

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электропривод механизма распределения шихты доменной печи

УДК 62-83:669.162.262

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А2	Нуруллаев Жамшид Рузикулович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чернышев А.Ю.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гнеушев В.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения по ООП

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

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электропривод и автоматика

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

_____ А.С. Ивашутенко
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4А2	Нуруллаеву Жамшиду Рузикуловичу

Тема работы:

Электропривод механизма распределения шихты доменной печи	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3483/с от 06.05.2019г

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	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	- схема кинематическая; - схема электрическая принципиальная; - схема электрическая функциональная; - схема электрическая структурная; - демонстрационный лист; - технико-экономические показатели;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
Социальная ответственность	Сотникова Анна Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А2	Нуруллаев Жамшид Рузикулович		.

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврской работы

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

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

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чернышев А.Ю.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гнеушев В.В.			

СОГЛАСОВАНО:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

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

РЕФЕРАТ

Перечень ключевых слов: Вращающийся распределитель шихты, электропривод постоянного тока, тиристорный преобразователь, система автоматического управления, статические и динамические характеристики, показатели качества регулирования.

Объектом исследования является вращающийся распределитель шихты, входящий в систему верхней загрузки доменной печи.

Целью проекта является разработка электропривода вращающегося распределителя шихты 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 тиристорного электропривода серии КТЭ-500/440-131-УХЛ4, обеспечивающий следующие показатели качества:

- плавность пуска;
- точность регулирования;
- надёжность электропривода.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	9
ПРОЕКТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	10
1.1 Технологический процесс цеха	10
1.2 Описание работы механизма	14
1.3 Автоматическая система загрузки доменной печи.....	15
1.4 Развитие отечественной системы загрузки.....	17
1.5 Выбор рода тока и системы электропривода.....	19
1.6 Современная система верхней загрузки.....	21
1.7 Кинематическая схема вращающегося распределителя шихты	23
1.8 Принципиальная электрическая схема электропривода	28
2. ПРОЕКТНО-РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ	32
2.1 Расчет мощности электродвигателя	32
2.1.1 Расчетные параметры электродвигателя.....	39
2.2 Механическая система электропривода	41
2.3 Выбор комплектного электропривода	42
2.4 Функциональная схема электропривода	43
2.5 Расчет параметров силовой цепи	46
2.6 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода	47
2.7 Структурная схема силового канала электропривода.....	50
2.9 Структурная схема электропривода вращающегося распределителя шихты 51	
2.10 Синтез системы автоматического управления электроприводом	54
2.11 Структурная схема нелинейной САУ электропривода	60
2.12 Расчет переходных процессов в нелинейной САУ РЭП.....	63
2.13 Расчет статических электромеханических характеристик.....	67
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	74
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	75

3.1 SWOT-АНАЛИЗ по электрооборудованию и электроприводу механизма распределения шихты доменной печи	75
3.2 Организация работ технического проекта	78
3.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования.....	78
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП	80
3.2.3 Разработка графика проведения технического проекта.....	82
3.3 Расчёт затрат на осуществление технического проекта	84
3.3.1 Расчет материальных затрат технического проекта	84
3.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы.....	85
3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	86
3.3.4. Накладные расходы.....	87
3.3.5 Формирование сметы затрат технического проекта	87
3.3.6 Определение ресурсоэффективности проекта	88
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	91
4. Социальная ответственность	93
4.1 Правовые и организационные вопросы безопасности	93
4.2. Производственная безопасность.....	95
4.3 Экологическая безопасность	104
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	111

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее сложным и ответственным комплексом механизмов доменного цеха является система загрузки печи, по техническому уровню которой можно судить о совершенстве всего электрооборудования цеха.

Вращающийся распределитель шихты входит в состав системы загрузки доменной печи. Так как производство чугуна носит непрерывный характер и сбой в работе оборудования может привести к большим затратам из-за нарушения технологического процесса, к её оборудованию предъявляются высокие требования надёжности.

Это обстоятельство, а также технический прогресс в области электротехники и электроники привёл к использованию тиристорных электроприводов. Развитие микропроцессорной техники способствовало появлению цифровых систем управления. На современном этапе развития система загрузки доменны является гибкой автоматизированной системой, управляемой от микроконтроллера.

Тиристорные преобразователи являются универсальным средством преобразования переменного напряжения питающей сети в регулируемое постоянное и при этом имеют малую мощность управления, высокий КПД и большую надёжность.

Система электропривода, рассматриваемая в данном проекте, находится на ОАО “ЗСМК” в доменном цехе на доменной печи №3.

ПРОЕКТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Технологический процесс цеха

Исходными, или сырыми материалами доменной плавки являются руда и агломерат, содержащие окиси железа, кокс, используемый в качестве топлива, и так называемые флюсы, образующие с пустой породой руды и золой кокса жидкий шлак. В качестве флюсов применяют главным образом известняк CaCO_3 .

Поперечный разрез доменного цеха приведён на рисунке 1 где: 1-пылеуловитель; 2-доменная печь; 3-газовый затвор засыпного аппарата; 4-большой конус; 5-засыпное устройство колошника; 6-приёмная воронка колошника; 7-газопровод запылённого газа; 8-консольно-поворотный кран; 9-балансиры конусов; 10-вращающийся распределитель шихты; 11-малый конус; 12-чаша малого затвора; 13-фурмы воздушного дутья; 14-чугуновоз; 15-шлаковоз; 16-лебёдка конусов; 17-лебёдка главного подъёма; 18-здание колошниково-го подъёмника; 19-наклонный мост; 20-направляющие рельсы; 21-направляющие шкивы канатов; 22-подъёмник коксовой мелочи; 23-бункерная эстакада; 24-разгрузочный бункер; 25-скиповая яма; 26-скип.

Сырые материалы доставляются в доменный цех при помощи конвейерной подачи, а затем их загружают в бункерную эстакаду. Бункерная эстакада служит для механизированной подачи материалов в доменную печь. Запас рудных материалов в бункерах на 48-60 часов работы доменной печи.

Во избежание измельчения кокса число перегрузок сведено к минимуму. Два коксовых бункера размещены по оси доменной печи, непосредственно над скиповой ямой. Запас кокса в обоих бункерах достаточен для работы печи в течение 10-12 часов. Для загрузки бункеров применяют саморазгружающиеся вагоны. Кузов затворами для независимой разгрузки.

Для набора, взвешивания и транспортировки шихтовых материалов из рудных бункеров в скипы для дальнейшей отправки в доменную печь служат

электрифицированные воронка-весы с двумя саморазгружающимися бункерами. Последние подвешены на весовых рычагах, с которыми индукционные датчики и регистратор веса.

Для погрузки всех шихтовых материалов в скипы предусмотрена скиповая яма, расположенная по оси печи ниже уровня нулевой отметки.

Воронка-весы из своих двух бункеров выгружают материалы через направляющие желоба в соответствующий скип (правый или левый).

В погрузке кокса участвуют коксовые грохоты, предназначенные для отсева коксовой мелочи и служащие, в то же время, затворами коксовых бункеров; весовые коксовые воронки и затворы этих воронок. В скиповой яме размещается также насос для откачки грунтовой воды.

Из скиповой ямы материалы поднимаются в загрузочных вагонетках (называемых скипами) по наклонному стальному мосту, связывающему скиповую яму с колошником, к загрузочному устройству. Устройство работает циклически, загружая шихту в печь дискретно. Высыпающиеся из скипа шихтовые материалы попадают в приёмную воронку загрузочного устройства, а из неё-в затвор распределителя шихты. Затем этот затвор вместе с шихтой поворачивается на заданный угол, через уравнильные (выхлопные) клапаны выпускается газ из межконусного пространства в атмосферу для уравнивания давления в нём с атмосферным и после этого производится опускание малого конуса. Шихта под действием собственного веса высыпается в засыпной аппарат, а малый конус поднимают в исходное положение. Далее операцию выгрузки шихты в засыпной аппарат повторяют, набирая в нём полную шихтовую подачу или полуподачу. Загрузка шихты в печь производится путём опускания большого конуса, которому предшествует уравнивание давления в межконусном пространстве с давлением газа на колошнике. Для этого в межконусное пространство через уравнильные (наполняющие) клапаны подаётся получистый доменный газ. Большой конус затем поднимается в исходное положение, и описанный цикл работы устройства повторяется.

Уровень засыпи шихты в доменной печи измеряется с помощью двух щупов-зондов, подвешенных на канатах и перемещаемых в вертикальной плоскости лебёдками.

