя после преобразования

Коэффициент датчика напряжения равен

$$K_{дн} = \frac{U_y}{U_{нр.н}} = \frac{10}{420} = 0,0238 \frac{В}{А}$$

Постоянная времени фильтра в цепи обратной связи по ЭДС равна

$$T_{ф.н.} = T_{дв} = 0,018с.$$

Найдём тангенс угла наклона кривой намагничивания цепи обмотки возбуждения

$$K_{\Phi.H.} = \frac{\Phi_H}{I_{\sigma.H.}} = \frac{0,0725}{6,7} = 0,0108 \frac{В}{А}$$

$$T_{тэ} = 2 \cdot T_{тэ} = 2 \cdot 0,0305 = 0,061с.$$

Найдём коэффициент передачи потока возбуждения

$$K = \frac{C_H}{\Phi_H} = \frac{5,97}{0,0725} = 82,34 \frac{В}{А}$$

Для определения коэффициента усиления регулятора тока возбуждения необходимо найти коэффициент обратной связи по ЭДС.

Тогда коэффициент обратной связи по ЭДС равен

$$K_{дэ} = \frac{U_{эр.макс}}{E_{дв.макс}} = \frac{10}{312,572} = 0,032,$$

$$K_3 = \frac{U_{э.н}}{E_{дв.н}} = \frac{10}{312,572} = 0,032,$$

$$K_{оэ} = \frac{K_3}{K_{дэ}} = \frac{0,032}{0,032} = 1$$

тогда коэффициент усиления регулятора ЭДС контура возбуждения в первом приближении равен

$$K_{пэ} = \frac{K_{тв}}{K_{\Phi} \cdot K \cdot \omega_{осл} \cdot a_3 \cdot T_{тэ}} = \frac{1,493}{0,0108 \cdot 82,34 \cdot 73,2 \cdot 2 \cdot 0,061} = 0,1887$$

Построение ЛЧХ замкнутого контура ЭДС САУ РЭП

Передающая функция разомкнутого контура скорости оптимизированной двухконтурной САУ электропривода имеет вид

$$W_{с.раз}(p) = \frac{(T_{pc} \cdot p + 1)}{(b_c \cdot a_c^2 \cdot T_T^2 \cdot p^2 \cdot (T_T \cdot p + 1))} = \frac{(0,0132 + 1)}{(2,93 \cdot 10^{-7} \cdot p + 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot p^2)}$$

Передающая функция по возмущению замкнутого контура ЭДС оптимизированной двухконтурной САУ электропривода имеет вид

$$W_{с.зам.э.м.э.з.м}(p) = \frac{\frac{c}{J_3} \cdot b_c \cdot a_c^2 \cdot T_T^2 \cdot p \cdot (T_T \cdot p + 1)}{(b_c \cdot a_c^2 \cdot T_T^2 \cdot p^2 \cdot (T_T \cdot p + 1) + (T_{pc} \cdot p + 1))} = \frac{\frac{5,97}{312,5} \cdot 2 \cdot 2^2 \cdot 0,0033^2 \cdot p \cdot (0,0033 \cdot p + 1)}{2 \cdot 2^2 \cdot 0,0033^2 \cdot p^2 \cdot (0,0033 \cdot p + 1) + (0,00132 \cdot p + 1)} =$$

$$= \frac{5.59 \cdot 10^{-9} \cdot p^3 \cdot 1.69 \cdot 10^{-6} \cdot p^2}{2.87 \cdot 10^{-7} \cdot p^3 + 8.71 \cdot 10^{-5} \cdot p^2 + 0.0132 \cdot p + 1}$$

Передаточная функция по управлению замкнутого контура ЭДС оптимизированной двухконтурной САУ электропривода без фильтра на входе имеет вид

$$W_{с.зам.б.фильтра}(p) = \frac{\frac{1}{K_C} \cdot (T_{PC} \cdot p + 1)}{b_c \cdot a_c^2 \cdot T_T^2 \cdot p^2 \cdot (T_T \cdot p + 1) + (T_{pc} \cdot p + 1)}$$

$$= \frac{\frac{1}{0,032} \cdot (0,0132 \cdot p + 1)}{2 \cdot 2^2 \cdot 0,00333^2 \cdot p^2 \cdot (0,0033 \cdot p + 1) + (0,00132 \cdot p + 1)}$$

$$= \frac{0,425 \cdot p + 1}{2,87 \cdot 10^{-7} \cdot p^3 + 8.71 \cdot 10^{-5} \cdot p^2 + 0,0132 \cdot p + 1}$$

Ожидаемые логарифмические частотные характеристики двухконтурной САУ электропривода (программа MatLab) приведены на рисунках 17 -18.

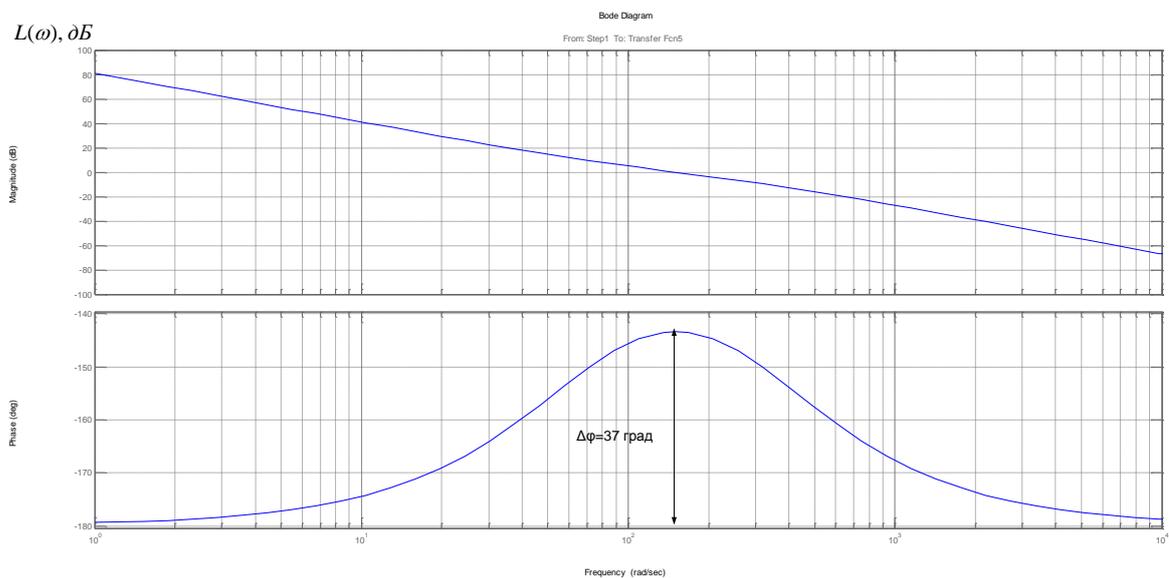


Рисунок 17 - Логарифмические амплитудно-частотные характеристики разомкнутого контура скорости.

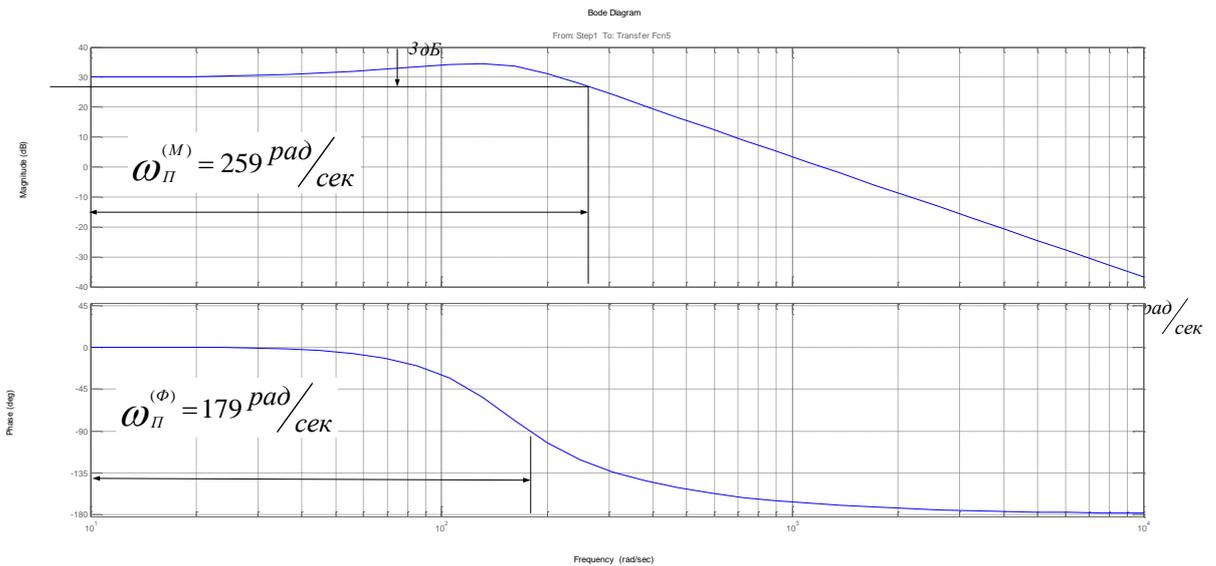


Рисунок 18 - Логарифмические амплитудно-частотные характеристики замкнутого контура скорости без фильтра.

По ЛЧХ замкнутого контура скорости без фильтра находим значение частоты пропускания контура

$$f_n^{(M)} = \frac{\omega_n^{(M)}}{2\pi} = \frac{259}{2\pi} = 41,2 \text{ Гц}.$$

$$f_n^{(\phi)} = \frac{\omega_n^{(\phi)}}{2\pi} = \frac{179}{2\pi} = 28,49 \text{ Гц}.$$

Из построенных ЛАЧХ и ЛФЧХ видим, что привод имеет достаточный запас устойчивости по модулю и по фазе.

2.7 Нелинейная САУ РЭП

2.7.1 Анализ основных нелинейностей электропривода

Основными нелинейностями двухзонного тиристорного электропривода являются:

- насыщение всех регуляторов, выходное напряжение которых ограничено на уровне $(11 \div 12) \text{ В}$ при напряжении источников питания

операционных усилителей $\pm 15B$. Принимаем при моделировании $U_{рег.макс} = \pm 10B$;

- ограничение углов управления тиристорных преобразователей, при моделировании это учитывается ограничением выходной ЭДС преобразователя

- ограничение тока якорной цепи, которое достигается ограничением выходного напряжения регулятора скорости

- реактивный характер момента нагрузки, который определяется выражением $M_c(\omega) = M_c \cdot \text{sign} \omega$;

- нелинейная зависимость потока двигателя от тока возбуждения, которая определяется кривой намагничивания двигателя;

- специфические свойства тиристорного преобразователя, которое проявляется в дискретности управления, односторонней проводимости, нелинейности регулировочных характеристик. Указанные свойства будут играть существенную роль при управлении двигателем со стороны якоря и малосущественную – при управлении со стороны обмотки возбуждения двигателя. Здесь важным является то, как эффективно гасятся поле двигателя в зоне ослабления поля возбуждения.

2.7.2 Структурная схема нелинейной САУ ЭП

Полная структурная схема двухзонного электропривода клетки приведена на рисунке 19.

Электропривод имеет две системы автоматического управления: САР скорости с ПИ-РС и ПИ-РТЯ и САР напряжения двигателя с П-РЭ и ПИ-РТВ.

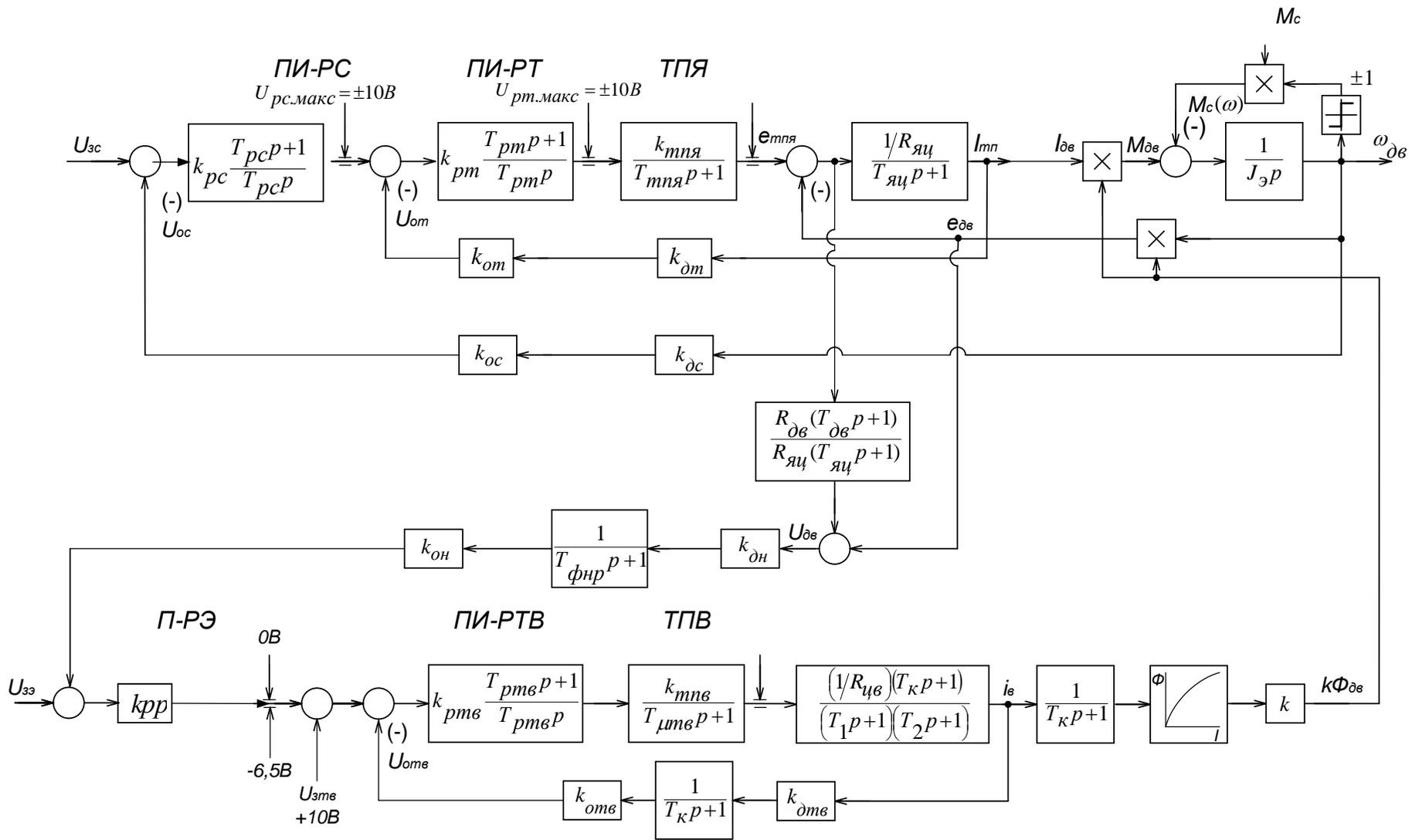


Рисунок 19 – Структурная схема САУ ЭП

2.7.3 Исследование электропривода на имитационных моделях

Исследования электропривода при работе в двух зонах регулирования реализовано

Расчет переходных процессов в системах регулируемого двухзонного электропривода постоянного тока нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный, выполненного по структурной многоконтурной схеме с последовательной коррекцией, выполняется методом имитационного моделирования с помощью программы Matlab. Программа воспроизводится методом имитационного численного моделирования переходных процессов в аналоговых нелинейных системах регулируемого электропривода при типовых задающих и возмущающих воздействиях. Она позволяет в широких пределах варьировать структуру и значения параметров элементов САУ, выводить результаты расчетов в виде графиков, по которым определяются динамические качества.