Основным и наиболее ответственным агрегатом рассматриваемого узла доменной печи является **загрузочное устройство**, технологические возможности, эксплуатационная надёжность и конструктивные особенности которого во многом определяют технико-экономические показатели плавки, условия обслуживания колошника печи (верха печи) и степень загрязнения воздушного бассейна.

Современный доменный технологический процесс и условия эксплуатации предъявляют к загрузочному устройству **следующие требования:**

1. возможность равномерного окружного распределения шихты на колошнике, регулирования в широких пределах радиального её распределения, селективной загрузки колошника;
2. высокая газоплотность при избыточном давлении колошникового газа 0,25-0,3 МПа;
3. длительная стойкость газо- и шихтозапирающих, а также распределительных элементов против абразивного, газоабразивного износа;
4. возможность загрузки в печь горячего агломерата с температурой до 600°C;
5. обеспечение повышенной пропускной способности при работе печи в режиме “догона”, используемом для быстрого восстановления заданного уровня засыпи шихты в печи;
6. высокая надёжность и ремонтпригодность, возможность проведения монтажа укрупнёнными узлами;
7. возможность полной автоматизации управления работой механизмов.

Для равномерного распределения шихты по окружности колошника используют **вращающийся распределитель шихты**.

Конечным продуктом доменной плавки является чугун, который вместе со шлаком выпускают периодически, по мере накопления его в горне.

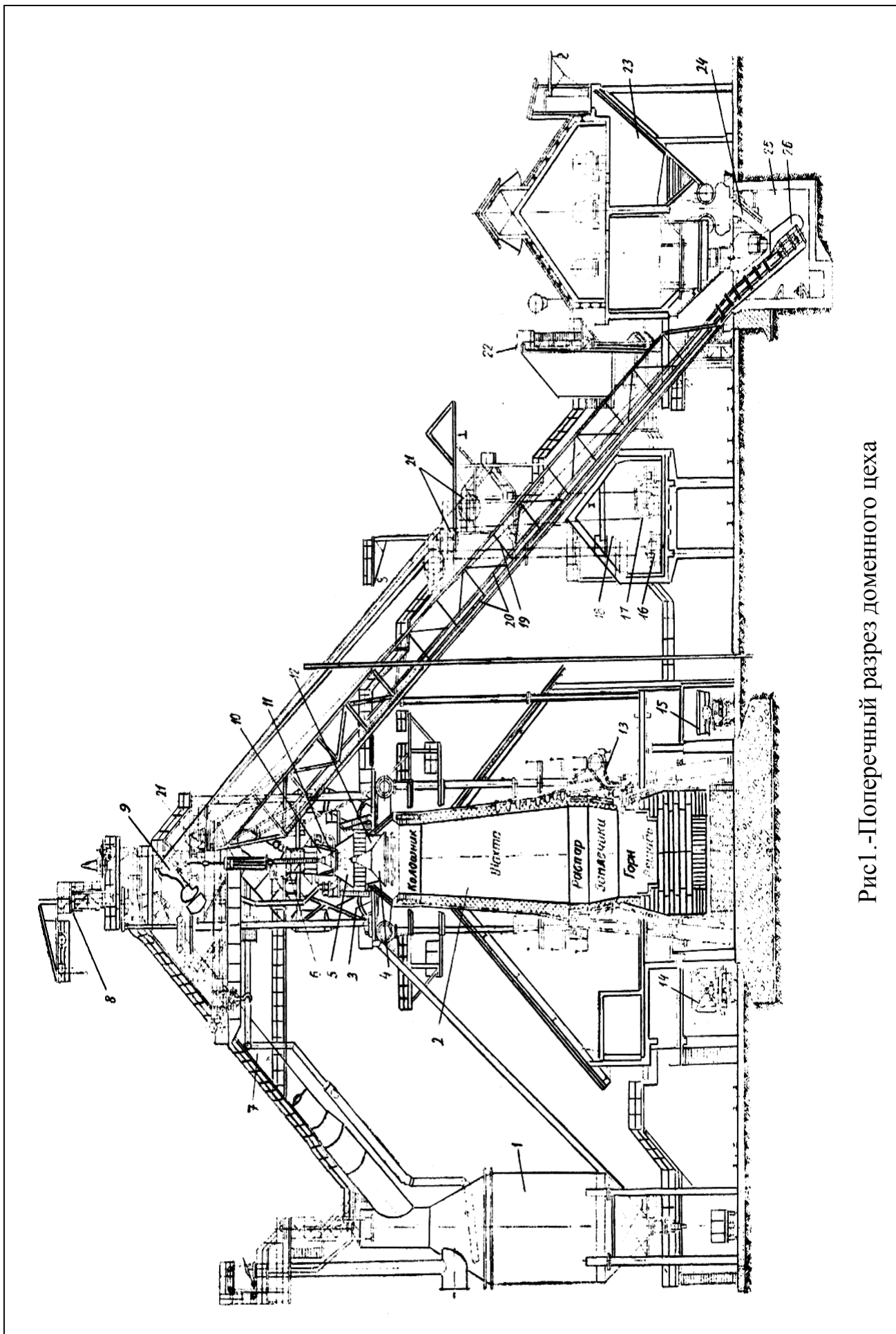


Рис1.-Поперечный разрез доменного цеха

1.2 Описание работы механизма

Шихта в воронке малого конусного затвора распределяется неравномерно, как количественно по массе, так и качественно по гранулометрическому составу. Характер распределения шихты зависит от угла естественного откоса материала, его количества, фрикционной неоднородности, а также от угла наклона стенок и диаметра выходного отверстия приёмной воронки и других параметров. Количественная неравномерность распределения шихты обусловлена постоянным смещением оси каждого скипа относительно оси воронки распределителя, а качественная – агрегацией материала при его движении по днищу скипа и стенкам приёмной воронки.

Для создания в печи равномерного сопротивления движению печных газов необходимо, чтобы места распределения неравномерностей высыпаемых на малый конус материалов **периодически смещались по окружности** колошника на равные расстояния.

Поэтому засыпные устройства снабжают **вращающимся распределителем шихты**. Воронка распределителя при загрузке её материалом из скипа остаётся неподвижной. Загруженная воронка поворачивается вместе с малым конусом на заданный угол поворота, величина которого зависит от принятых числа подач в цикле загрузки печи и программы работы распределителя шихты, предусматривающей определённую последовательность чередования этих углов (станций загрузки), которые в свою очередь для шести станций равны 0;60;120;180;240;300°. В основном используют работу распределителя на шесть станций, которая в дальнейшем будет использована для расчёта электродвигателя. Но иногда применяют программы работы на 8, 12 и 24 станции, при которых также осуществляется так называемая спиральная загрузка печи. Применяют зеркальную, шахматную и другие виды загрузки. Для сокращения продолжительности поворота затвора на углы большие 180° (например, 240° и 300°), его поворачивают в обратном направлении на меньшие углы. На рисунке 2 изображена программа работы распределителя шихты на шесть станций.

Сторона наклонного моста

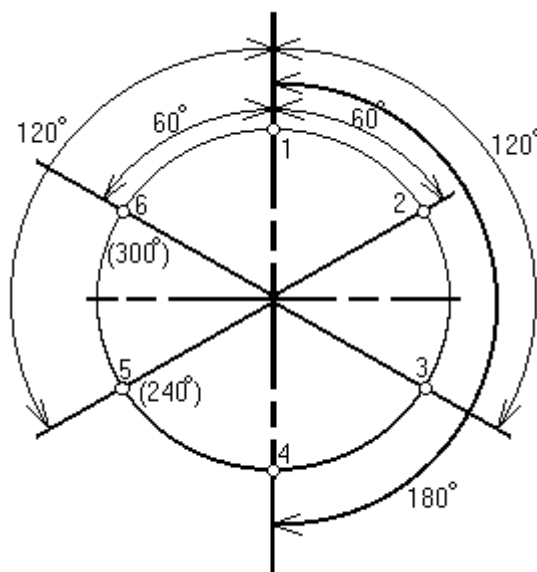


Рисунок 2 – Программа работы распределителя шихты на шесть станций

При таком графике работы материал на большом конусе будет перемещаться по окружности и в печи расположится по винтовой линии.

Если ход печи нарушается, порядок поворотов устанавливается требованиями технологического процесса.

1.3 Автоматическая система загрузки доменной печи

В систему загрузки входит четырнадцать основных механизмов, которые связаны общими условиями технологического процесса и должны работать согласованно. При ручном управлении потребовалось бы несколько операторов, причём из-за невозможности точно согласовать их действия с требованиями программы загрузки, имели бы место задержки в работе механизмов и неправильные операции управления. Только автоматическое управление механизмами обеспечило 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 все материалы шихты: руда, агломерат, флюсы, добавки и топливо – кокс. Число гружёных скипов в подаче составляет обычно 4.

В состав современной системы загрузки входят следующие механизмы: главный подъёмник; воронка-весы, служащие для погрузки рудных материалов; механизмы коксовой погрузки – грохоты, затворы весовых коксовых воронок и подъёмник коксовой мелочи; механизмы засыпного аппарата, расположенные на колошнике, - вращающийся распределитель шихты, малый и большой конусы, зонды, уравнильные клапаны, вентили для заливки воды. Все эти механизмы должны работать в определённой последовательности, нарушение которой может привести к простоям и авариям.

В соответствии с заранее установленной программой скипы грузятся рудой или коксом в скиповой яме. Гружёный скип может быть отправлен после того, как полностью опорожнился карман вагон-весов или весовая коксовая воронка и затворы их закрылись. После прихода скипа на колошник и высыпания всего материала в воронку вращающегося распределителя шихты, воронка поворачивается на заданный угол и останавливается. Открываются выхлопные клапана межконусного пространства, и начинается процесс выравнивания давления “межконусное пространство – атмосфера”. По окончании этого процесса открывается малый конус и, по истечении времени, необходимого для высыпания всего материала на большой конус, закрывается. Если по программе требуется опустить большой конус для загрузки материалов в печь, то после закрывания малого конуса закрываются выхлопные клапаны межконусного пространства, открываются наполнительные клапаны и начинается процесс выравнивания давления “доменная печь – межконусное пространство”. После выравнивания давления поднимают зонды. Только при выполнении вышеперечисленных операций даётся разрешение на открывание большого конуса. По истечении времени, необходимого для высыпания всего материала в печь, большой конус закрывается, зонды опускаются на шихту, а клапаны

устанавливаются в исходные положения (наполняющие – закрыты, выхлопные – открыты).

В скип не должны одновременно загружаться руда и кокс; недопустима отправка скипа во время его загрузки. В случае опускания большого конуса при опущенных зондах, последние могут быть завалены материалом и повреждены (оборваны канаты); при одновременном открывании малого и большого конуса колошниковый газ из печи будет выходить в атмосферу, в результате воспламенения газа может быть повреждено оборудование на колошнике. При опускании малого конуса без поворота вращающегося распределителя нарушится порядок распределения материалов в печи и технологический процесс.

Для сохранения времени подачи, и увеличения производительности системы загрузки применяется совмещение во времени отдельных операций, например, одновременная работа главного подъёмника и механизмов засыпного аппарата; загрузка кокса в весовые воронки во время подъёма скипов и др.

Максимальная производительность системы загрузки будет достигнута в том случае, если выполняются следующие условия:

- время остановки главного подъёмника незначительно превышает время, необходимое для погрузки материала в скип;
- время работы механизмов и погрузочных операций сведено к минимуму.

1.4 Развитие отечественной системы загрузки

Первый комплект отечественного оборудования был изготовлен в 1928 г. 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 г. для типовой доменной печи Гипромеца 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 разработана в 1935 г. 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, 300 В, 620 об/мин. Каждый двигатель получал питание от отдельного преобразовательного агрегата, состоящего из генератора постоянного тока 210 кВт, 330 В и асинхронного двигателя 350 кВт, 720 об/мин. Максимальная скорость лебёдки была повышена до 2,5 м/с.

В 1937 г. ХЭМЗ разработал третью модель автоматической системы загрузки применительно к типовой печи Гипромеца с полезным объёмом 1300 м³. Отличительными особенностями этой системы были применение для питания двигателей главного подъёмника одного общего генератора типа ПБК-6, 500 кВт, 600 В с приводными синхронными двигателями 700 кВт*А, 520 кВт, 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 об/мин до 740 об/мин ослаблением их потока.

Послевоенные годы характеризуются 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.

В 1949 – 1950 г. Трест ”Электропривод” разработал пятую, а в 1952 – 1953 г. шестую модель автоматической системы загрузки. В 1956 г. ЦКБ “Электропривод” была разработана следующая модификация автоматической системы загрузки, которая повторяет технологические особенности модели 1952 – 1953 г., но отличается от последней применением новой лебёдки конусов с

приводом переменного тока и более совершенными конструкциями станций управления, релейной и командной аппаратуры и электродвигателей.

В модели системы загрузки 1961 г. предусмотрены возможности загрузки скипов автоматизированными вагон-весами или конвейерами; привод уравнительных клапанов переменного тока в двух вариантах – встроенный и с тросами; командная аппаратура режимного управления – набора команды подач, программы работы вращающегося распределителя шихты и др.

Конвейерная система шихтоподачи к скипам позволяет не только улучшить состав шихты и повысить производительность загрузки, но и завершает автоматизацию всей системы с обеспечением её работы без вмешательства человека, при сохранении за ним лишь функций контроля.

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

1.5 Выбор рода тока и системы электропривода

Выбор рода тока производим исходя из предъявляемых требований к условиям работы механизма управления вращающегося распределителя шихты.

Для электропривода распределителя шихты наиболее рационально воспользоваться системой питания на постоянном токе. Электропривод постоянного тока применяется в агрегатах и установках, где требуется широкий диапазон регулирования, высокая точность и быстродействие. Электропривод переменного тока не может удовлетворить требованиям, предъявляемым к механизму.

Для выбора системы электропривода 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);
- 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 (равен 0,86), инерционность системы регулирования.

Система ТрП-Д позволяет реализовать полностью управляемый привод, имеет высокий КПД (КПД=0,96). В нашем случае эта система не может быть применена из-за малой мощности элементной базы, сложностью в управлении.

Система ТП-Д обладает многими достоинствами:

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

Следует отметить, что наряду со значительными преимуществами система обладает рядом недостатков. Преобразователь имеет одностороннюю проводимость, то есть нужно применять для реверсирования двигателя два комплекта тиристоров; 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.

1.6 Современная система верхней загрузки

Структура автоматической системы загрузки доменной печи состоит из следующих подсистем:

- подсистема верхней загрузки;
- подсистема нижней загрузки;
- подсистема “КАУПЕР”, управляющая работой воздухонагревателей;
- подсистема “КИП”, предназначенная для контроля параметров технологического процесса с помощью измерительных приборов.

Перечисленные подсистемы построены на основе контроллера повышенной надёжности “SIMATIC S5-135V”. К конструктивной особенности данного контроллера можно отнести то, что он состоит из двух связанных между собой 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 – плавно перенимает управление. Подобное построение даёт ряд преимуществ:

- автоматическая передача данных и сигналов между главным и резервным ЦПУ – синхронизация по событиям;
- мгновенное переключение на резервный ЦПУ без потери данных;
- расширенная система диагностики, уменьшающая время ремонта;
- простое программирование, как для обычного контроллера при помощи стандартного пакета STEP5.

Основные технические характеристики контроллера SIMATIC S5 приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Техническая характеристика контроллера SIMATIC S5-135V

Основные технические характеристики	S5 - 135V
Объём памяти (встроенная/макс), Кбайт	128
Время обработки 1 Кбайта двоичных команд, мс	0,2
Время обработки 1 Кбайта смешанных команд, мс	0,5
Время основного цикла (без программы пользователя), мс	15
Дублированные цифровые входы/выходы, макс	1024/1024
Обычные цифровые входы/выходы, макс	1
Дублированные аналоговые входы/выходы, макс	64/64
Обычные аналоговые входы/выходы, макс	1

Подсистема управления верхней загрузкой на механизмы верхней загрузки воздействует следующим образом:

- управляет скиповым подъёмником, подсистемой пылеподавления, лебёдкой конусов, наполняющими и выхлопными клапанами, лебёдкой зондов, вращающимся распределителем шихты;
- следит за последовательностью отрабатываемых операций (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);
- осуществляет функцию синхронизации с подсистемой нижней загрузки.

Функциональная структура подсистемы верхней загрузки состоит из 2-х уровней:

- операторские станции;
- управление процессом загрузки.