Схема модели двухзонного электропривода представлена на рисунке 19

Переходные процессы нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный представлены на рисунках 21-23.

Переходные процессы рассчитываются и строятся при помощи программы Матлаб.

Структурная схема набора модели приведены на 20

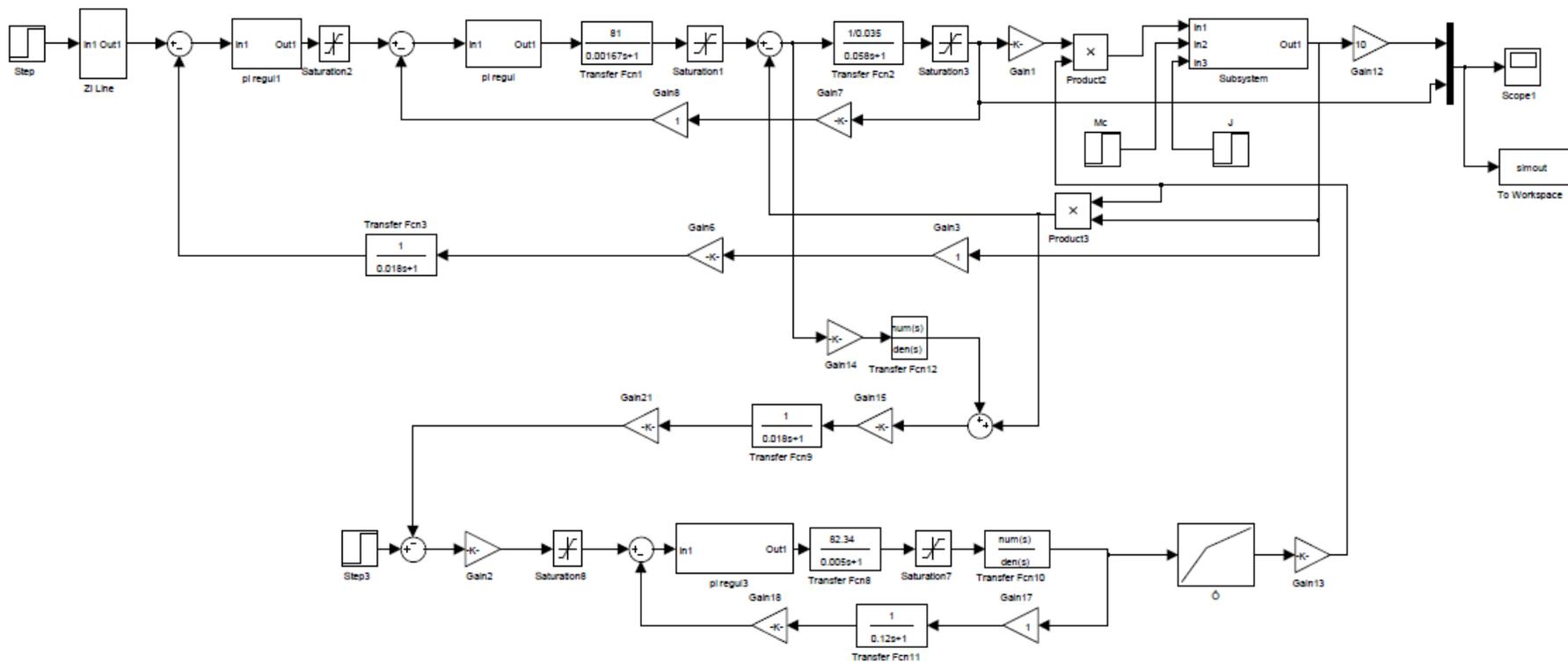


Рисунок 20 – Схема набора модели в программе Matlab.

В данной выпускной квалификационной работе электропривод главного скипового подъёма доменной печи представлен одномассовой системой. При построении переходных процессов на единичное воздействие был задан начальный момент, равный стартовому статическому моменты при движении скипа с коксом.

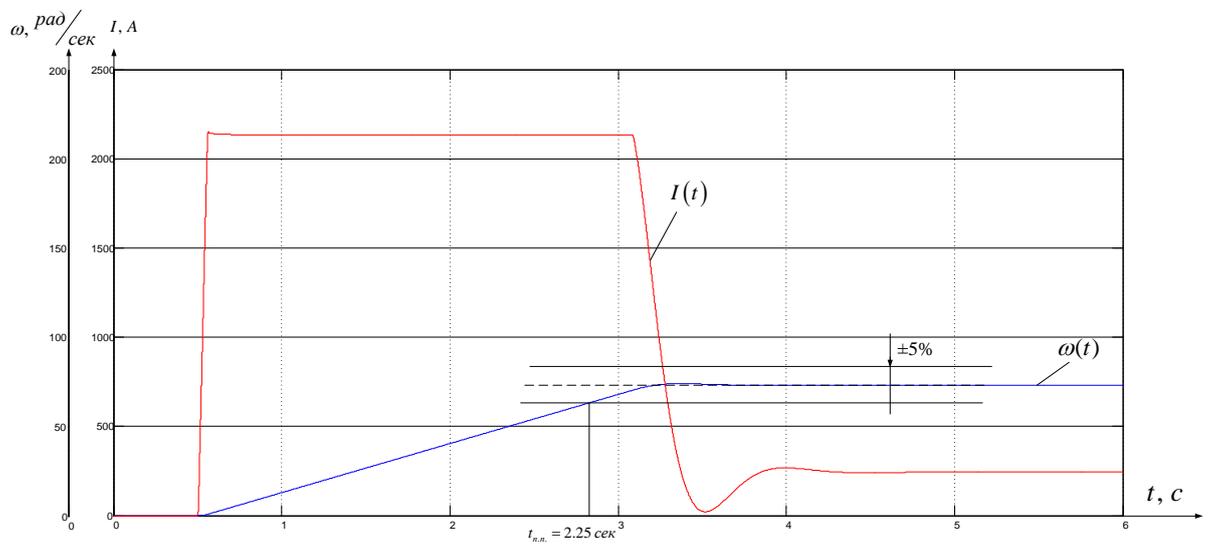


Рисунок 21 - Переходный процесс в нелинейной САУ РЭП при единичном воздействии 10В. $M_c = 1453 \text{ Н*М}$, $I_{\text{баз}} = 2150 \text{ А}$ $\omega_{\text{баз}} = 73,2 \text{ рад/с}$.

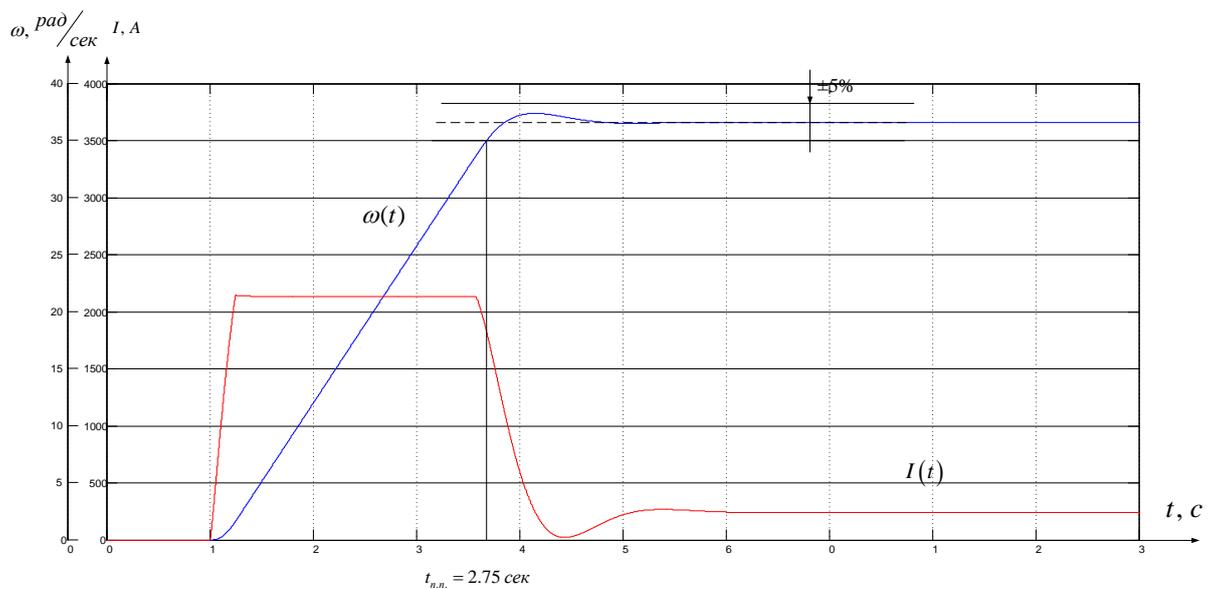


Рисунок 22 - Переходный процесс в нелинейной САУ РЭП при единичном воздействии 5В. $M_c = 1453 \text{ Н*м}$, $I_{\text{баз}} = 2150 \text{ А}$, $\omega_{\text{баз}} = 36,6 \text{ рад/с}$.

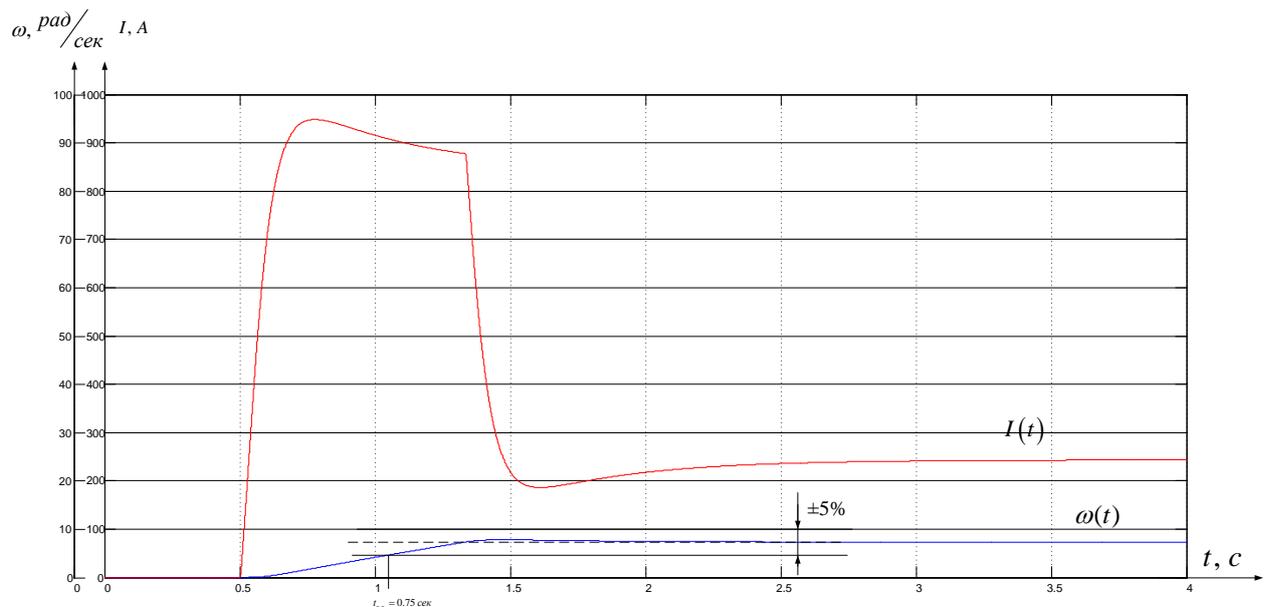


Рисунок 23 - Переходный процесс в нелинейной САУ РЭП при единичном воздействии 1В. $M_c = 1453 \text{ Н*м}$, $I_{\text{баз}} = 750 \text{ А}$, $\omega_{\text{баз}} = 7.32 \text{ рад/с}$.

Из графиков переходных процессов видим, что перерегулирование основной координаты при единичном воздействии при различных уровнях задания равно 0, что обеспечивается введением фильтра на входе системы. Время переходного процесса при максимальном единичном воздействии составляет 2 сек., что удовлетворяет требованиям данного класса систем.

2.7.4 Расчет статических характеристик

ДПТ управляется по цепи обмотки якоря изменением напряжения. Следовательно, при постоянном потоке двигателя, механические и электромеханические характеристики совпадают для различных ЭДС. Причём

$$E_{тп} = K_{рз} \cdot K_{рт} \cdot K_{тп} \cdot U_{зс};$$

Предположим, что двигатель работает на характеристике с $E_{тп2}$ и нагрузкой $Mс1$, то есть, в точке А. Предположим также, что нагрузка на валу двигателя возросла и стала равной $Mс2$. В первый момент скорость двигателя падает. Уменьшается в этом случае и сигнал, пропорциональный ЭДС двигателя, так как

$$E_{дв} = c \cdot \omega$$

В реальном приводе сигнал, пропорциональный $E_{дв}$ формируется более сложно с помощью датчиков тока и напряжения якорной цепи, однако в любом случае если система настроена правильно, сигнал по $E_{дв}$ пропорционален скорости двигателя (при постоянном потоке двигателя).

Если в первом приближении не учитывать сигнал обратной связи по току

$U_{от}$, действующий на вход регулятора тока, то $E_{тп}$ можно определить по формуле

$$e_{нг} = (U_{рс} - U_{рс}) \cdot K_{рз} \cdot K_{рт} \cdot K_{тп}$$

Как следует из этого уравнения, уменьшение сигнала обратной связи по ЭДС приводит к увеличению ЭДС тиристорного преобразователя. Привод переходит с $E_{тп} = E_{тп3}$ (т.е в точку В) и так далее. В результате формируется характеристика замкнутой системы более жёсткая, чем характеристика разомкнутой системы.

Для вывода уравнения электромеханической характеристики электропривода составим систему уравнений, которые описывают электропривод в статике.