Функции операторских станций:

- отображение мнемосхем верхней загрузки и отдельных технологических механизмов;
- управление процессом загрузки;
- настройка подсистемы верхней загрузки;
- протоколирование и архивирование технологических параметров, характеризующих процесс загрузки, аварийных и предупреждающих сообщений, возникающих в ходе процесса
- хранение шести базовых программ подач и приём в работу одной из них (с возможностью коррекции) по инициативе оператора.

Функции контроллера SIMATIC S5-135V:

- обработка рабочей программы подач;
- подготовка информации для отображения технологического процесса хода загрузки и диагностика её выполнения;
- расчёт углов поворота распределителя шихты;
- подготовка блока данных для последующей передачи их в операторские станции;
- обработка аналоговых сигналов;
- управление механизмами верхней загрузки;
- синхронизация работы верхней и нижней загрузки печи;
- синхронизация работы механизмов верхней загрузки;
- настройка приводов подсистемы верхней загрузки;
- анализ работоспособности механизмов и датчиков;
- выдача управляющих команд в схемы приводов;
- подготовка информации для станций “ЭЛЕКТРОПРИВОД”.

1.7 Кинематическая схема вращающегося распределителя шихты

Вращающийся распределитель шихты служит для равномерного распределения шихтовых материалов по окружности колошника доменной печи объёмом 3000м³.

Распределитель шихты состоит из следующих основных узлов: вращающейся воронки с механизмом вращения, малого конуса со штангой, привода вращения.

Кинематическая схема вращающегося распределителя шихты приведена на рисунке 3.

Вращающаяся воронка включает в себя сварной или сварно-литой корпус и закреплённые на нём верхнюю 7 и нижнюю 8 воронки. Воронка 7 выполнена из двух соединённых между собой сварных частей, футерованных плитами из износостойкой стали. Воронка 8, выполняемая из углеродистой или марганцовистой стали, цельнолитая или сварно-литая. В нижней части изнутри она наплавлена твёрдым сплавом для защиты от износа.

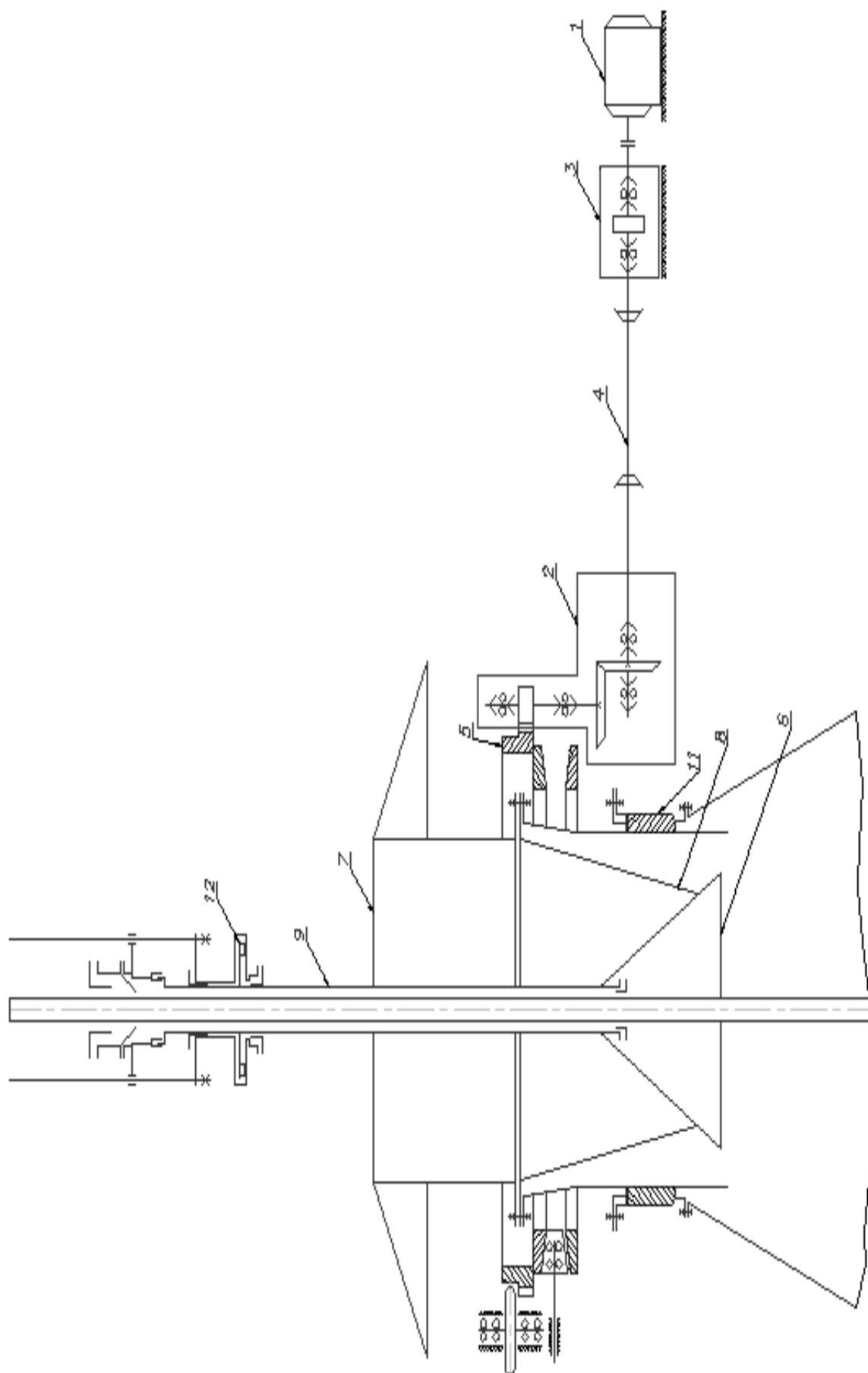


Рисунок 3 – Кинематическая схема

Сварно-литой корпус снабжён двумя кольцевыми приливами с верхним и нижним съёмными беговыми дорожками, выполненными в виде кованых сегментов из стали повышенной твёрдости. Одной из этих дорожек (в зависимости от направления вертикального усилия) вращающаяся воронка опирается на три конических ролика 10 (опорных или контропорных). Ролики смонтированы на стойках, прикреплённых к сварному опорному кольцу. На фланце сварного литого корпуса закреплён литой зубчатый венец 5, находящийся в зацеплении с шестернёй углового редуктора 2. Последний имеет коническую зубчатую передачу и установлен на опорном кольце. С помощью трёх упорных роликов, смонтированных в стойках опорных роликов 10 сварно-литой корпус с зубчатым венцом 5 фиксируется от смещения в горизонтальной плоскости. Также регулируется положение роликов 10 относительно беговых дорожек. Предусмотрена возможность регулирования положения упорных роликов в горизонтальном положении.

В кольцевом зазоре между опорным кольцом и вращающимся сварно-литым корпусом предусмотрены сальниковые уплотнения 11, предотвращающие выход колошникового газа из межконусного пространства загрузочного устройства в атмосферу. В качестве уплотнения используют специальный асбестовый прографиченный шнур, армированный медной проволокой. Каждый ярус уплотнения поджат своей грундбуксой и имеет независимый подвод густой смазки.

К верхней воронке 7 прикреплён стальной зонт, защищающий элементы механизма вращения от случайного попадания на них кусков шихтовых материалов.

Узел малого конуса со штангой устроен следующим образом. Собственно малый конус в закрытом (поднятом) положении примыкает к воронке 8, запирая межконусное пространство. Его отливают из углеродистой стали, в зоне контактирования и по всей рабочей поверхности наплавливают износостойким твёрдым сплавом. Конус может быть выполнен цельнолитым или составным из двух частей, плотно стыкующихся в вертикальной плоскости с помощью болтов.

Штангу 9, служащую для подвешивания конуса, выполняют полрой из цельнотянутой толстостенной трубы. На концевых участках её нарезана резьба. Штанга сочленяется с конусом посредством навёрнутой на её нижний конец головки, которая зафиксирована от проворачивания специальным стопорным кольцом. На фланце головки болтами закреплён стакан, снабжённый латунной втулкой, которая служит направляющей штанги большого конуса засыпного аппарата, пропускаемой через штангу 9.

Верхней своей частью с помощью навёрнутой головки и гаек, штанга 9 опирается на роликовый подпятник 12, заключённый в разъёмный по вертикали корпус. Такая конструкция обеспечивает возможность вращения штанги вместе с малым конусом за счёт его прижатия к воронке.