В режиме стабилизации скорости

В режиме стабилизации скорости составит систему уравнений.

$$U_{ypc} = U_3 - U_{oc}; \quad (1)$$

$$U_{pc} = k_{pc} \cdot U_{ypc}; \quad (2)$$

$$U_{ypm} = U_{pc} - U_{om}; \quad (3)$$

$$U_{om} = k_{om.cm} \cdot k_{om.cm} \cdot I_{mn}; \quad (4)$$

$$U_{oc} = k_{\partial c} \cdot k_{oc} \cdot \omega; \quad (5)$$

$$U_{pm} = k_{pm} \cdot U_{ypm}; \quad (6)$$

$$e_{mn} = k_{mn} \cdot U_{pm}; \quad (7)$$

$$U_{mn} = e_{mn} - I_{mn} \cdot R_{mn}; \quad (8)$$

$$U_{mn} = U_{\partial \epsilon}; \quad (9)$$

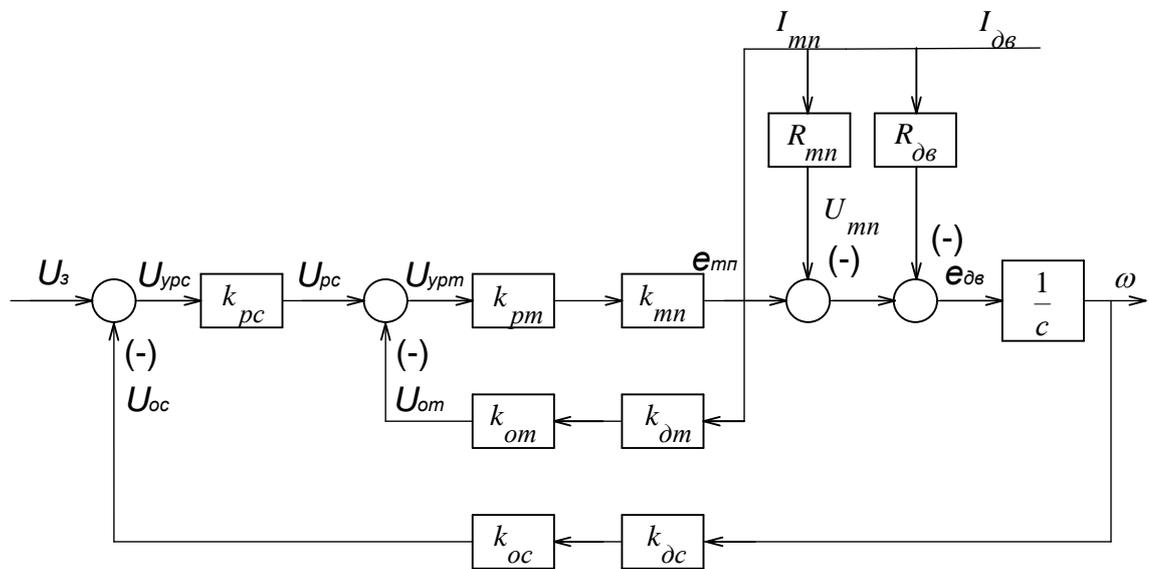


Рисунок 24. - Структурная схема электропривода в режиме стабилизации скорости

Решим систему уравнений 1-12 относительно угловой скорости ω , получим:

$$\omega = \frac{k_{\partial} \cdot k_{mn} \cdot k_{pm} \cdot k_{pc} \cdot U_{3c}}{1 + k_{\partial} \cdot k_{mn} \cdot k_{pm} \cdot k_{pc} \cdot k_{oc} \cdot k_{\partial c}} - I_{\partial \epsilon} \cdot \frac{k_{\partial} \cdot (2R_{\partial \epsilon} + R_{mn} + k_{mn} \cdot k_{pm} \cdot k_{dm} \cdot k_{om})}{2 \cdot (1 + k_{\partial} \cdot k_{mn} \cdot k_{pm} \cdot k_{pc} \cdot k_{oc} \cdot k_{\partial c})}, \quad (13)$$

где $k_\delta = \frac{1}{c}$ – коэффициент двигателя;

Особенностью при анализе статических характеристик в режиме стабилизации скорости является то, что значения коэффициентов астатических регуляторов тока и скорости является принятие их коэффициентов максимальными. Для данной системы примем коэффициенты регуляторов равными $K_{рс} = 20000$, а $K_{рт} = 65530$.

В режиме стабилизации тока

Анализ статики в режиме стабилизации тока проводим из условия что регулятор скорости вошёл в насыщение. Для анализа составим модель, которая показана на рисунке 25.

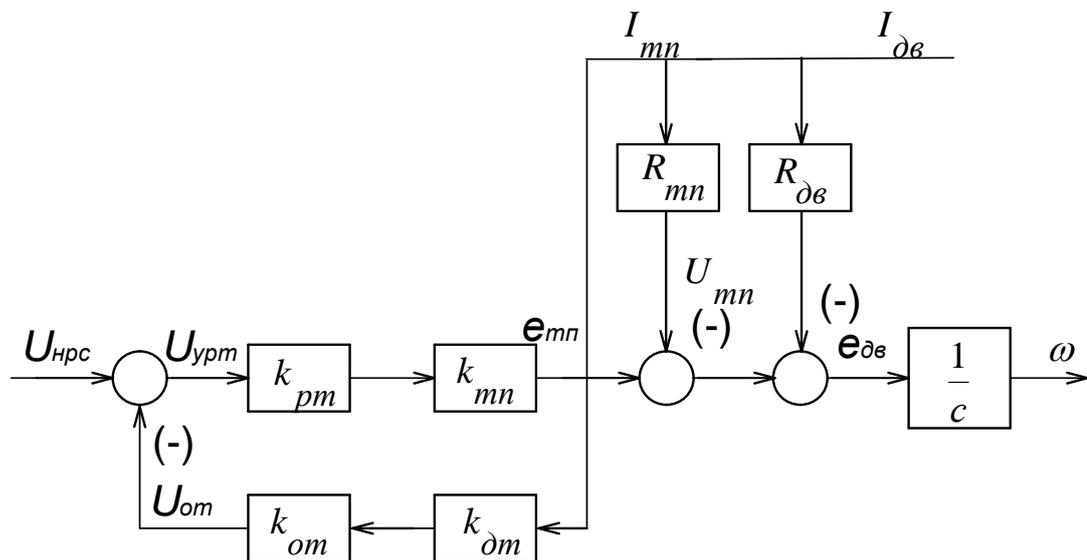


Рисунок 25 – Структурная схема электропривода в режиме стабилизации тока

$$U_{урт} = U_{рс.макс} - U_{ом}; \quad (15)$$

$$U_{ом} = k_{дт} \cdot k_{ом} \cdot I_{мн}; \quad (16)$$

$$U_{рм} = k_{рм} \cdot U_{урт}; \quad (17)$$

$$e_{мн} = k_{мн} \cdot U_{рм}; \quad (18)$$

$$U_{mn} = e_{mn} - I_{mn} \cdot R_{mn} \quad (19)$$

$$U_{mn} = U_{\partial\delta}; \quad (20)$$

$$U_{\partial\delta} = e_{\partial\delta} + I_{\partial\delta} \cdot R_{\partial\delta}; \quad (21)$$

$$E_{\partial\delta} = c \cdot \omega. \quad (22)$$

Решая систему уравнений 13-19 получим:

$$\omega = k_{\partial} \cdot k_{mn} \cdot k_{pm} \cdot U_{pc,max} - I_{\partial\delta} \cdot k_{\partial} (2 \cdot R_{\partial\delta} + R_{mn} + k_{mn} \cdot k_{pm} \cdot k_{\partial m} \cdot k_{om}) \quad (23)$$

На основании методики, проведём расчёт статических характеристик электропривода. Данные расчёта сведём в таблицу 3.

Таблица 3 Расчётные данные для построения статических характеристик

I, A U3, B	0	860	2150	8,%
1	7.319	7.317	7,315	0,05
2,5	18,296	18,295	18,293	0,02
5	36,593	36,591	36,589	0,0099
7,5	54,889	54,888	54,886	0,0053
10	73,186	73,184	73,183	0,00399

По данным таблицы 6 на рисунке 26 построены электромеханические характеристики электропривода в режиме стабилизации скорости. Рассчитанные точки нанесены на графики характеристик в виде звездочек.

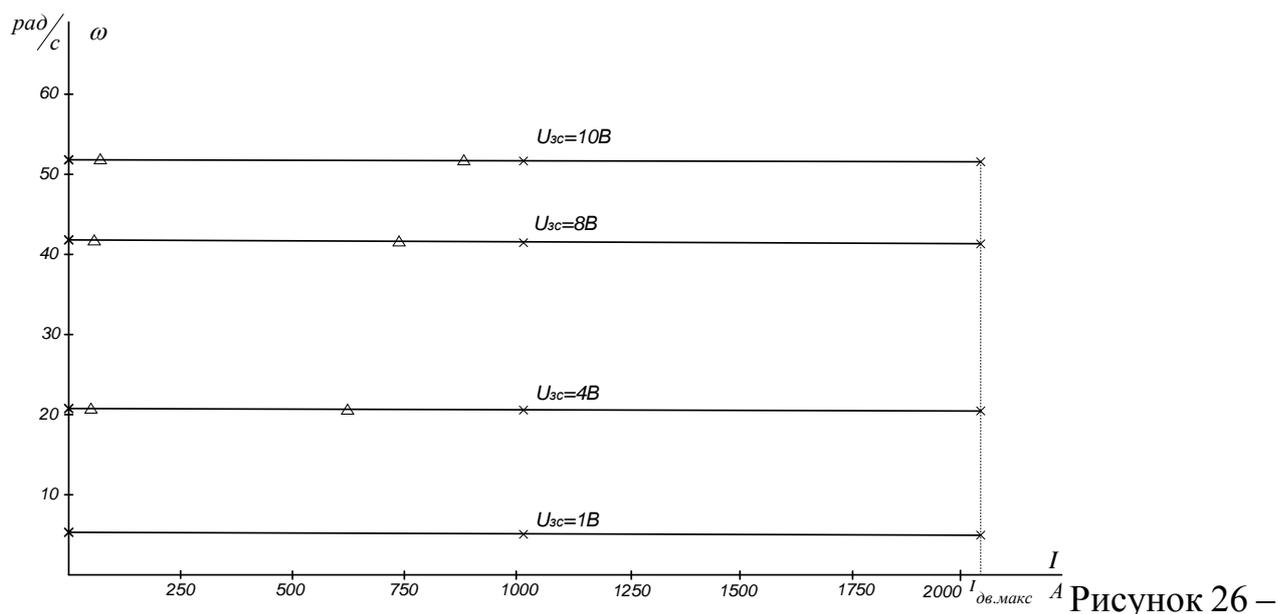


Рисунок 26 –

График электромеханической характеристики

Как следует из таблицы 6 погрешность поддержания скорости на нижней регулировочной характеристике с $U_{zc} = 1\text{B}$ составляет 0,05%, что соответствует требованиям технологического процесса прокатки металла в чистовой группе клетей и требованиям технического задания.

2.8 Принципиальная электрическая схема.

2.8.1 Принципиальная электрическая схема. Согласование с сетью. Интеграция в схему автоматизации технологического процесса

Принципиальная схема представлена на устройство электропривода SIMOREG на ток свыше 630 А выполняется в виде блока электроники (собственно устройство SIMOREG), включающий помимо схемы управления электроприводом тиристорный преобразователь тока возбуждения, электропривод вентилятора охлаждения и блок SITOP, который представляет собой реверсивную мостовую схему выпрямления тока якоря.

Питание блок электроники, вентилятора и возбудителя осуществляется индивидуально включением соответствующих автоматических выключателей QF2, QF3, QF4, которые помимо функции коммутации цепей осуществляют их

защиту от токов короткого замыкания и перегрузки.

Согласование с сетью производится посредством силового трансформатора, выбранного в п. 7.3. Коммутация цепей силового трансформатора по высокой стороне осуществляется масляным выключателем QF1.

Система построена таким образом, что постоянно один преобразователь находится в резерве, а два находятся в работе. Выбор рабочих преобразователей производится рубильниками QS1, QS2 (якорная цепь) и QS3, QS4 (цепь обмотки возбуждения). Блок - контакты рубильников заведены в контроллер.

Управление механическими тормозами - релейно-контакторное, с управлением через контроллер. Данные на управление тормозами контроллер получает от тиристорного преобразователя (параметры P080, P086, P087) через интерфейс RS232 (разъём X501).

SA1 - ключ-бирка на панели, SA2 - SA4 - аварийные выключатели в скиповой яме, машинном зале и на посту местного управления.

SA5 - ключ обхода защиты от слабины канатов на посту местного управления. Концевые выключатели, контролирующие наличие слабины канатов находятся под барабаном лебёдки.

SA6 - ключ обхода защиты от перехода за предел левого и правого скипа на посту местного управления. Защита от перехода за предел левого и правого скипа формируется механическим путевым выключателем, отстроенным на срабатывание в крайних точках допустимого пути скипов.

Так как тиристорный преобразователь полностью цифровой и имеет множество средств коммуникации с внешними устройствами, такими, как контроллер типа SIMATIC, на базе которых в данное время строится вся автоматизация технологического процесса, интеграция привода в технологическую цепь производится программно с помощью алгоритмической обработки данных, получаемых от преобразователя через аналоговые и двоичные выходы, а так же через шину SINЕSi промежуточный контроллер непосредственного управления приводом. Для повышения

надёжности управления работой привода имеет смысл применение дублирования сигналов, поступающих в контроллер управления приводом с аналоговых и двоичных выходов основным технологическим контроллером.

Данный привод, имея двухдвигательную структуру, построен по принципу "ведущий - ведомый". Передача главного заданного значения для ведомого привода осуществляется через интерфейс RS485 (разъём X500), а инициализация приоритета "ведомый - ведущий" осуществляется через параметр P500.

Подключение тахогенератора производится к клеммам 101 и 104.

2.8.2 Описание. Защиты и блокировки.

Тиристорные преобразователи SIMOREGK типа 6RA24 представляют собой компактные цифровые приборы для трёхфазного подключения и предназначены для питания якоря и поля возбуждения регулируемых приводов постоянного тока с нормативными токами для якоря от 15А до 1200А. благодаря параллельному подключению компактных приборов с блоками SITORвозможны токи до 3600А.

Тиристорные преобразователи SIMOREG K отличаются компактным построением. Подключение к внешним сигналам (двоичные входы/выходы, аналоговые входы/выходы и т.д) производится на отдельном клеммном блоке.

Параметризация устройства SIMOREGK производится через находящееся на электронном модуле простое табло управления посредством трёх кнопок, а так же при помощи персонального компьютера и программного обеспечения SIMOVIS.

Преобразователь SIMOREGK имеет 980 параметров, характеризующих его работу. Одними из основных являются следующие группы параметров:

- Дефиниция устройства SIMOREG K;
- Дефиниция параметров двигателя;
- Дефиниция опции "Интерфейс двигателя".

К первой группе относятся:

P070 - тип управляющего модуля (деление по питающему напряжению);

P071 - номинальное напряжение устройства;

P072 - номинальный ток устройства (преобразователь);

P073 - номинальный ток устройства (возбудитель);

Ко второй группе параметров относятся:

P100 - ток якоря двигателя (по фирменному щитку);

P101 - напряжение якоря двигателя (по фирменному щитку);

P102 - ток возбуждения двигателя (по фирменному щитку);

P110 - сопротивление цепи якоря;

P111 - индуктивность цепи якоря;

P112 - сопротивление цепи возбуждения;

Третью группу составляют:

P150 - граничный угол выпрямительного режима (преобразователь);

P151 - граничный угол инверторного режима (преобразователь);

P155 - коэффициент П - усиления тока якоря;

P156 - время регулирования регулятора тока якоря;

P225 - коэффициент П - усиления регулятора скорости;

P226 - время регулирования регулятора скорости;

P250 - граничный угол выпрямительного режима (возбудитель);

P251 - граничный угол инверторного режима (возбудитель);

P255 - коэффициент П - усиления регулятора тока возбуждения;

В преобразователе предусмотрен цикл автооптимизации, который может быть выбран ключевым параметром P051.

При P051=25 происходит настройка регулятора тока преобразователя и возбудителя. Следующие параметры устанавливаются автоматически: P110, P111, P112, P155, P156, P255, P256.

При P051=26 настраивается регулятор скорости. При его настройке автоматически устанавливаются параметры: P225 и P256.

Помимо перечисленных параметров существует группа параметров уставки для функций "Компенсация трения" и "Компенсация момента инерции". При P051=28 происходит компенсация моментов трения и инерции.

Автоматически устанавливаются параметры: P520...530, P540.

Индикация рабочих состояний преобразователя осуществляется с помощью параметров индикации P001...P054.

Преобразователь имеет встроенные защиты и блокировки, такие, как:

- 1) защита от понижения напряжения;
- 2) защита от перенапряжения;
- 3) максимально-токовая защита;
- 4) защита по среднеквадратичному току;
- 5) защита от размыкания контуров регулирования САУ;
- 6) защита от превышения максимальной скорости двигателя.

Также в приводе имеются технологические защиты, воздействующие непосредственно на аварийное отключение преобразователя:

- 1) защита от слабины канатов;
- 2) переход за предел правого скипа;
- 3) переход за предел левого скипа.

В качестве датчика пути использован инкрементальный цифровой датчик типа BRZ, а так же механический путевой выключатель, отстроенный на конечные максимальные положения скипов.