Над роликовым подпятником 12 смонтированы трёхъярусные сальниковые уплотнения для предотвращения выхода колошникового газа из межконусного пространства в атмосферу через кольцевой зазор между штангами малого и большого конусов. Сальниковое уплотнение каждого яруса имеет независимое поджатие. Под верхним сальниковым уплотнением в промежуточной грундбуксе установлена латунная втулка – направляющая штанги большого конуса.

Привод распределителя шихты в целях защиты его от воздействия горячего колошникового газа и обеспечения удобства обслуживания выполнен выносным и соединён с приводным валом углового редуктора 2 карданным валом 4. На сварной раме привода, установленной и закреплённой болтами на стальных конструкциях колошникового устройства, смонтированы: электродвигатель 1; цилиндрический двухступенчатый редуктор 3, соединённый с электродвигателем упругой муфтой и путевой выключатель, соединённый с тихоходным валом редуктора 3.

Густая смазка сальниковых уплотнений вращающейся воронки, межштангового зазора и подшипников качения, включая роликовый подпятник, - централизованная от автоматизированных смазочных станций.

Техническая характеристика вращающегося распределителя шихты приведена в таблице 2.

Таблица 2. – Техническая характеристика вращающегося распределителя
шихты

Основные технические характеристики	Параметры
Модель	СЗ-21-17
Полезный объём вращающейся воронки, м ³	17
Диаметр малого конуса, мм	2500
Частота вращения воронки (номинальная), об/мин	3
Избыточное давление газа в межконусном пространстве, Мпа	0,25
Масса, т	110,6
Полезный объём печи, м ³	3000
Угловая скорость воронки рад/с	0,314

1.8 Принципиальная электрическая схема электропривода

Принципиальная электрическая схема приведена в графической части работы.

Принципиальную электрическую схему КТЭ можно условно разбить на ряд самостоятельных устройств и систем, взаимодействие которых обеспечивает требуемые эксплуатационные характеристики КТЭ.

К этим устройствам относятся:

1. тиристорный преобразователь с системой управления;
2. система вспомогательных устройств;
3. система защиты и сигнализации (СЗС);
4. автоматическая система регулирования (АСР);
5. система питания электронных устройств.

КТЭ выполнен в виде **комплектных устройств**, в которые входит:

1. шкаф силовой (ШС);
2. шкаф управления (ШУ);
3. шкаф с реактором и автоматическим выключателем (ШРА).

Схема выпрямления находится в шкафу силовом (ШС) и представляет собой два, включённых встречно-параллельно тиристорных, трёхфазных, полностью управляемых моста.

Тиристорные мосты преобразователя питаются от сети переменного напряжения 380 В и частотой 50 Гц через токоограничивающий реактор, который находится в ШРА и выполняет функции ограничения влияния тиристорного преобразователя на сеть и снижения производной тока в рабочих и аварийных режимах.

КТЭ подключается к сети с помощью автоматического выключателя Q1, и к нагрузке подключается с помощью автоматического выключателя Q2.

Автоматические выключатели используются, как элементы защиты и расположены в ШРА.

В ШУ находятся следующие устройства:

1. кассета защиты и сигнализации K302A;
2. кассета фазосмещающих устройств K123A;
3. кассета управления K204.

Система защиты и сигнализации обеспечивает следующий вид защит и сигнализации:

1. от внутренних коротких замыканий;
2. при повышении мгновенного значения тока предельной величины для КТЭ;
3. при аномальных режимах в сети собственных нужд;
4. упреждающую защиту при опрокидывании и прорыве инвертора;
5. упреждающую защиту при появлении уравнительного тока;
6. при аварийной перегрузке тириستоров по среднеквадратичному току;
7. при исчезновении и недопустимом снижении силового напряжения;
8. при исчезновении и снижении ниже допустимого уровня тока возбуждения электродвигателя
9. при недопустимом превышении напряжения на якоре электродвигателя.

КТЭ имеет два вида сигнализации:

- внешнюю, выходные устройства которой, в цепи централизованной сигнализации;
- внутреннюю, находящуюся в кассете защиты и сигнализации.

Внешняя сигнализация содержит три группы сборных сигналов:

1. о готовности КТЭ к работе, лампа HL3;
2. предупредительную сигнализацию, лампа HL2;
3. аварийную сигнализацию, лампа HL1;

Внутренняя сигнализация имеет следующую индикацию:

1. о положении автоматических выключателей на стороне постоянного и переменного токов;
2. о наличии силового напряжения, напряжения собственных нужд, напряжения питания вспомогательных устройств;
3. о готовности КТЭ к работе;
4. о появлении неисправности, привлекающей внимание обслуживающего персонала по каналам;
5. об аварийном отключении при появлении неисправностей предусмотренных в системе защиты и сигнализации.

Внутренняя сигнализация выполнена при помощи ячейки №000 входящей в кассету K302A.

Система регулирования построена на базе кассеты K204, в которую входят:

- ячейка №213, которая содержит в себе задатчик интенсивности регулятора ЭДС;
- ячейка №200, в которой находится пропорциональный регулятор ЭДС и задатчик интенсивности регулятора тока;
- ячейка №210, в которой находится адаптивный регулятор тока;
- ячейка №215, ячейка шунтирования регуляторов.

Электрическая связь между ячейками осуществляется посредством разъёмов, соединённых с помощью объединяющей печатной платы и называемой кассетой.

Датчики тока и напряжения, а также делители напряжения располагаются у мест установки шунтов и шин с которых снимаются сигналы и находятся в ШС.

Система импульсно-фазового управления выполнена на базе кассеты K123A, в состав которой входят:

1. ячейка фильтров №102;
2. ячейка согласования №122A;
3. ячейка каналов фазового управления №123A;
4. ячейка формирователей №118;
5. ячейка отдельного управления №125;
6. трансформатор синхронизации.

Электрическая связь между ячейками осуществляется посредством разъёмов, соединённых с помощью объединяющей печатной платы.

Электрическая связь с блоками импульсного устройства S120A, блоками состояния вентиля S119B, трансформатором синхронизации и другими устройствами КТЭ осуществляется с помощью разъёмов и проводного монтажа.

Блоки импульсного устройства S120 размещены в ШС непосредственно возле силовых тиристоров. В силовом шкафу расположены и блоки датчиков состояния вентиля S119A.

2. ПРОЕКТНО-РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Расчет мощности электродвигателя

Мощность электродвигателя вращающегося распределителя шихты рассчитывается по методике изложенной в [7]. Согласно ей, для расчета мощности необходимо найти общий статический момент $M_{ст}$ при вращении воронки распределителя шихты. Расчёт ведём по рисунку 4.

На рисунке 4 приняты обозначения 1-электродвигатель, 2-двухступенчатый редуктор.

Статический момент определяется как сумма трёх моментов:

$$M_{ст} = M_1 + M_2 + M_3, \quad (2.1)$$

где M_1 - момент, затрачиваемый на преодоление сопротивления сил трения в подпятнике и в уплотнителях штанг;

M_2 - момент, затрачиваемый на преодоление сил сопротивления при вращении воронки по опорным роликам;

M_3 - момент, затрачиваемый на преодоление сил трения в сальниковых уплотнениях воронки.

Момент, затрачиваемый на преодоление сопротивления сил трения в подпятнике и в уплотнениях штанг:

$$M_1 = K_y * Q_k * \mu * \frac{D}{2} = 1,15 * 650 * 0,1 * \frac{0,45}{2} = 17 \text{ кН*М}, \quad (2.2)$$

где $K_y = 1,15$ - коэффициент, учитывающий сопротивление в сальниковых уплотнениях штанг и возможное трение между штангами;

$\mu = 0,1$ – коэффициент трения в подшипнике подпятника (при работе без смазки);

$Q_k = 650 \text{ кН}$ – усилие в штанге малого конуса, создаваемое балансиром; $D = 0,45 \text{ м}$ – средний диаметр роликового хода в подпятнике.