2.8.3 Рекомендации по настройке и эксплуатации

- 1) Трассы, ведущие от датчиков к электроприводу должны быть экранированные.
- 2) В контурах датчиков тока поля и якоря должны быть запаяны сопротивления, соответствующие нормированным значениям токов поля и якоря.
- 3) Основной прибор оснащён простой панелью управления. Дополнительно имеется возможность оснастить прибор выносной панелью управления. В этом случае простая панель показывает только рабочее состояние (P000) и не может использоваться для ввода.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Группа		ФИО	
3-5ГЗА2		Насруллаев Жахонгир Давлат угли	
Институт	Институт электронного обучения (ИЭО)	Отделение	Электроэнергетика, электротехника
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Электропривод

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

1. <i>Стоимость ресурсов проектной работы: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- В реализации проекта задействованы 5 человек: руководитель проекта, инженер-разработчик, 3 электромонтера;
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность» В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- Отчисления по страховым взносам - 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала перспективности и альтернатив проведения проектной работы с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование (Потенциальные потребители результатов НТП), - Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
2. <i>Планирование и формирование бюджета проектной работы</i>	- Планирование выполнения работ по проекту, - Расчет бюджета затрат на проектирование, в том числе расчет капитальных вложений в основные средства
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и финансовой, бюджетной, социальной экономической эффективности исследования</i>	- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования - Определение научно-технической эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗА2	Насруллаев Жахонгир Давлат угли		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Темой дипломного проекта является «частотно-регулируемый электропривод лебедки скипового подъема». Данный проект подходит для масштабного производства, где регулирование скорости подъема осуществляется при помощи тиристорного преобразователя (ТП) и двигателей постоянного тока (ДПТ). Несмотря на простоту данного метода, он имеет ряд существенных недостатков: низкую энергетическую эффективность, низкий КПД установки, а также ведет к увеличению механических нагрузок на установку.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности проекта, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработкамеханизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи :

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;

ГДЕ?

- осуществить планирование этапов выполнения исследования;

- рассчитать бюджет проекта;

- произвести оценку экономической эффективности исследования.

3.1 Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование

Потенциальные потребителями этого исследования являются любые отраслевые предприятия которым требуются изделия из чугуна, ферросплавов

и железорудного сырья. Данный проект выполняется по заказу АО «ЕВРАЗ ЗСМК», основными требованиями являются: надежность, бесперебойность в работе, энергоэффективность и качественные показатели электропривода. На реализацию проекта необходимо потратить не более 1 миллиона рублей, срок выполнения не менее 5 месяцев.

На рынке имеется несколько вариантов исполнения лебедки скипового подъема, такие как механические, гидравлические. Для данного заказа будет выбран наиболее ресурсоэффективный вариант исполнения электропривода.

3.1.2 Обоснование выбранного оборудования и принятого способа управления агрегатами

Выбор системы тиристорный преобразователь (ТП) → двигатель постоянного тока (ДПТ) основывался на технологических возможностях и соответствующей стоимости установки.

При разработке технологической системы ТП→ДПТ выбор делался на возможность работать с заданной технологической нагрузкой без изменения скорости и механических узлов установки.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (см. табл. 3). Для этого необходимо проанализировать не менее 3-4 конкурентных товаров.

При выборе данной системы были рассмотрены как отечественные, так и зарубежные марки приводов. Такие как: OmronA1000, ABBACS880, ВесперE3-9100, SIMOREGDSMASTER серии 6RA70. ТП марки SIMOREGDSMASTER серии 6RA70 на данный диапазон мощностей, скоростей и при соответствующих функциональных возможностях оказались ниже по стоимости, по этому выбор пал именно на них.

Таблица 3 – Стоимость ТП.

Производитель ПЧ	Стоимость
OmronA1000	48550
ABBACS880	53590
ВесперЕЗ-9100	42085
SIMOREG DS MASTER серии 6RA70	38200

3.1.3 Анализ конкурентных технических решений

Проведем сравнения существующей системы управления(СУ) привода скипового подъема с проектируемой системой управления основанной на ТП.

Существующая СУ: электропривод с двигателем постоянного тока с системой управления через тиристорный преобразователь.

В таблице 4 приведем основные параметры рассматриваемых систем.

Таблица 4 – Параметры рассматриваемых систем

	Варианты		
	Существующая СУ	Проектируемая СУ	
1. Общее количество составных частей	4	2	
2. Количество типов элементов	4	2	
3. Количество оригинальных элементов	2	2	
4. Стоимость покупных комплектующих		Стоимость в 2 раза больше	Снижение энергопотребления
5. Показатели надежности		Плавное изменение производительности, а как следствие	Отсутствие щеточного аппарата

		защита от механических перегрузок. Защита от перегрузки, от к.з. на землю, сверхтоков, тепловая защита двигателя, токоограничение и ограничение перенапряжения.	
6. Питание:			
а) вид	U=380 В	U=380 В	
б) мощность	P=4 кВт	P=4 кВт	
7. Габариты		Меньше в 2 раза	
8. Масса		Легче в 2 раза	

Для проведения сравнения выбираем следующие показатели:

1. уровень капитальных вложений;
2. уровень надежности;
3. уровень обслуживания;
4. завышение мощности электропривода;
5. уровень затрат на эксплуатацию;
6. генерирование помех.

В таблице 5 приведены коэффициенты весомости критериев сравнения.

Таблица 5 – Коэффициенты весомости критериев сравнения

Преобразователь частоты	№ Критерия сравнения					
	1	2	3	4	5	6
SIMOREG DS MASTER серии 6RA70	0,5	0,7	1	0,8	0,7	0,9
OmronA1000	0,7	0,8	1	0,7	0,8	0,9
ABBACS880	0,9	0,9	1	0,7	0,9	0,9
ВесперE3-9100	0,6	0,7	1	0,8	0,8	0,9

По каждому критерию устанавливаем оценку степени обеспечения цели (таблица 6).

Таблица 6 – Оценка степени обеспечения цели

Уровень цели	Низкий	Средний	Высокий
Оценка обеспечения цели	0	0,5	1

Проанализировав результаты расчета, по оценке качества систем управления насосными агрегатами, можно судить о необходимости замены старой системы на систему частотного управления.

3.1.4 Оценка научно-технического уровня проекта

Для определения научно - технического уровня проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности необходимо, рассчитать коэффициент научно-технического уровня (НТУ).

Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок. Суть метода состоит в присвоении каждому из признаков НТУ определенного числа баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик.

Формула для определения общей оценки:

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n k_i * \Pi_i$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

Π_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 7 - Весовые коэффициенты НТУ

Таблица 7 - Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,6
Теоретический уровень	0,4
Возможность реализации	0,2

Таблица 8 - Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 9 - Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, устройство, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 10 - Возможность реализации по времени и масштабам

<u>Время реализации</u>	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
<u>Масштабы реализации</u>	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	4
Народное хозяйство	10

Расчет НТУ:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i * \Pi_i$$

где $k_1 = 0,6$; $k_2 = 0,4$; $k_3 = 0,2$; $k_4 = 0,2$;

$$\Pi_1 = 9; \Pi_1 = 6; \Pi_1 = 10; \Pi_1 = 4.$$

$$\text{НТУ} = 0,6*9+0,4*6+0,2*10+0,2*4= 10,6.$$

По полученным значениям коэффициент научно-технического уровня (НТУ) можно сказать о достаточно высоком научно - техническом уровне проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности.

3.2 Планирование комплекса работ на создание проекта

Комплекс работ по созданию проекта включает в себя 2 этапа:

- проектировка электропривода лебедки скипового подъема;
- пуско-наладочные работы электропривода лебедки скипового подъема.

Проект электропривода скиповой лебедки будут разрабатывать 2 человека: руководитель проекта и инженер-разработчик.

Пуско-наладочные работы будут осуществлять руководитель и бригада электромонтеров, один из которых будет выполнять обязанности бригадира.

3.2.1 Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости работ проводится опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ожi} = \frac{3*t_{mini} + 2*t_{maxi}}{5}$$

где t_{mini} – минимальная возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой операции (оптимистическая оценка), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимальная возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой операции (пессимистическая оценка), чел.-дн..

Разработка технического задания на проектирование:

$$t_{ожi} = \frac{3*1 + 2*4}{5} = 3 \text{ чел.-дн.}$$

Остальные расчеты пунктов трудоемкости работ выполняются аналогичным способом и приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Содержание проектных работ

№	Содержание работ	Продолжительность работ, чел.-дн.		
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}
1	Разработка технического задания на проектирование	2	4	3
2	Разработка плана работ и технико-экономическое обоснование проекта	2	4	3
3	Описание объекта модернизации	7	14	10
4	Разработка структурной схемы ЭП	4	8	6
5	Кинематическая схема механизма	7	15	10
6	Расчет мощности и выбор электродвигателя	2	4	3
7	Выбор системы и алгоритма управления. Подбор оборудования для управления (ТП, контроллер, датчики)	5	10	7
8	Разработка математической модели системы АУ ЭП	8	15	11
9	Разработка программы имитационного моделирования	8	15	11
10	11. Вопросы безопасности и экологичности проекта	5	10	7
11	Технико-экономические расчеты	6	11	8
12	Составление пояснительной записки	18	24	20,5
13	Разработка графического сопровождения проекта	5	10	7
	Итого:	79	144	108,5

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{q_i},$$

Где q_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Разработка технического задания на проектирование:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{q_i} = \frac{2,2}{2} = 1,1 \text{ дн.}$$

Остальные расчеты пунктов продолжительности работ выполняются аналогичным способом и приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Продолжительность проектных работ

№	Содержание работ	Продолжительность работ, дни		
		$t_{ож}$	$Ч_i$	T_p
1	Разработка технического задания на проектирование	3	2	1,5
2	Разработка плана работ и технико-экономическое обоснование проекта	3	1	3
3	Описание объекта модернизации	10	2	5
4	Разработка структурной схемы ЭП	6	2	3
5	Кинематическая схема механизма	10	2	5
6	Расчет мощности и выбор электродвигателя	3	1	3
7	Выбор системы и алгоритма управления. Подбор оборудования для управления (ТП, контроллер, датчики)	7	2	3,5
8	Разработка математической модели системы АУ ЭП	11	2	5
9	Разработка программы имитационного моделирования	11	2	5,5
10	Вопросы безопасности и экологичности проекта	7	2	3,5
11	Технико-экономические расчеты	8	2	4
12	Составление пояснительной записки	20,5	1	20,5
13	Разработка графического сопровождения проекта	7	2	3,5
	Итого:	108,5	23	66

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k,$$

где k – коэффициент календарности, предназначенный для перевода рабочего времени в календарное, который рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{КГ}}{T_{КГ} - T_{ВД} - T_{ПД}},$$

где $T_{КГ}$ – количество календарных дней в году;

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году;

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году;

$$k = 1,45,$$

тогда при расчете длительности этапов в рабочих днях расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел.

Разработка технического задания на проектирование (в календарных днях):

$$T_{ki} = 1,5 * 1,45 = 2.$$

Дальнейший расчет пунктов продолжительности работ в календарных днях выполняется аналогично и результаты приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Продолжительность проектных работ (в календарных днях)

№	Содержание работ	Продолжительность работ, к.дни		
		T_p	k	T_k
1	Разработка технического задания на проектирование	1,5	1,45	2
2	Разработка плана работ и технико-экономическое обоснование проекта	3	1,45	4
3	Описание объекта модернизации	5	1,45	7
4	Разработка структурной схемы ЭП	3	1,45	4
5	Кинематическая схема механизма	5	1,45	7
6	Расчет мощности и выбор электродвигателя	3	1,45	4
7	Выбор системы и алгоритма управления. Подбор оборудования для управления (ТП, контроллер, датчики)	3,5	1,45	5
8	Разработка математической модели системы АУ ЭП	5	1,45	7
9	Разработка программы имитационного моделирования	5,5	1,45	8

10	Вопросы безопасности и экологичности проекта	3,5	1,45	5
11	Технико-экономические расчеты	4	1,45	6
12	Составление пояснительной записки	20,5	1,45	30
13	Разработка графического сопровождения проекта	3,5	1,45	5
	Итого:	66		94

Результаты расчетов временных показателей разработка проекта приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Временные показатели разработки проекта

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		t_{min} , чел.- дн.	t_{max} , чел.- дн.	$t_{ож}$, чел.- дн.	T_p , раб. дн.	T_k , кол.дн.	U_i , %	Γ_i , %
1	Руководитель, Инженер- разработчик	2	4	3	1,5	2	2	2
2	Инженер- разработчик	2	4	3	3	4	4	6
3	Руководитель, Инженер- разработчик	7	14	10	5	7	7	13
4	Руководитель, Инженер- разработчик	4	8	6	3	4	4	17
5	Руководитель, Инженер- разработчик	7	15	10	5	7	7	24
6	Инженер- разработчик	2	4	3	3	4	4	28
7	Руководитель, Инженер- разработчик	5	10	7	3,5	5	5	33
8	Руководитель, Инженер- разработчик	6	11	8	4	6	6	39
9	Руководитель, Инженер- разработчик	8	15	11	5	7	7	46
10	Руководитель, Инженер- разработчик	8	15	11	5,5	8	8	54
11	Руководитель,	5	10	7	3,5	5	5	59

	Инженер-разработчик							
12	Руководитель, Инженер-разработчик	6	11	8	4	6	6	65
13	Инженер-разработчик	18	24	20,5	20,5	30	30	95
14	Руководитель, Инженер-разработчик	5	10	7	3,5	5	5	100
Итого						100		

Далее в таблице 15 приведен календарный план разработки проект в форме диаграмм Ганта.

Таблица 15 – Календарный план разработки проекта

#	Вид работы	Исполнители	Тк	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Разработка технического задания на проектирование	Руководитель, Инженер-разработчик	2					
2	Разработка плана работ и технико-экономическое обоснование проекта	Инженер-разработчик	4					
3	Описание объекта модернизации	Руководитель, Инженер-разработчик	7					

Пусконаладочные работы — это комплекс мероприятий по вводу в эксплуатацию смонтированного на объектах оборудования.

Целью проведения пусконаладочных работ является настройка установленного оборудования, выявление недостатков электроустановки и несоответствий проекту электроснабжения, способных негативно повлиять на безопасность использования электрического оборудования а также проверка готовности функционирования системы.

Для правильной работы оборудования, после монтажа требуется провести пусконаладочные работы. Пусконаладочные работы помогают выявить возможные нарушения при монтаже, недостатки в работе оборудования до начала его эксплуатации, а также обеспечат его бесперебойную работу на протяжении всего времени эксплуатации.

В таблице 16 составлена структура ПНР

Таблица 16 – Структура ПНР

№	Состав работы	Трудоемкость, дни
1	Подготовительные работы	15
2	Пуско-наладочные работы	30
3	Комплексное опробование	10
4	Оформление отчётной документации;сдача объекта в эксплуатацию	10
	Общий срок монтажа	65

Далее в таблице 17 представлен список ПНР

Таблица 17 – Содержание ПНР

№ п.	Содержание работы	Исполнитель	Дни
1	1,1 ознакомление с документацией проекта;	- руководитель ; - бригада электриков	3
	1,2 составление графика ПНР, а также графика испытаний и наладки объекта	- руководитель ; - бригада электриков	7
	1,3 подготовка оборудования и инструмента	- бригада электриков	3

	1,4 осмотр электрооборудования и проверка соответствия технических характеристик	- бригада электриков	2
2	2,1 монтаж оборудования	- бригада электриков	20
	2,2 настройка параметров двигателя и тиристорного преобразователя	- бригада электриков	5
	2,3 монтаж и проверка защитных блокировок и сигнализации	- бригада электриков	10
	2,4 проверка системы управления без нагрузки (в холостую); снятие необходимых характеристик СУ	- руководитель ; - бригада электриков	5
3	3,1 проверка системы управления под нагрузкой с пульта управления	- руководитель ; - бригада электриков	5
	3,2 корректировка параметров СУ	- бригада электриков	5
4	4,1 составление протоколов ПНР	- руководитель; - бригада электриков	5
	4,2 внесение изменений в ПНР, выявленных во время работ	- бригада электриков	4
	4,3 сдача объекта в эксплуатацию	- руководитель; - бригада электриков	10

3.2.3 Состав бригады для проведения ПНР

Количество членов бригады регламентируется требованиями к ПНР:

1. ПНР оборудования лебедки скипового подъема характеризуются узкой специализацией.

2. По правилам эксплуатации и настройки электрооборудования напряжением до 1000 В запрещаются работы на оборудовании, находящемся под напряжением, менее чем двум членам бригады.

Состав бригады, проводящей ПНР, приведён в таблице 18

Таблица 18 – Состав бригады, выполняющей ПНР

	Состав бригады	Категория
1	электромонтер – бригадир	6
2	электромонтер	5
3	электромонтер	5

Таблица 19 – Календарный план разработки проекта

№	Содержание работы	Исполнители	T _к	Июнь	Июль	Август
1	Ознакомление с документацией проекта; характеристик	- руководитель проекта; - бригада электромонтеров	3			
	Составление графика ПНР, а также графика испытаний и наладки объекта	- руководитель проекта; - бригада электромонтеров	7			
	Подготовка оборудования и инструмента	- бригада электромонтеров	3			
	Осмотр электрооборудования и проверка соответствия технических характеристик	- бригада электромонтеров	2			
2	Монтаж оборудования	- бригада электромонтеров	15			
	Настройка параметров двигателя и системы в преобразователе частоты	- бригада электромонтеров	5			
	Монтаж и проверка защитных блокировок и сигнализации	- бригада электромонтеров	10			
	Проверка системы управления без нагрузки (в холостую); снятие необходимых характеристик СУ	- руководитель проекта; - бригада электромонтеров	5			

Осуществление проектной работы потребует расчеты следующих пунктов затрат:

- материальные затраты (затраты на канцелярию и на литературу);
- капитальные затраты (необходимое специальное и дополнительное оборудование, стоимость монтажных и пусконаладочных работ, а также транспортные расходы);
- расчет заработной платы исполнителей проекта;
- расчет пенсионных и страховых расходов;
- расчет накладных расходов;
- расчет расходов при эксплуатации электропривода лебедки скипового подъема;

3.3.1 Расчет бюджета проектной работы

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1+k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при разработке проекта;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при разработке проекта

C_i –цена приобретения i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (15 % от стоимости).

$$Z_m = (1+0,15)*(1*200 + 1*1000 + 2*50 + 4*10 + 10*10 + 4*1000) = 6256 \text{ руб.}$$

В таблице 20 указаны материальные затраты проектной работы.

Таблица 20 – Материальные затраты проектной работы

Наименование	Кол-во		Цена за ед., руб.		Затраты Z_m , руб	
	1	2	1	2	1	2
Бумага печатная	213	-	1	-	2430	-
Картридж	1	-	1000	-	1159	-

Тетрадь общая	1	1	50	50	47,5	47,5
Ручка	1	3	10	10	21,5	54,5
Мел	-	10	-	10	-	105
Литература	2	2	1000	1000	2458	2458
Итого					6116	
1 – Инженер разработчик						
2 – Бригада электромонтеров						

Получаем сумма материальных затрат надля обеспечения бригады монтажников составила 6116 руб.

3.3.2 Расчет капитальных затрат

Данный расчет включает в себя такие затраты, как контрольно-измерительное оборудование, программное обеспечение, непосредственно проектируемое оборудование и др., рассчитывается по аналогичное формуле расчета бюджета проектной работы.

В таблице 21 приведены данные о капитальных затратах выполняемой работы.

Таблица 21 – Капитальные затраты

№	Наименование	Цена за ед., руб.
1	- программное обеспечение;	15000
	- электродвигатель - 2шт;	31360
	- тиристорный преобразователь- 2 шт;	156400
	- датчики;	11081
	- пускорегулирующая аппаратура	18120
	- прочие расходы (кабеля, изолирующие материалы, клеммы, метизы и др.)	10000
Итого по разделу 1		241961
2	- стоимость монтажных и пусконаладочных работ (15% от р.1)	36412
3	- транспортные расходы (15% от р.1+р.2)	34924
Общая стоимость проекта по закупке, монтажу и доставке оборудования		313297

Расчет капитальных вложений проводился с учетом цен действительных на 16.03.18г.

Итоговая сумма капитальных затрат на приобретение необходимого оборудования составила 313 297 руб..

3.3.3 Расчет заработной платы исполнителей проекта

Заработная плата начисляется за отработанное время и включает в себя дополнительные надбавки (премия, районный коэффициент и надбавки за сложность проекта).

Инженер-разработчик, руководитель проекта, а также бригада электромонтеров имеют повременную оплату труда, пятидневный график работы и восьмичасовой рабочий день.

Инженер разработчик имеет оклад 10450 руб..

Руководитель проекта имеет оклад 14400 руб..

Электромонтер 5 разряда имеет клад 10450 руб..

Электромонтер 6 разряда имеет клад 12330 руб..

Расчет основной заработной платы разработчика проекта:

$$ЗП_{\text{разр.}} = (З_{\text{ок}} + k_{\text{пр}} + k_{\text{с}}) * k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{ок}} = 10450$ руб. – оклад;

$k_{\text{пр}}$ – премия (30% от оклада);

$k_{\text{р}} = 1,3$ – районный коэффициент;

$k_{\text{с}} = 5000$ руб. – надбавка за разработку нового проекта;

$$ЗП_{\text{разр.}} = (10450 + 3135 + 5000) * 1,3 = 22160,5 \text{ руб./мес.}$$

Расчет дневной заработной платы разработчика проекта:

$$ЗП_{\text{разр.д.}} = ,$$

где $F_{\text{д}} = 26$ дней – количество рабочих дней в месяце;

$$ЗП_{\text{разр.д.}} = = 1098,2 \text{ руб./день.}$$

Расчет заработной платы разработчика проекта за период работы:

$$ЗП_{\text{разр.пер.}} = ЗП_{\text{разр.д.}} * F_{\text{пер}},$$

где $F_{\text{пер}} = 100$ дней – период работы разработчика проекта;

$$ЗП_{\text{разр.пер.}} = 1098,2 * 100 = 109820 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы руководителя проекта:

$$ЗП_{\text{рук.}} = (З_{\text{ок}} + k_{\text{пр}} + k_{\text{с}}) * k_{\text{р}},$$

$$ЗП_{\text{разр.}} = (14400 + 4320 + 5000) * 1,3 = 30836 \text{ руб./мес.}$$

Расчет дневной заработной платы руководителя проекта:

$$ЗП_{\text{рук.д.}} = ,$$

$$ЗП_{\text{рук.д.}} = = 1401,6 \text{ руб./день}$$

Расчет заработной платы руководителя проекта за период работы:

$$ЗП_{\text{разр.пер.}} = ЗП_{\text{разр.д.}} * F_{\text{пер}},$$

где $F_{\text{пер}} = 170$ дней – период работы руководителя проекта;

$$ЗП_{\text{разр.пер.}} = 1401,6 * 170 = 238272 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы электромонтера 5 разряда:

$$ЗП_{\text{эл.5р.}} = (З_{\text{ок}} + k_{\text{пр}} + k_{\text{б}}) * k_{\text{р}},$$

где $k_{\text{б}} = 3000$ руб. – надбавка за руководство бригадой;

$$ЗП_{\text{эл.5р.}} = (12330 + 3699 + 3000) * 1,3 = 24737,7 \text{ руб./мес.}$$

Расчет дневной заработной платы электромонтера 5 разряда:

$$ЗП_{\text{эл.5р.д.}} = \frac{ЗП_{\text{инж.н.}}}{F_{\text{д}}}, ,$$

$$ЗП_{\text{эл.5р.д.}} = = 1124,4 \text{ руб./день.}$$

Расчет заработной платы электромонтера 5 разряда за период работы:

$$ЗП_{\text{эл.5р.пер.}} = ЗП_{\text{эл.5р.д.}} * F_{\text{пер}},$$

где $F_{\text{пер}} = 70$ дней – период работы электромонтера 5р.;

$$ЗП_{\text{эл.5р.пер.}} = 1124,4 * 70 = 78708 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы электромонтера 4 разряда:

$$ЗП_{\text{эл.4р.}} = (З_{\text{ок}} + k_{\text{пр}} + k_{\text{сл}}) * k_{\text{р}},$$

где $k_{\text{сл}} = 1500$ руб. – надбавка за сложность работы;

$$ЗП_{\text{эл.4р.}} = (10450 + 3135 + 1500) * 1,3 = 19610,5 \text{ руб./мес.}$$

Расчет дневной заработной платы электромонтера 4 разряда:

$$ЗП_{\text{эл.4р.д.}} = ЗП_{\text{инж.н.}} * F_{\text{пер}} ,$$

$$ЗП_{\text{эл.4р.д.}} = = 891,4 \text{ руб./день.}$$

Расчет заработной платы электромонтера 4 разряда за период работы:

$$ЗП_{\text{эл.4р.пер.}} = ЗП_{\text{эл.4р.д.}} * F_{\text{пер}},$$

$$ЗП_{\text{эл.4р.пер.}} = 891,4 * 70 = 62398 \text{ руб.}$$

Т.к. электромонтеров 4 разряда двое, то их оплата за весь период работы будет составлять 124796 руб.

В таблице 22 приведены данные о заработной плате всех исполнителей проекта:

Таблица 22 – Заработная плата исполнителей проекта

Должность	Основная з.п., руб.	Дневная з.п., руб.	З.п. за период, руб.
Инженер – разработчик	24160,5	1098,2	109820
Руководитель проекта	30836	1401,6	238272
Эл.монтер 6 р.	24737,7	1124,4	78708
Эл.монтер 5 р.	19610,5	891,4	62398
Эл.монтер 5 р.	19610,5	891,4	62398
Итого			551596

Таким образом, на заработную плату всех исполнителей проекта необходимо выделить 551 596 руб..

3.3.4 Расчет пенсионных и страховых отчислений

Величина отчислений в пенсионный и страховой фонд рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * ZП_{\text{об}},$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату пенсионных и страховых отчислений (в 2016 году $k_{\text{внеб}} = 30\%$);

$ZП_{\text{об}} = 551596$ руб. – заработная плата всех исполнителей за весь период разработки и монтажа;

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 * 551596 = 165478,8 \text{ руб.}$$

3.3.5 Расчет накладных расходов

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{Поб}} + Z_{\text{внеб}}) * k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}} = 16\%$ - коэффициент учитывающий накладные расходы;

$$Z_{\text{накл}} = (6256 + 206417 + 551596 + 165478,8) * 0,16 = 148\,760 \text{ руб.}$$

3.3.6 Формирование бюджета по монтажу и ПНР лебедки скипового подъема

В таблице 23 приведена общая стоимость затрат по монтажу и ПНР.

Таблица 23 – Затраты на монтаж и ПНР

№	Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
1	Бюджет проектной работы	6116
2	Капитальные затраты	313297
3	Заработная плата исполнителей	551596
4	Отчисления во внебюджетные фонды (30% от п.3)	165478,8
5	Накладные расходы (16 % от п.1+...+4)	148760
6	Прибыль монтажной организации (8% от п.3+...+5)	69267
7	Итого	1 254 514,8

Таким образом, затраты заказчика составили 1254514,8 руб., из которых 313 297 руб. на закупку и доставку оборудования, 551596 руб. на оплату квалифицированного персонала монтажной организации, 314238,8 руб. были затрачены на накладные расходы и отчисления в пенсионный и страховой фонды, прибыль монтажной организации составила 69 267 руб. срок выполнения заказа составил 101 день.

3.3.7 Расчет расходов при эксплуатации электропривода

Эксплуатационные расходы включают следующие статьи затрат: расходы на электроэнергию; заработная плата обслуживающего персонала; амортизационные отчисления.

Расчет силовой электроэнергии, используемой для питания привода рабочего механизма

Силовая электроэнергия рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{сил.эн}} = \frac{P_{\text{уст}} * F_{\text{д}} * k_{\text{м}} * k_{\text{е}} * k_{\text{з}}}{k_{\text{дв}} * k_{\text{с}}},$$

где $P_{\text{уст}}$ – мощность установленного оборудования, кВт;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час;

$k_{\text{м}}$ – коэф. одновременного использования электродвигателей (0.7);

$k_{\text{в}}$ – коэф. использования оборудования по машинному времени (0.7);

$k_{\text{з}}$ – средний коэф. загрузки оборудования (0.8);

$k_{\text{с}}$ – коэф., учитывающий потери в сети (0.93);

$k_{\text{дв}}$ – коэф., учитывающий потери в двигателях (0.95).

$$W_{\text{сил.эн}} = \frac{4 * 5500 * 0,7 * 0,7 * 0,8}{0,93 * 0,95} = 6655 \text{ кВт*ч.}$$

Затраты на силовую энергию в денежном выражении рассчитывается:

где C_3 – стоимость одного кВт·ч электроэнергии для промышленных предприятий (одноставочный тариф на потребляемую электроэнергию составляет 2,05 руб./кВт*ч , для г. Новокузнецка на 1 марта 2016 года);

$$= 6655 * 2,05 = 13642,75 \text{ руб./год.}$$

3.3.8 Расчет амортизационных отчислений

Годовые амортизационные отчисления рассчитываются на основе норм амортизации, по следующему выражению:

$$A_{\text{год}} = K * \frac{H_A}{100}$$

где K – капитальные вложения в электрооборудование;

N_A – проценты отчислений на амортизацию (для электродвигателей норма амортизации составляет 9,6%)

$$A_{\text{год}} = 13680 * = 1313,3 \text{ руб.}$$

Для тиристорного преобразователя норма амортизации составляет 3,5 %:

$$A_{\text{год}} = 38200 * = 1337 \text{ руб.}$$

Для общей системы электропривода норма амортизации составляет 9,6%:

$$A_{\text{год}} = 206417 * = 19816 \text{ руб.}$$

3.3.9 Расчет заработной платы обслуживающего персонала

Обслуживание Электропривода лебедки скипового подъема входит в обязанности оперативно-ремонтного персонала данного производства.

Оплата труда наладчика включает в себя основную и дополнительную заработную плату. К основной заработной плате относится оплата, начисленная за отработанное время, работа в выходные дни, а также сверхурочные работы). К дополнительной заработной плате относятся оплата, начисленная за неотработанное время (оплата ежегодного отпуска).

Оклад дежурного электромонтера 5 р., обслуживающего данную скиповую лебедку , составляет 12830 руб.

Расчет основной заработной платы электромонтера 5 разряда:

$$ЗП_{\text{осн.}} = (З_{\text{ок}} + k_{\text{пр}} + k_{\text{с}}) * k_{\text{р}},$$

где $k_{\text{с}} = 3500$ руб. – надбавка за стаж;

$$ЗП_{\text{осн.}} = (12830 + 3699 + 3500) * 1,3 = 25737,7 \text{ руб./мес.}$$

Расчет дневной заработной платы электромонтера 5 разряда:

$$ЗП_{\text{осн.д.}} = \frac{ЗП_{\text{осн.}}}{F_{\text{д}}},$$

$$ЗП_{\text{осн.д.}} = = 1124,4 \text{ руб./день.}$$

Расчет заработной платы электромонтера 5 разряда за период работы:

$$ЗП_{\text{осн.г.}} = ЗП_{\text{осн.д.}} * F_{\text{пер}},$$

где $F_{\text{пер}} = 247$ дней – период работы электромонтера 5 р.;

$$ЗП_{\text{осн.г.}} = 1124,4 * 247 = 277726,8 \text{руб./год.}$$

Расчет дополнительной платы электромонтера 5 разряда:

$$ЗП_{\text{доп.}} = 0,15 * ЗП_{\text{осн.г.}},$$

$$ЗП_{\text{доп.}} = 0,15 * 277726,8 = 41659 \text{руб.}$$

Итого заработная плата электромонтера 5 р. обслуживающего лифты в год составляет:

$$ЗП_{\text{пол.}} = ЗП_{\text{осн.}} + ЗП_{\text{доп.}},$$

$$ЗП_{\text{пол.}} = 277726,8 + 41659 = 319385,8 \text{руб./год.}$$

3.3.10 Расчет общей суммы эксплуатационных расходов

$$P_{\text{общ.}} = C_{\text{эл}} + A_{\text{год}} + ЗП_{\text{пол.}},$$

$$P_{\text{общ.}} = 13642,75 + 22791,2 + 319385,8 = 355819,75 \text{руб./год.}$$

Таким образом, общие эксплуатационные расходы в год на обслуживание скиповой лебедки составили 355819,75 руб./год., из которых 13642,75 руб. – затраты на электроэнергию, 22791,2 руб. – амортизационные отчисления и 320385,8 – заработная плата обслуживающего персонала.