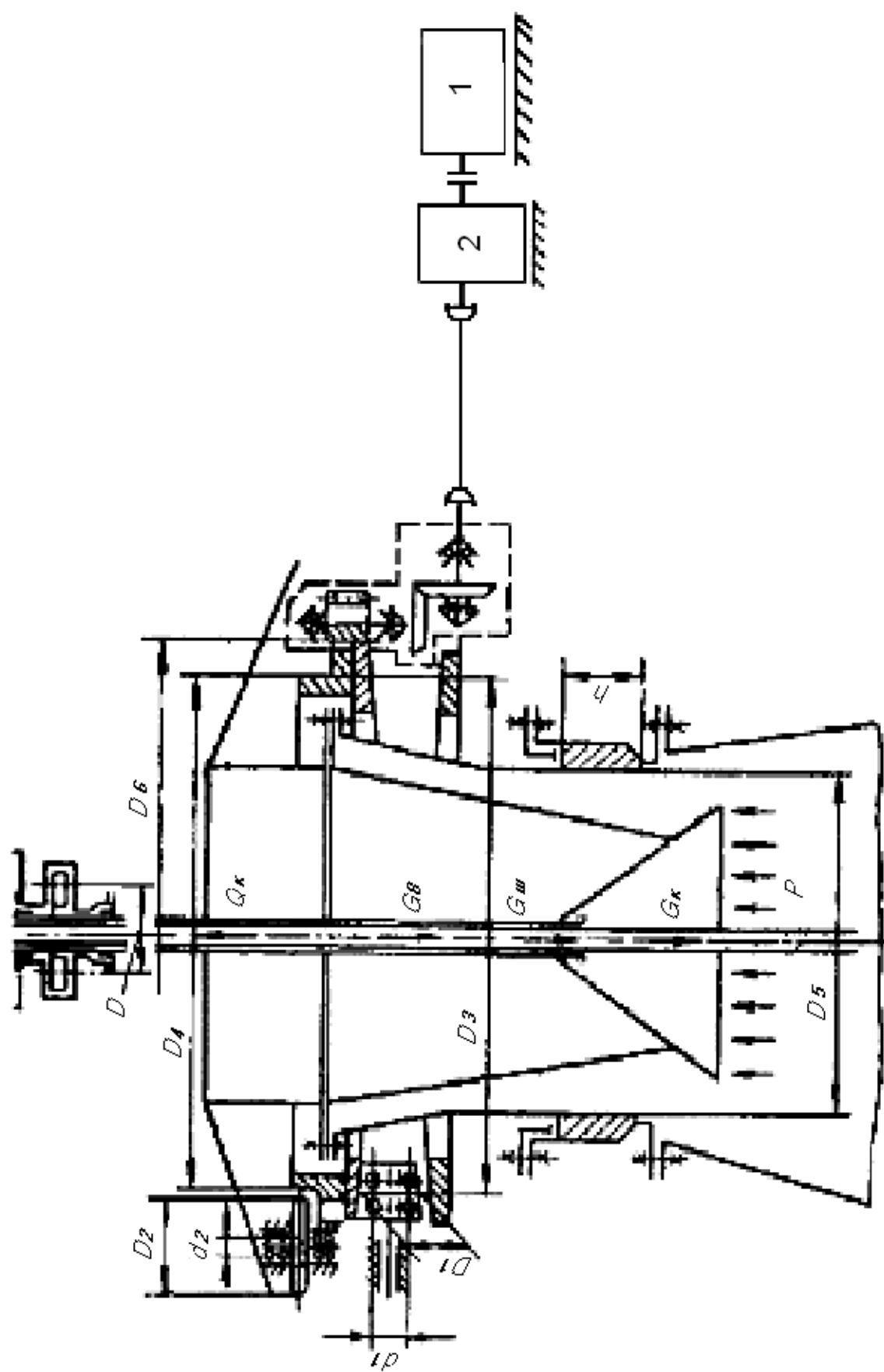


Рисунок 4 – Схема к расчету мощности привода распределителя шихты

Момент, затрачиваемый на преодоление сил сопротивления при вращении воронки по опорным роликам:

$$M_2 = \varpi * Q_i * \frac{D_3}{2}, \quad (2.3)$$

где ϖ - коэффициент сопротивления перемещению воронки по роликам;

Q_i - усилие, действующее со стороны воронки на опорные ролики

$D_3=3,78$ м – средний диаметр беговой дорожки.

Необходимо учитывать, что усилие Q_i может быть направлено вниз (при атмосферном давлении в межконусном пространстве) или вверх (при избыточном давлении газа в межконусном пространстве).

Наибольшее давление Q_i на нижние опорные ролики наблюдается в том случае, если на малом конусе лежит самый тяжёлый материал (мокрая руда), и в межконусном пространстве давление газа равно атмосферному:

$$Q_1 = G_p + G_v + G_{\dots} - Q_k, \quad (2.4)$$

где G_p – вес руды, кН;

$G_v = 670$ кН – вес вращающейся воронки с фланцем, зубчатым венцом и футеровкой;

$G_{\text{кон}}=220$ кН – вес малого конуса со штангой, защитными кольцами и подвеской;

Вес руды находится по следующей формуле:

$$G_p = \nu * \mu_{\text{руда}} * q = 17 * 2500 * 10 = 425 \text{ кН}, \quad (2.5)$$

где $\nu=17$ м³ – ёмкость воронки малого конуса;

$\mu_{\text{руда}}=2500$ кг/м³ – насыпной вес руды;

$q=10$ Н/кг – сила тяжести.

$$Q_1 = 425 + 670 + 220 - 650 = 665 \text{ кН}.$$

Наибольшее давление Q_i на верхние опорные ролики наблюдается в том случае, если на малом конусе лежит самый лёгкий материал (кокс) и в межконусном пространстве давление газа равно повышенному давлению в печи:

$$Q_2 = G_{\text{кокс}} + G_{\text{кон}} + G_B - Q_{k-p} \frac{\pi * D_5^2}{4}, \quad (2.6)$$

где $G_{\text{кокс}}$ – вес кокса, кН;

$p=0,25$ Мпа – избыточное давление газа в межконусном пространстве;

$D_5=3,08$ м – наружный диаметр вращающейся воронки.

Вес кокса находим по следующей формуле:

$$G_{\text{кокс}} = v * \gamma_{\text{кокс}} * g = 17 * 400 * 10 = 68 \text{ кН}, \quad (2.7)$$

где $\gamma_{\text{кокс}}=400$ кг/м³ – насыпной вес кокса.

$$Q_2 = 68 + 220 + 670 - 650 - 250 \frac{3,14 * 3,08^2}{4} = -1554 \text{ кН}.$$

Отрицательный знак показывает, что воронка прижимается своим фланцем к верхним опорным роликам.

Найдём коэффициент сопротивления перемещению воронки по роликам:

$$\varpi = \frac{\mu_1 * d_1 + 2f}{D_1} = \frac{0,05 * 0,14 + 2 * 0,0015}{0,55} = 0,018, \quad (2.8)$$

где $\mu_1=0,05$ – коэффициент трения в подшипниках роликов;

$f=0,0015$ – коэффициент трения качения ролика по роликовому ходу воронки, принимается повышенным вследствие возможного наличия пыли и грязи на поверхностях качения опорного ролика;

$d_1=0,14$ м – средний диаметр подшипника в цапфе вала опорного ролика;

$D_1=0,55$ м – средний диаметр опорного ролика воронки по поверхности качения.

По формуле (2.3) найдём момент, затрачиваемый на преодоление сил сопротивления при вращении воронки по опорным роликам для коксового и рудного скипов:

$$M_{2K} = 0,018 * 1554 \frac{3,78}{2} = 53 \text{ кН*м}$$

$$M_{2K} = 0,018 * 665 \frac{3,78}{2} = 23 \text{ кН*м}$$

Момент на преодоление сопротивления сил трения в сальниковых уплотнениях воронки приближенно равен:

$$M_3 = P_1 * \mu_2 * \pi * D_5 * h \frac{D_5}{2}, \quad (2.9)$$

где P_1 – давление сальниковой набивки на воронку, принимают в зависимости от давления газа P под колошником;

$\mu_2 = 0,05$ - коэффициент трения воронки о сальниковую набивку;

$h=0,6$ м – суммарная высота сальникового уплотнения воронки.

Давление сальниковой набивки на воронку равно:

$$P_1 = 1,2 * P = 1,2 * 2,5 = 3 \text{ МПа.}$$

$$M_3 = 300 * 0,05 * 3,14 * 3,08 * 0,6 * \frac{3,08}{2} = 134 \text{ кН*м.}$$

По формуле (2.1) найдём общий статический момент для скипов с рудой и коксом.

$$M_{\text{стк}} = 17 + 53 + 134 = 204 \text{ кН*м,}$$

$$M_{\text{стр}} = 17 + 23 + 134 = 174 \text{ кН*м.}$$

По полученным данным строим графики статических моментов для скипов с рудой и коксом.