3.4. Определение ресурсосберегающей и экономической эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Расчет интегрального финансового показателя

Интегральный финансовый показатель рассчитывается на основании таблицы 1 по формуле:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{p.i}}{\Phi_{max}}$$

где $\Phi_{p.i}$ – стоимость итого варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта;

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{p.i}}{\Phi_{max}}$$

$$I_{финр}^{Danfoss} = \frac{671788}{684838} = 0,9809; \quad I_{финр}^{MOVITRAC} = \frac{668758}{684838} = 0,9765; \quad I_{финр}^{Веспер} = \frac{684838}{684838} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается по формуле:

$$I_{pi} = \sum a^i * b^i,$$

где a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b^i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки (устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания)

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэф.	Элеси	Веспер	Omron	ABB
Простота и удобство эксплуатации	0,15	10	10	10	10
Помехоустойчивость	0,15	9	8	8	7
Энергосбережение	0,25	10	10	10	10
Надежность	0,2	10	10	10	10
Ремонтопригодность	0,15	10	10	10	10
Материалоемкость	0,1	10	9	8	6
Итого	1	9,85	9,6	9,5	9,15

$$I_{Danfoss} = 9*0,2+8*0,15+10*0,05+10*0,03+10*0,01+9*0,2=9,3;$$

$$I_{MOVITRAC} = 10*0,2+9*0,15+10*0,05+10*0,03+10*0,01+10*0,2=9,8;$$

$$I_{Веспер} = 8*0,2+8*0,15+10*0,05+9*0,03+10*0,01+10*0,2=9,1;$$

$$I_{SIMOREG} = 10*0,15+7*0,05+9*0,03+10*0,01+10*0,2=9,1;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения проекта

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения проекта скиповой лебедки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{фин.}i}},$$

$$I_{\text{SIMOREG}} = \frac{9,3}{0,9809} = 9,4; \quad I_{\text{MOVITRAC}} = \frac{9,8}{0,9765} = 10; \quad I_{\text{Веспер}} = \frac{9,1}{1} = 9,1;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта приведена в таблице 25 и рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}i} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.}max}},$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср. SIMOREG}} = \frac{9,4}{10} = 0,94; \quad \mathcal{E}_{\text{ср. MOVITRAC}} = \frac{10}{10} = 1; \quad \mathcal{E}_{\text{ср. Веспер}} = \frac{9,1}{10} = 0,91;$$

Таблица 25 – Сравнительная эффективность проекта

№	Показатель	Элеси	Веспер	Omron	ABB
1	Интегральный финансовый показатель проекта	0,955	0,958	0,964	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности проекта	9,85	9,6	9,5	9,15
3	Интегральный показатель эффективности проекта	10,31	10,02	9,85	9,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,97	0,95	0,89

Сравнение значений с позиции финансовой эффективности и ресурсоэффективности указывает на первый вариант исполнения, как наиболее эффективный, с использованием преобразователя частоты SIMOREGDSMASTER серии 6RA70.

В данном разделе ВКР выявлены потенциальные потребители проектной работы, проведено экономическое обоснование выбранного оборудования и принятого способа управления механизмом лебедки скипового подъема.

Проанализировав варианты технических вариантов исполнения проектных работ, можно судить о необходимости замены старой системы управления и высокой эффективности .

Распланирован комплекс работ на создание проекта, определена трудоемкость и составлен календарный план - график на разработку проекта.Сроквыполнения заказа составляет 101 рабочих дня.

Составлена смета затрат на проектирование. Проведен расчет капитальных и амортизационных вложений, расчет заработной платы исполнителей проекта и обслуживающего персонала, также были рассчитаны эксплуатационные и накладные расходы. Величина затрат на реализацию проекта составила 1254514,8 рублей.

На основании расчета интегрального показателя вариантов исполнения разработанного проекта, а также по итогам сравнения финансовой и ресурсоэффективности наиболее эффективным является исполнение электропривода скиповой лебедки с тиристорным преобразователем SIMOREG.

Таким образом, проект по замене электропривода скиповой лебедки на тиристорныйпреобразовательможно назвать целесообразным (высокий научно-технической уровень проекта), а с точки зрения снижения энергозатрат и повышения производительности – ресурсоэффективным.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Группа	ФИО
3-5Г3А2	Насруллаев Жaxonгир Давлат угли

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Прибор: Электропривод скипового подъемника.
Методика: модернизация
Рабочая зона :цех общей сборки для слесарно-сборочных, сварочных и газорезочных работ.
Область применения: промышленные объекты.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. 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

Вредными факторами являются:

1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе
2. Превышение уровней шума
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны

(в ночное время суток)

Опасными факторами являются:

	<p>1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</p> <p>2. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования</p>
2. Экологическая безопасность:	-Анализ воздействия объекта на литосферу(отходы);
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	-Возможные ЧС -Пожар.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	-Право на условие труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. -Организация и охрана труда.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г3А2	Насруллаев Жахонгир Давлат угли		

4 Социальная ответственность

Безопасность жизнедеятельности представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Целью данного раздела является оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, воздействующих на работника, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды во время технологического процесса общей сборки электропривода.

Для осуществления этого технологического процесса применяется следующее оборудование, инструменты и приспособления: верстак, нагреватель SKF ТН100т, кран-балка Q-3 т.с, пневмопресс МХ-145, шпильковерт, молоток 7805-0103 ГОСТ 2310-77. Технологический процесс сборки включает в себя следующие виды работ: работу с механизированным ручным инструментом, продувку деталей, работу с транспортными приспособлениями.

4.1 Профессиональная социальная безопасность

Вопросы безопасности труда имеют особое значение. Обеспечению безопасных, здоровых и высокопроизводительных условий труда на производстве уделяется большое внимание.

На человека в процессе его трудовой деятельности могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы.

Вредными факторами принято называть такие факторы жизненной среды, которые приводят к ухудшению самочувствия, снижения работоспособности, заболевания и даже смерти как следствие заболевания.

Опасными факторами называют такие факторы жизненной среды, которые приводят к травмам, ожогам, обморожениям, другим повреждениям организма или отдельных его органов и даже внезапной смерти.

Для выбора факторов воспользуемся ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы [1]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 25.

Таблица 25 - Опасные и вредные фактора при работе инженера

Источник фактора, наименование видов работы	Факторы (по ГОСТ 12.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>Прибор: Электропривод сталевого грузоподъемностью 215 тонн. Методика: модернизация Рабочая зона: цех общей сборки для слесарно-сборочных, сварочных и газорезочных работ.</p>	<p>1. Микроклимат 2. Освещенность. 3. Шумы</p>	<p>1. Защита от механических травм и повреждений 2. Электробезопасность 3. Пожаро-взрывобезопасность</p>	<p>Микроклимат – ГОСТ 12.1.005-88 [2] Освещение – СП 52.13330.2011 [4] Шумы – ГОСТ 12.1.003-2014 [5] Защита от механических травм и</p>

<p>Область применения: промышленные объекты.</p>			<p>повреждений – ГОСТ 12.2.003- 91 [7] Электробезопас ность – ГОСТ 12.1.009-76 [8] Пожарная безопасность – ГОСТ 12.1.004- 91 [10]</p>
--	--	--	---

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия внутренней среды этих помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения (ГОСТ 12.1.005-88.Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны) [2].

Таким образом, определяющими факторами при определении микроклимата производственного помещения являются:

- температура;
- влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Выделяются допустимые значения показателей микроклимата и оптимальные показатели микроклимата. При оптимальных микроклиматических условиях обеспечивается сохранение нормального функционального и теплового состояния организма, создаются предпосылки для высокого уровня трудоспособности. При допустимых микроклиматических условиях не возникают повреждения или нарушения состояния здоровья, но

могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

По степени физической тяжести работа относится к категории средней тяжести Пб (СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений) [3]. В таблице 2 представлены оптимальные и допустимые нормы микроклимата.

Таблица 26 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальное	Допустимое	Оптимальное	Допустимое	Оптимальное	Допустимое
Холодный	Средней тяжести, Пб	17 – 19	15 – 22	40 – 60	15 – 75	0,2	0,2 – 0,5
Теплый	Средней тяжести, Пб	19 – 21	16 – 27	40 – 60	15 – 75	0,3	0,2 – 0,5

Параметры микроклимата в зимнее время поддерживаются системой отопления, летом – общеобменной вентиляцией.

Производственное рациональное освещение территории предприятия, производственных помещений и рабочих мест имеет весьма важное гигиеническое значение. Оно обеспечивает труд, делает движение рабочего уравновешенными, снижает опасность травматизма. Недостаточная или неправильная освещенность территории, дорог, установок, лестниц может привести к падению рабочих и к несчастным случаям. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение [4].

Производственное освещение тоже является производственным фактором, характеризуется такими показателями, как световой поток (определяется мощностью лучистой энергии), освещенность, яркость, сила

света. Опасно тем, что при пере- или недозировке определенного количества люкс, ватт, кандел возможно испортить, а то и потерять зрение.

Основные требования, предъявляемые к производственному освещению, это соответствие освещенности характеру зрительной работы (т.е. соответствующее увеличение освещенности рабочих поверхностей), достаточно равномерное распределение яркости (для того, чтобы глазам не приходилось переадаптироваться), отсутствие резких теней на рабочей поверхности (уменьшает утомление зрения), отсутствие блескости (слепящего действия света), постоянство освещенности во времени, обеспечение электро-, взрыво- и пожаробезопасности. Эти требования могут быть соблюдены при правильном выборе типа и системы производственного освещения, которые подразделяются на: естественное (дневной свет), искусственное (электрические источники), смешанное (естественное дополняет искусственное, что является наиболее экономичным и разумным), общее (вся территория; равномерно), комбинированное (локально, обособленные рабочие поверхности), аварийное (при недопущении перерывов в работе), эвакуационное (в местах эвакуации и повышенного травматизма).

Выбор источника света зависит от освещаемого предмета или территории. Различают два вида источников света: тепловое (лампы накаливания и галогенные лампы накаливания) и люминесцентное (длинные трубчатые газоразрядные лампы).

Величина минимально допустимой освещенности составляет: $E_n = 100 \text{ Лк}$

Шум относится к вредным факторам производства, как и звук, возникает при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах (ГОСТ 12.1.003-2014. Шум. Общие требования безопасности) [5]. Шумом являются различные звуки, мешающие нормальной деятельности человека и

вызывающие неприятные ощущения. Звук представляет собой колебательное движение упругой среды, воспринимаемое человеческим органом слуха. Повышение звукового давления негативно влияет на орган слуха; для измерения громкости (в децибелах Дб) используется двушкальный шумомер. В цехах допускается громкость около 100 Дб; в кузнечных цехах эта цифра возрастает до 140 Дб. Громкость выше 140 Дб может вызывать болевой эффект [5].

Существует доказанное вредное воздействие инфра и –ультразвука на человеческий организм (ниже 20 Гц и выше 20кГц частоты соответственно). Хотя колебания не вызывают болевых ощущений, они производят специфическое физиологическое воздействие на организм человека.

Объективно действия шума проявляются в виде повышения кровяного давления, учащенного пульса и дыхания, снижения остроты слуха, ослабления внимания, некоторые нарушения координации движения, снижения работоспособности. Субъективно действия шума могут выражаться в виде головной боли, головокружения, бессонницы, общей слабости. Комплекс изменения, возникающих в организме под влиянием шума, в последнее время рассматривается медиками как “шумовая болезнь”.

В качестве защиты от шума и звука следует применять нормирование; некоторые технические тонкости, звукоизоляцию, звукопоглощение, специальные глушители аэродинамического шума, средства индивидуальной защиты (наушники, беруши, противозумные каски, специальная противозумная одежда).

Производственная травма — травма, полученная работником на производстве и вызванная несоблюдением требований охраны труда (ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности) [7].

Причины производственного травматизма

- **Организационные:** недостатки в организации и содержании рабочего места, применение неправильных приемов работы, недостаточный надзор за работой, за соблюдением правил техники безопасности, допуск к работе неподготовленных рабочих, плохая организация трудового процесса, отсутствие или неисправность средств индивидуальной защиты.
- **Технические:** возникают из-за несовершенства технологических процессов, конструктивных недостатков оборудования, приспособлений, инструментов, несовершенства защитных устройств, сигнализаций, блокировок и т. п.
- **Санитарно-гигиенические:** отсутствие специальной одежды и обуви или их дефекты, неправильное освещение рабочих мест, чрезмерно высокая или низкая температура воздуха в рабочих помещениях, производственная пыль, недостаточная вентиляция, захламленность и загрязненность производственной территории.
- **Социально-психологические:** складываются из отношения коллектива к вопросам безопасности, микроклимата в коллективе.
- **Климатические:** зависят от специфики особенностей климата, времени суток, условий труда.
- **Биографические:** связаны с полом, возрастом, стажем, квалификацией, состоянием здоровья.
- **Психофизиологические:** зависят от особенностей внимания, эмоций, реакций, физических и нервно-психологических перегрузок.
- **Экономические:** вызваны неритмичностью работы, нарушением сроков выдачи заработной платы, недостатками в жилищных условиях, в обеспечении детскими учреждениями.

Пути предупреждения производственного травматизма согласно ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности[7]:

- механизация, автоматизация и дистанционное управление процессами и оборудованием, применением роботов; адаптация человека в производственной среде к условиям труда
- профотбор людей, соответствующих условиям подготовки, воспитание положительного отношения к охране труда, система поощрений и стимулирования, дисциплинарные меры воздействия, применение СИЗ (каска, защитные маски, перчатки) и др.;
- создание безопасной техники, машин и технологий, средств защиты и приспособлений, оптимизация их параметров производственной среды.

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества (ГОСТ 12.1.009-76. Электробезопасность. Термины и определения) [8].

Техника безопасности на рабочем месте в цехе общей сборки включает в себя: проведение первичного и очередного инструктажей, стажировку на рабочем месте, выполнение работ в специальной одежде (костюм ХБ; перчатки ХБ вязанные, ботинки кожаные с металлическим носком, рукавицы комбинированные). Перед началом работы необходимо получить краткие теоретические знания по электробезопасности [8].

При окончании работы необходимо произвести уборку рабочего места, сдать смену – сообщить сменному мастеру или сменщику обо всех недостатках, обнаруженных в оборудовании и инструментах.

При получении травмы или недомогания нужно немедленно обратиться в медпункт и по возможности в течение суток сообщить мастеру или начальнику цеха.

В последние годы существенно возросла актуальность проблемы электробезопасности. По статистике 3 % от общего числа травм приходится на электротравмы, в среднем по всем отраслям промышленности и хозяйства – 12% смертельных электротравм от числа смертельных случаев.

Проходя через организм, электрический ток оказывает следующие воздействия: термическое (нагревает ткани, кровеносные сосуды, нервные волокна и внутренние органы вплоть до ожогов отдельных участков тела); электролитическое (разлагает кровь, плазму); биологическое (раздражает и возбуждает живые ткани организма, нарушает внутренние биологические процессы).