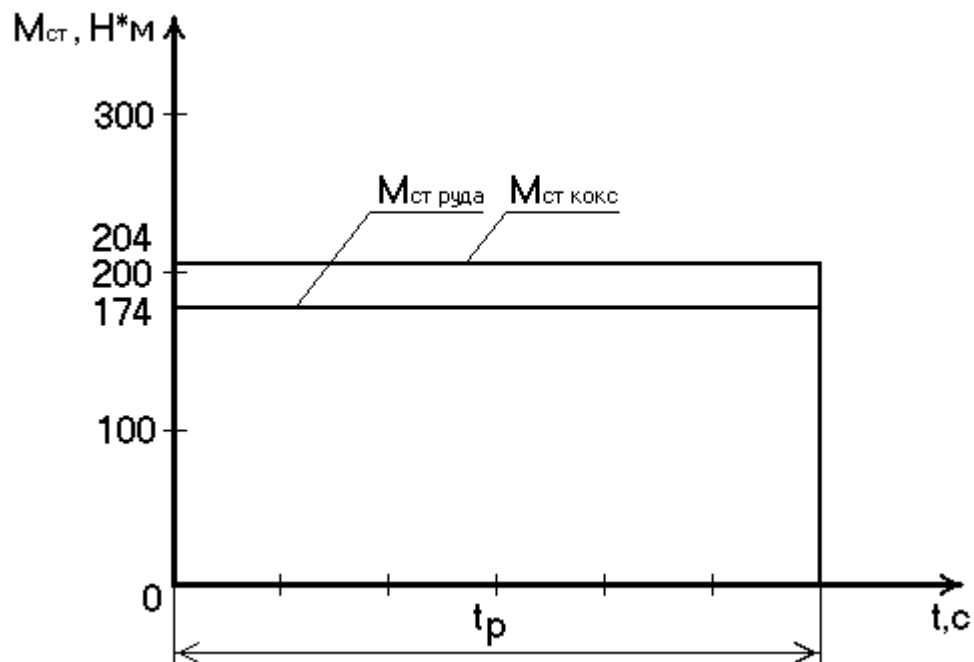


Рисунок 5-График статических моментов для скипов с коксом и рудой.

При этом t_p – время работы распределителя шихты.

$$T_p = t_y + t_n + t_T, \quad (2.10)$$

где t_y – время установившегося движения, определяется из условия поворота воронки на заданный угол;

$t_n = 2,5$ с – время пуска;

$t_T = 2,5$ с – время торможения.

Воронка распределителя шихты за полный цикл работы поворачивается на углы, равные 60, 120, 180 градусов. Время работы на установившейся частоты вращения воронки для заданных углов равно:

$$t_y = \frac{\varphi_i}{\omega_B} - \frac{1}{2}(t_n + t_T), \quad (2.11)$$

где $\omega_B = 0,193$ с⁻¹ – установившаяся скорость вращения воронки;

φ_i – угол поворота.

$$t_{y60} = \frac{1,047}{0,193} - \frac{1}{2}(2,5 + 2,5) = 3 \text{ с.}$$

$$t_{y120} = \frac{2,094}{0,193} - \frac{1}{2}(2,5 + 2,5) = 8 \text{ с.}$$

$$t_{y180} = \frac{3,14}{0,193} - \frac{1}{2}(2,5 + 2,5) = 14 \text{ с.}$$

По формуле (2.10) найдём время работы распределителя шихты для всех углов φ_i :

$$t_{p60} = 3 + 2,5 + 2,5 = 8 \text{ с.}$$

$$t_{p120} = 8 + 2,5 + 2,5 = 13 \text{ с.}$$

$$t_{p180} = 14 + 2,5 + 2,5 = 19 \text{ с.}$$

Найдём эквивалентную мощность (2.12)

$$P_{ЭК} = \sqrt{\frac{P_{СТP}^2 * t_{p60} + P_{СТK}^2 * t_{p60} + P_{СТP}^2 * t_{p120} + P_{СТK}^2 * t_{p120} + P_{СТP}^2 * t_{p180} + P_{СТK}^2 * t_{p180}}{2 * t_{p60} + 2 * t_{p120} + 2 * t_{p180}}} * \frac{ПВ_{РАСЧ}}{ПВ_C}$$

где $P_{СТ}$ – статическая мощность;

$ПВ_{РАСЧ}$ – расчетная продолжительность включения;

$ПВ_C$ – стандартная продолжительность включения;

Статическая мощность определяется:

$$P_{CT} = \frac{M_{CT} * \varpi_B}{1000 * \eta}, \quad (2.13)$$

где η - общий КПД механизма.

$$\eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 = 0,96 * 0,93 * 0,95 = 0,84, \quad (2.14)$$

где $\eta_1 = 0,96$ – КПД закрытой цилиндрической передачи;

$\eta_2 = 0,93$ – КПД открытой цилиндрической передачи;

$\eta_3 = 0,95$ – КПД конической передачи.

По формуле (2.13) найдем статическую мощность для рудного и коксового скипов

$$P_{CTK} = \frac{204 * 0,193}{1000 * 0,84} = 47 \text{ кВт};$$

$$P_{CTP} = \frac{174 * 0,193}{1000 * 0,84} = 40 \text{ кВт}.$$

Определим расчетную продолжительность включения

$$PB_{PACЧ} = \frac{2t_{P60} + 2t_{P120} + t_{P180}}{2 * t_{P60} + 2t_{P120} + t_{P180} + 6t_{II}} = \frac{2 * 8 + 2 * 13 + 19}{2 * 8 + 2 * 13 + 19 + 5 * 45} = 21 \%$$

где $t_{II} = 45$ с – время паузы.

Из ближайшей стандартной продолжительности включения выбираем $PB_C = 25\%$.

По формуле (2.12) найдём эквивалентную мощность

$$P_{ЭК} = \sqrt{\frac{47^2 * 8 + 40^2 * 8 + 47^2 * 13 + 40^2 * 13 + 47^2 * 19}{2 * 8 + 2 * 13 + 19} * \frac{0,21}{0,25}} = 41 \text{ кВт}.$$

Найдем требуемую мощность двигателя с учетом коэффициента запаса:

$$P_{ДВ} = K_3 * P_{ЭК} = 1,3 * 41 = 53,3 \text{ кВт}.$$

Требуемая расчетная скорость электродвигателя

$$n_{дв.расч} = n_{\varepsilon} * i_{ред.общ} = 3 * 291,375 = 874,125 \text{ об/мин}$$

$$\text{Или } \omega_{дв.расч} = \frac{\pi}{30} * n_{дв.расч} = 91,5 \text{ рад/с}.$$

Для типовых распределителей шихты используются электродвигатели краново-металлургической серии. По [13] выбираем двигатель Д-816. При таком выборе предполагается, что максимальная скорость вращения воронки

достигается при работе двигателя на скорости выше номинальной при повышенном напряжении якоря.

Справочные параметры двигателя Д-816

- номинальная мощность $P_H = 70$ кВт;
- номинальное напряжение питания $U_H = 220$ В;
- номинальный ток $I_H = 350$ А;
- номинальная частота вращения $n_H = 535$ об/мин;
- максимальная допустимая частота вращения $n_M = 1600$ об/мин;
- сопротивление якоря и добавочных полюсов (при 15°C) $R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} = 0,084$ Ом;
- момент инерции $J_{\text{дв}} = 16,25$ кг*м²;
- режим работы с $ПВ = 40\%$;
- кратность максимального тока к минимальному $K_{\text{макс}} = 2,5$;
- номинальный момент двигателя $M_H = 1246$ Н*м.

2.1.1 Расчетные параметры электродвигателя

Из условий технологического процесса работа вращающегося распределителя шихты по всем станциям не должна превышать 13 секунд. При повороте распределителя на углы 60° и 120° двигатель тихоходного исполнения при работе с номинальной скоростью удовлетворяет этому условию, но при повороте на 180° он не укладывается в требуемое время. В соответствии с [11] двигатели серии Д с номинальным напряжением 220 В допускают увеличение частоты вращения в 2 раза повышением напряжения на якоре до 440 В. При этом максимальный вращающий момент при полном возбуждении не должен превышать $1,5 M_H$.

Так как работа распределителя шихты характеризуется частыми пусками и остановками, то проверим выбранный электродвигатель на перегрузку в пусковой период.