Характерными причинами несчастных случаев, вызванных поражением электрическим током, являются:

- случайные прикосновения людей к оголенным проводам и оборванным концам воздушной сети, находящейся под напряжением;
- появление напряжения там, где его в нормальных условиях не должно быть;
- выполнение работ на распределительных устройствах и транспортных подстанциях без отключения напряжения и без соблюдения необходимых мер безопасности;
- неудовлетворительное ограждение токоведущих частей установок от случайного прикосновения;
- производство электросварочных работ без соблюдения правил безопасности;

- несогласование и ошибочное действие обслуживающего персонала, например, подача напряжения, где работают люди;
- оставление электроустановок без надзора;
- несоблюдение элементарных требований безопасности;
- шаговое напряжение;
- освобождение человека, находящегося под напряжением;
- действие электрической дуги;
- воздействие атмосферного электричества во время грозových разрядов.

В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Термины и определения» [8] в качестве средств и методов защиты от поражения электрическим током применяют:

- изоляцию токоведущих частей (нанесение на них диэлектрического материала — пластмасс, резины, лаков, красок, эмалей и т.п.);
- двойную изоляцию — на случай повреждения рабочей;
- воздушные линии, кабели в земле и т.п.;
- ограждение электроустановок;
- блокировочные устройства, автоматически отключающие напряжение электроустановок, при снятии с них защитных кожухов и ограждений;
- малое напряжение (не более 42 В) для освещения в условиях повышенной опасности;
- изоляцию рабочего места (пола, настила);
- заземление или зануление корпусов электроустановок, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляций;
- выравнивание электрических потенциалов;
- автоматическое отключение электроустановок;

- предупреждающую сигнализацию (звуковую, световую) при появлении напряжения на корпусе установки, надписи, плакаты, знаки;
- средства индивидуальной защиты и другие.

К работе с электрооборудованием допускаются люди прошедшие теоретический курс. Осуществлять работу необходимо в спецодежде. Токоведущие части оборудования должны быть закрыты от общего доступа защитными кожухами, независимыми корпусами от токоведущей части. При ремонтных и монтажных работах устанавливаются защитные ограждения и вывешиваются предупреждающие плакаты. Все электроустановки должны быть заземлены.

Во время работы не допускается загромождать рабочее место деталями.

4.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей(ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования) [10].

Участок общей сборки привода согласно НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [11] относится к категории «Д», т.е. это производство, в котором обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Пожары наносят громадный материальный ущерб и в ряде случаев сопровождается гибелью людей. Поэтому защита от пожаров является важнейшей обязанностью каждого члена общества и проводится в общегосударственном масштабе.

Противопожарная защита имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и в их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил технических средств тушения.

Лица, не прошедшие противопожарный инструктаж к работе не допускаются. Каждый работающий на предприятии независимо, от занимаемой должности должен знать и строго соблюдать установленные правила пожарной безопасности, не допускать действий, которые могут привести к возникновению пожара или возгоранию.

Причины пожара:

- 1) Нарушение технологического режима;
- 2) Неисправность электрооборудования;
- 3) Плохая подготовка к ремонту оборудования;
- 4) Самовозгорание промасленной ветоши и других материалов.

Источниками воспламенения могут быть открытый огонь технологических установок, раскаленные или нагретые стенки аппаратов и оборудования, искры электрооборудования, статическое электричество, искры удара и терния деталей машин и оборудования и др.

А также нарушение норм и правил хранения пожароопасных материалов, неосторожное обращение с огнем, использование открытого огня

факелов, паяльных ламп, курение в запрещенных местах, невыполнение противопожарных мероприятий по оборудованию пожарного водоснабжения, пожарной сигнализации, обеспечение первичными средствами пожаротушения и др.

Производственные, административные, вспомогательные и складские здания, сооружения и помещения, а также открытые производственные площадки или участки должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с действующими нормами, устанавливаемыми отраслевыми правилами пожарной безопасности.

К первичным средствам пожаротушения относятся все виды переносных и передвижных огнетушителей, оборудование пожарных кранов, ящики с порошковыми составами (песок, перлит и т.п.), а также огнестойкие ткани (асбестовое полотно, кошма, войлок и т.п.).

Первичные средства пожаротушения должны размещаться в легкодоступных местах и не должны быть помехой и препятствием при эвакуации персонала из помещений.

На производстве применяются углекислотные огнетушители предназначенные, для тушения загорания различных веществ и материалов, а также электроустановок, кабелей, проводов, находящихся под напряжением до 1кВ (1000В).

Допускается установка огнетушителей в тумбах или шкафах, конструкция которых должна позволять визуально определить тип огнетушителя и осуществлять быстрый доступ к нему для использования при пожаре.

Каждый работающий на объединении должен знать пути эвакуации из помещения и уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения.

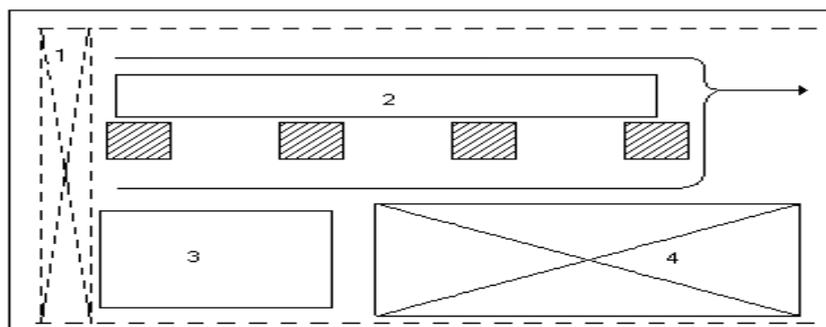


Рисунок 27 – План эвакуации.

1 – кран-балка, 2 – верстак для сборки приводов, 3 – испытательный стенд, 4 – места складирования

4.3 Экологическая безопасность

Важными направлениями охраны окружающей среды следует считать совершенствование технологических процессов и разработку нового оборудования с меньшим уровнем выбросов в окружающую среду, замену и по возможности широкое применение дополнительных методов и средств защиты окружающей среды (ГОСТ Р ИСО 1410-2010. Экологический менеджмент) [12].

Утилизация люминесцентных ламп (ртутных ламп) и ртутьсодержащих приборов, так как ртуть, содержащаяся в люминесцентных лампах, при их бое является потенциальным источником загрязнения различных помещений. Ртуть относится к веществам первого класса опасности и применительно к здоровью (патологии) человека обладает широким спектром клинических проявления токсического действия. Накопление и хранение таких отходов на территории предприятий допускается временно до отправки на утилизацию в установленном порядке.

Также из-за использования обтирочных материалов образуются твердые отходы, для которых предусмотрены места хранения, и в конце смены они очищаются. При удалении отходов с территории предприятия им присваиваются категории опасности и вывозятся на соответствующие полигоны (промышленных отходов, токсичных отходов и т.д.).

В качестве дополнительных средств защиты применяют аппараты и системы для очистки газовых выбросов, сточных вод от примесей, глушителей от шума, виброизоляторы технологического оборудования. Важную роль в защите окружающей среды отводится мероприятиям по рациональному размещению источников загрязнения: оптимальное расположение промышленных предприятий с учетом местности; установление санитарно-защитных норм вокруг промышленных предприятий.

Производственные сточные воды после соответствующей очистки могут быть повторно использованы в технологическом процессе, для чего создаются системы оборотного водоснабжения либо замкнутые (бессточные) системы водоснабжения и канализации, при которых исключается сброс каких-либо вод в водоёмы.

Вследствие использования работниками душевых и туалетов образуются жидкие отходы для удаления, которых применяют канализационную систему.

Вентиляция цехов, прежде всего организовывается с учетом повышенной загазованности, запыленности и загрязнения воздуха. Вентиляция цехов сочетает в себе системы подачи и отвода воздуха по воздуховодам с крышными вентиляторами и точечными, автономными системами вентиляции. Такие автономные системы применяются для вентиляции цехов на участках повышенной загрязненности воздуха: гальванических участках, печах, в

покрасочных камерах ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [13].

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение элементов обеспечивает безопасность при использовании производственного оборудования (ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности)[10].

На рабочих местах имеются средства пожаротушения и других средств, используемых в аварийных ситуациях, должна быть установлена в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации на производственное оборудование.

Требования безопасности во время работы

- одеть рабочую обувь и одежду
- заизолировать имеющиеся повреждения кабелей, соединений, зажимов и заземления
- работать только исправными, заизолированными инструментами
- убрать посторонние предметы, мешающие свободному перемещению
- не допускать присутствия посторонних лиц при электромонтажных и других работах
- не привлекать к работе лиц, не имеющих необходимой группы допуска по электробезопасности.
- работать только в диэлектрических перчатках

- при использовании лестницы привлекать подсобного рабочего
- пользоваться постоянными и предупредительными плакатами: предостерегающими «Под напряжением – опасно для жизни», запрещающими «Не включать – работают люди», разрешающими «Работать здесь», напоминающими «Заземлено»
- не допускать замасливания кабелей, попадания на них искр, воздействия высокой температуры и падения тяжёлых предметов

На предприятии все работники проходят проверки на выполнение всех вышеуказанных требований безопасности. Также перед допуском к оборудованию каждый работник проходит соответствующие инструктажи.

В данном разделе был проведен анализ опасных и вредных факторов, возникающих в процессе сборки электропривода. Освещены вопросы техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности. Также рассмотрены вопросы экологической безопасности, составлены меры и действия, проводимые работниками, во время возникновения пожара.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте был разработан и спроектирован электропривод главного скипового подъёмника доменной печи на основе устройства преобразования тока SIMOREG- K.

В ходе проектирования были рассчитаны параметры силовой цепи привода, произведён расчёт регулировочных характеристик преобразователя, параметров оптимальной настройки и логарифмических амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик электропривода. Также был произведён расчёт переходных характеристик САУ РЭП методом математического моделирования и определены показатели качества, которые полностью удовлетворяют требованиям технического задания.

В организационно-экономическом разделе были рассмотрены мероприятия (пуско-наладочные работы), необходимые для введения в эксплуатацию электропривода главного скипового подъёмника доменной печи и рассчитаны затраты на проведение этих работ.

В разделе "Безопасность и экологичность" проекта были оценены опасные и вредные факторы, действующие в доменном цехе, рассмотрены вопросы охраны труда, окружающей среды и произведён расчёт искусственного освещения в помещении оператора

CONCLUSION

In the degree project was designed and designed electric drive main skip lift of domain stove on the base of device of transformation of current SIMOREG - K.

In the course of designing were calculated parameters of power drive chain, made calculation of регулировочных features of converter, parameters of optimum adjustment and logarithmic amply-frequency and phase-frequency features electric drive. Was it Also made calculation of connecting features САУРАР by the method of mathematical modeling and determined quality factors, which completely meet the requirements technical requirement.

In organizing-economic section were considered actions (starting-adjustment and alignments), required for introductions to the usage электропривода main скипового lift of domain stove and calculated expenseses on undertaking these work..

In the section "Safety and ecology" project were evaluated dangerous and bad factors, acting in the domain shop, considered questions labour protection, surrounding ambiences and made calculation of artificial illuminating of indoors operator

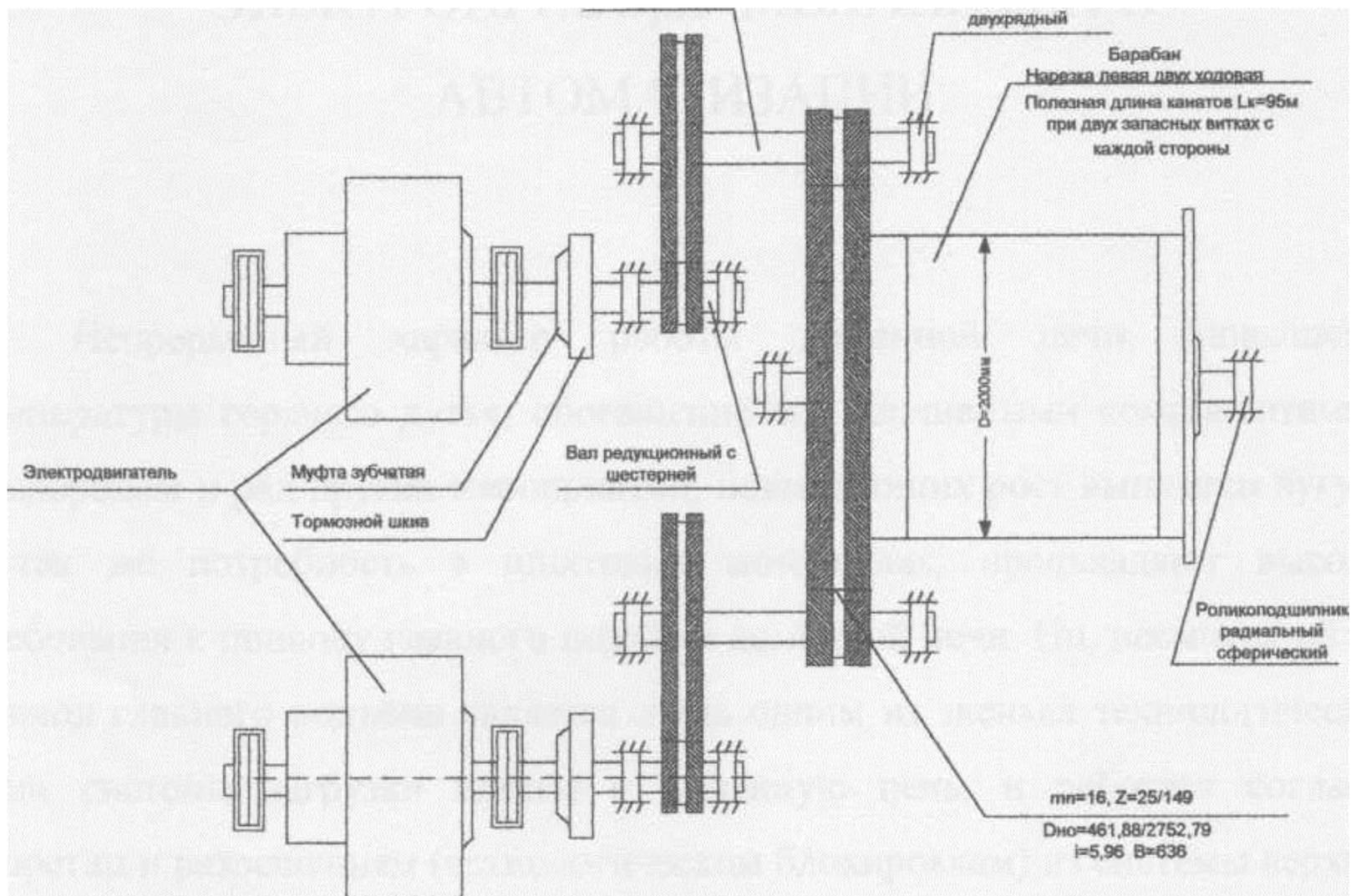
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ источников

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И.Круповича, Ю.Г.Барыбина, М.Л.Самовера. — 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982. - 416 с.
2. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / Под ред. М.Г.Зименкова, Г.В.Розенберга, Е.М.Феськова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 480с.
3. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В.. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Учебное пособие. -Томск: Изд. ТПУ, 1999. -144с.
4. Б.А.Левитанский, Электрооборудование предприятий чёрной металлургии. Металлургиздат, 1955г.
5. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник / Под ред. канд. техн. Наук В.М. Перельмутера. - М.; Энергоатомиздат, 1988. 319с.
6. ГОСТ 27242 - 87. Вибрация. Виброизоляция. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.1.012 - 90. Вибрационная безопасность.
8. ГОСТ 12.1.003 - 83. Шум. Общие требования безопасности.
9. СН 12.1.005 - 88. Санитарные нормы промышленных предприятий. Ю.ГОСТ 12.1.005 - 88. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- П.СниП 2.04.05 - 91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
- 12.СниП 2.04.03 - 85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
- П.СниП 2.04.01 - 85. Внутренний водопровод и канализация зданий. М.СниП 23 - 05 - 95. Нормы освещенности производственных помещений.
- 15.СниП 2.04.02 - 84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
- 16.ГОСТ 2.755 - 87. УГО в электрических схемах.
- 17.ГОСТ 2.710 - 81. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах

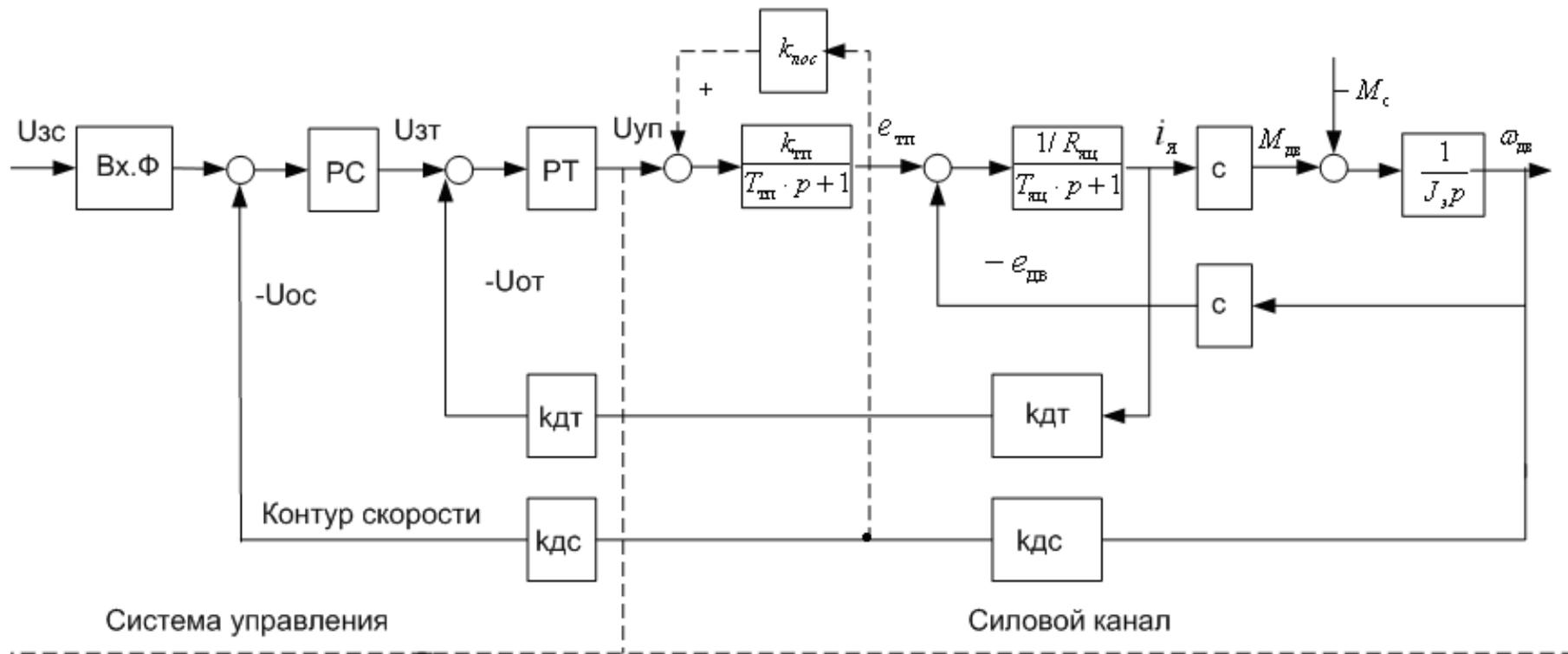
18. Методические указания “Базовые структуры ЭП и методы их оптимизации”.
19. ГОСТ 13109-87. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения.
20. ГОСТ 25861-83. Машины вычислительные и системы обработки данных. Требования по электрической и механической безопасности и методы испытаний.
21. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление .
22. Правила устройства электроустановок/ Минэнерго СССР — М.: Энергоатомиздат, 1985-640с.
ГОСТ 14254-80. Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты. Обозначения. Методы испытаний.
23. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
- 24 Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
- 25 Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
- 26 Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Перечень графического материала.



Кинематическая схема механизма лебёдки скипов типа ЛС 1-22,5- 210



Структурная схема линейризованной САУ РЭП

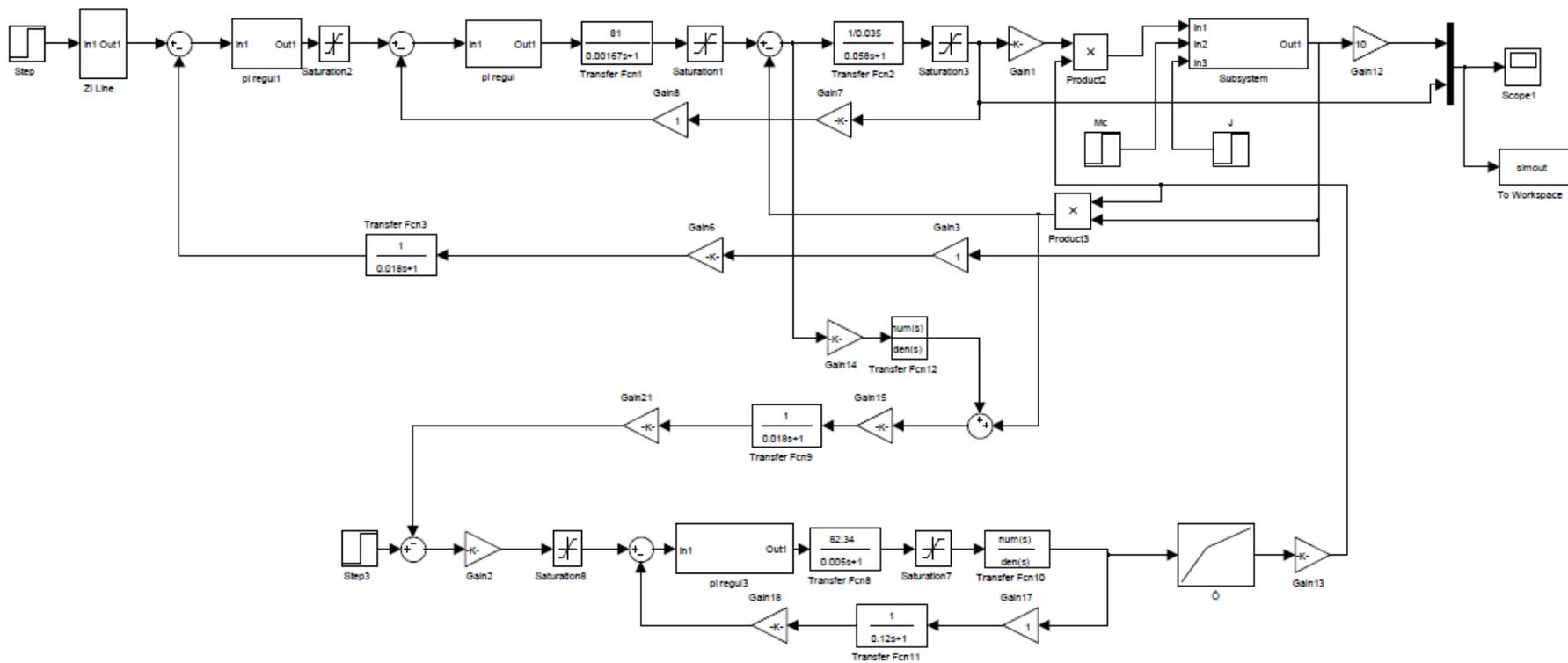
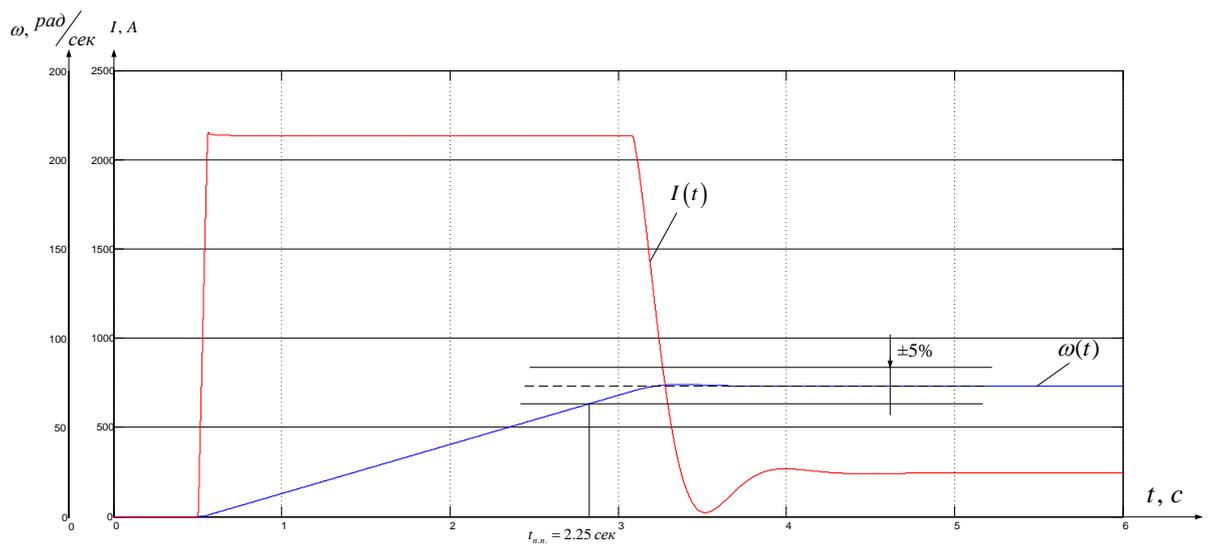
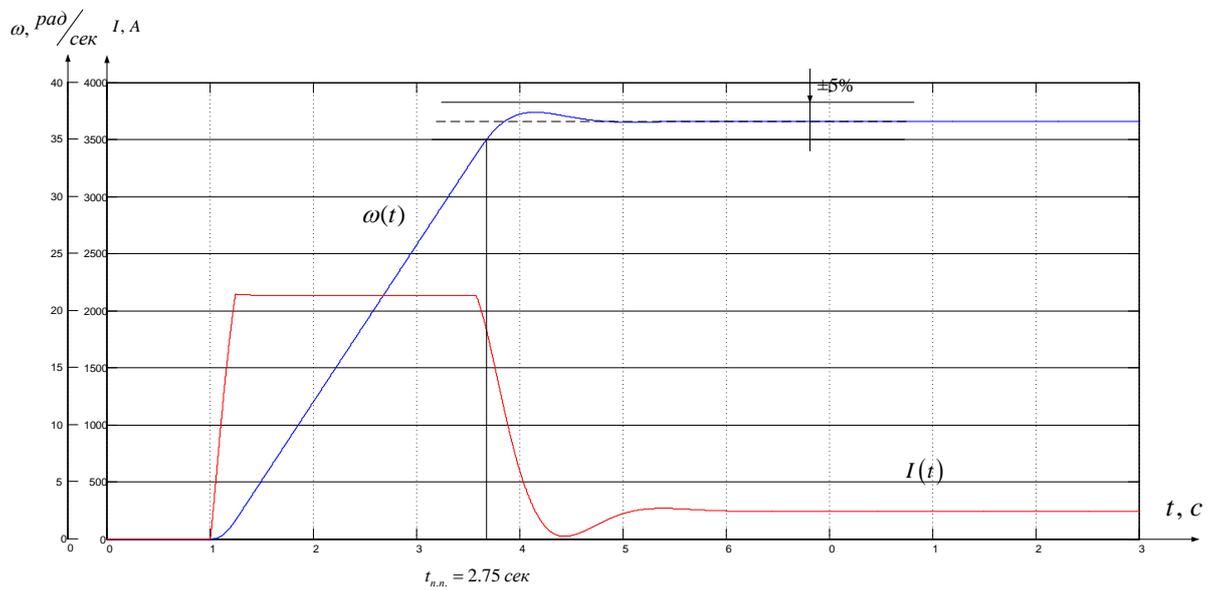


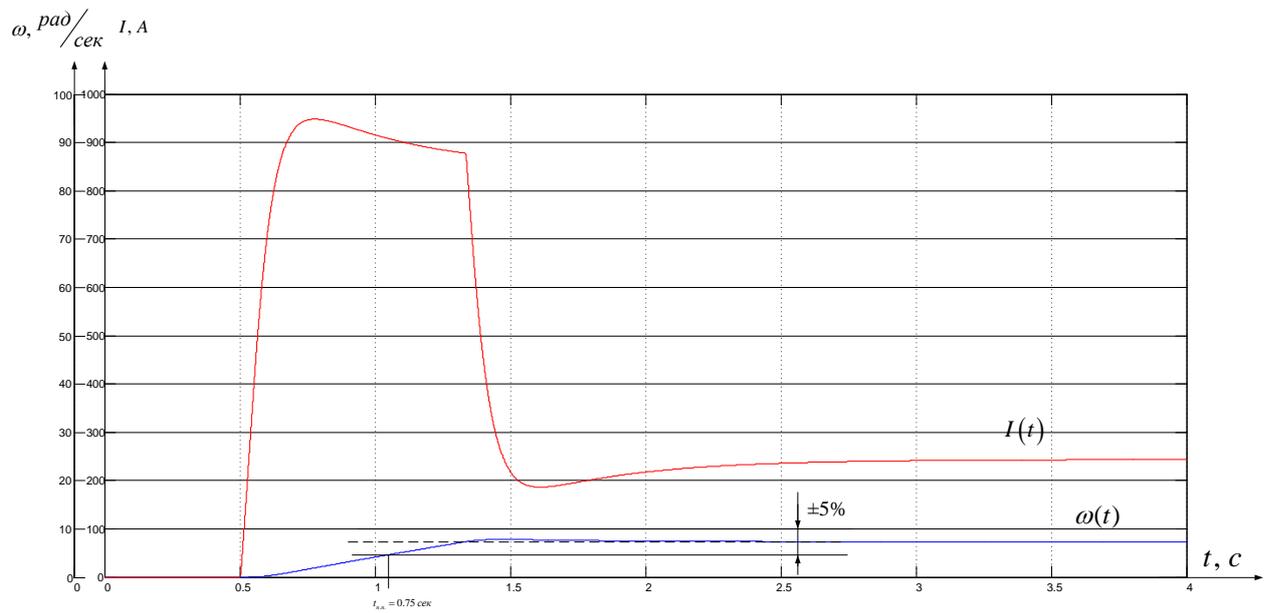
Схема набора модели в программе Matlab.



Переходный процесс в нелинейной САУ РЭП при единичном воздействии 10В.
 $M_c = 1453 \text{ Н*м}$, $I_{\text{баз}} = 2150 \text{ А}$, $\omega_{\text{баз}} = 73,2 \text{ рад/с}$.



Переходный процесс в нелинейной САУ РЭП при единичном воздействии 5В.
 $M_c = 1453 \text{ Н*м}$, $I_{\text{баз}} = 2150 \text{ А}$, $\omega_{\text{баз}} = 36,6 \text{ рад/с}$.



Переходный процесс в нелинейной САУ РЭП при единичном воздействии 1В.

$M_c = 1453 \text{ Н*м}$, $I_{\text{баз}} = 750 \text{ А}$, $\omega_{\text{баз}} = 7.32 \text{ рад/с}$.