Динамический момент на валу электродвигателя в режиме пуска.

$$M_{дИН,дВ,П} = (\delta_1 + \delta_2) \frac{J_{дВ} * \omega_{дВ}}{t_{П}}, \quad (2.15)$$

где $J_{дВ} = 16,25 \text{ кг*м}^2$ – момент инерции вала двигателя;

$\omega_{дВ}$ - частота вращения якоря двигателя;

$\delta_1 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий моменты инерции масс остальных вращающихся элементов привода;

$\delta_2 = 0,5$ – коэффициент, учитывающий момент инерции воронки распределителя;

$t_{П} = 2,5 \text{ с}$ – время пуска.

$$\omega_{дВ} = \frac{2\pi * n_H}{60} = \frac{2 * 3,14 * 535}{60} = 56,175 \text{ с}^{-1}.$$

$$M_{дИН,дВ,П} = (1,2 + 0,5) * \frac{16,25 * 56,175}{2,5} = 621 \text{ Н*м}.$$

Общий максимальный момент с учетом максимального статического момента:

$$M = M_{дИН,дВ,П} + M'_{СТ,К}, \quad (2.16)$$

где $M'_{СТ,К}$ - приведенный к валу двигателя статический момент для скипов с коксом.

$$M'_{СТ,К} = \frac{M_{СТ,К}}{i * \eta}, \quad (2.17)$$

$$i = i_1 * i_2 * i_3 = 31,5 * 1 * 9,25 = 291,375,$$

где i - общее передаточное число механизма.

$i_1 = 31,5$ – передаточное число закрытой цилиндрической передачи;

$i_2 = 1$ – передаточное число закрытой конической передачи;

$i_3 = 9,25$ – передаточное число открытой цилиндрической передачи.

По (2.17) найдем приведенный к валу двигателя статический момент для скипов с коксом:

$$M'_{СТ,К} = \frac{204}{291,375 * 0,84} = 830 \text{ Н*м}.$$

По (2.16) найдем общий максимальный момент в период пуска:

$$M = 621,2 + 830 = 1451 \text{ Н*м}.$$

Коэффициент перегрузки электродвигателя в пусковом режиме:

$$\lambda = \frac{M}{M_H} = \frac{1451}{1246} = 1,16,$$

что ниже допустимого $\lambda = 2,5$ для выбранного двигателя

Коэффициент ЭДС двигателя

$$c = \frac{U_n - I_n \cdot R_{\text{дв.гор}}}{\omega_n} = \frac{220 - 350 \cdot 0,1159}{56} = 3,2 \text{ В*с/рад}$$

2.2 Механическая система электропривода

Механическая система одномассовая.

Структурная схема механической системы приведена на рисунке 6

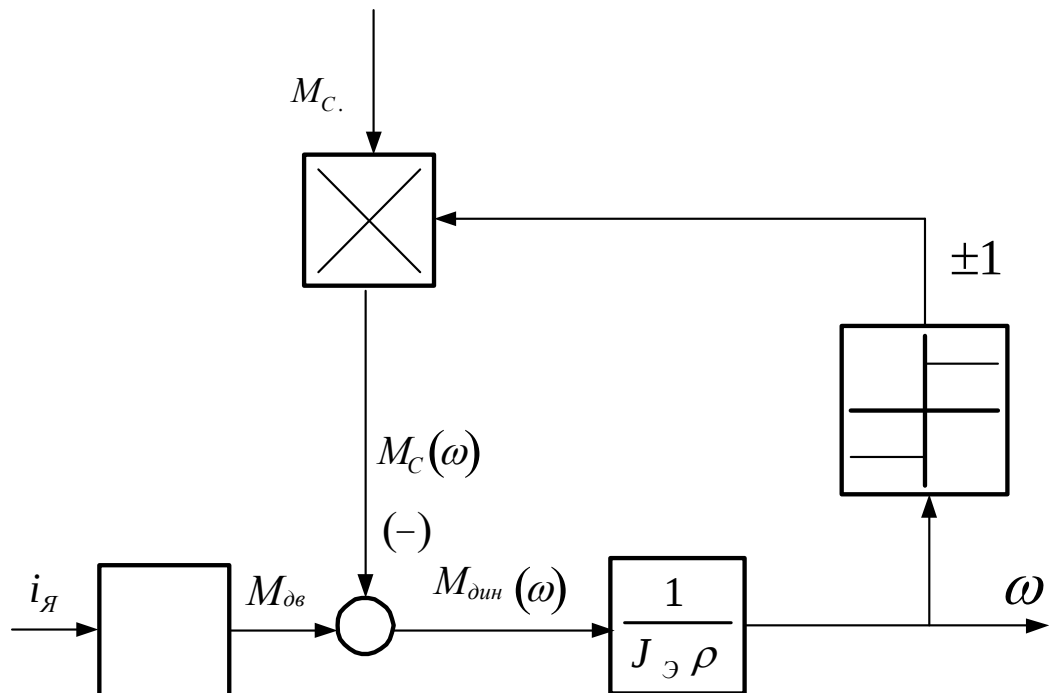


Рисунок 6 – Структурная схема механической системы электропривода

Параметры структурной схемы.

Эквивалентный момент инерции

$$J_э = 27,75 \text{ кг*м}^2.$$

Момент сопротивления от сил трения на валу двигателя

$$M_{сдв} = C \cdot I_{двн} - M_{двн} = 3,2 \cdot 350 - 1246 = 126 \text{ Н*м}.$$

Момент сопротивления механизма

$$M_{\text{смех}}=830 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

2.3 Выбор комплектного электропривода.

Основными техническими условиями, по которым выбирают комплектный тиристорный электропривод являются:

$$I_{\text{элн}} \geq I_{\text{двном}}=350 \text{ А};$$

$$I_{\text{эл,макс}} \geq I_{\text{дв,макс}}=875 \text{ А};$$

$$U_{\text{эл,н}} \geq U_{\text{двн}} 2 \cdot 220=440 \text{ В}.$$

Согласно проведенным расчетам в подразделе 2.1 и выбранному электродвигателю выбираем комплектный тиристорный электропривод типа КТЭ-500/440-131-УХЛ4.

Преобразователь имеет следующие технические данные:

- номинальный выпрямленный ток $I_{\text{ном}}=500 \text{ А};$
- номинальное напряжение электропривода $U_{\text{ном}}=440 \text{ В};$
- выпрямленное напряжение преобразователя $U_{\text{выпр}}=460 \text{ В};$
- напряжение питания силовых цепей $U_{\text{пит}}=380 \text{ В};$
- частота питающей сети $f_{\text{пит}}=50 \text{ Гц};$
- максимально допустимый выпрямленный ток $I_{\text{элмакс}}=1250 \text{ А}.$

Комплектный тиристорный электропривод КТЭ-500/440-131-УХЛ4 включает в себя:

- токоограничивающий реактор типа РТСТ-410-0,101У3;
- тиристоры типа Т253-1000;
- автоматический выключатель А3792 на стороне переменного напряжения;
- автоматический выключатель А3791 на стороне выпрямленного напряжения.

По [11] электродвигатели серии Д, при питании от тиристорного преобразователя по мостовой встречно-параллельной схеме выпрямления,

допускают работу без сглаживающих реакторов, в результате чего они не входят в комплект тиристорного преобразователя.

Токоограничивающий реактор РТСТ-410-0,101УЗ включается на стороне переменного тока и имеет следующие параметры:

- номинальный фазный ток $I_{p.H}=410$ А;
- номинальное линейное напряжение питающей сети $U_{л.H}=410$ В;
- активное сопротивление обмотки $R_p=3,8*10^{-3}$ Ом;
- индуктивность фазы реактора $L_p=0,101*10^{-3}$ Гн.

Реактивное сопротивление фаз реактора

$$X_p = L_p * \omega_c = 314 * 0,101 * 10^{-3} = 0,032 \text{ Ом},$$

$$\omega_c = 2 * \pi * f_{\text{пит}} = 2 * 3,14 * 50 = 314 \text{ с}^{-1} - \text{угловая частота питающей сети};$$

2.4 Функциональная схема электропривода

Функциональная схема электропривода вращающегося распределителя шихты приведена на рисунке 7.

На рисунке приняты следующие обозначения:

ГР – гальваническая развязка;

ЗИЭ – задатчик интенсивности регулятора ЭДС;

РЭ – регулятор ЭДС;

ЗИТ – задатчик интенсивности регулятора тока;

РТА – адаптивный регулятор тока;

СИФУ – система импульсно-фазового управления;

ТМ – тиристорный преобразователь;

ЛТ – токоограничивающий реактор;

ДТ – датчик тока;

ДН – датчик напряжения;

ДЭ – датчик ЭДС;

SIMATIC – микроконтроллер.

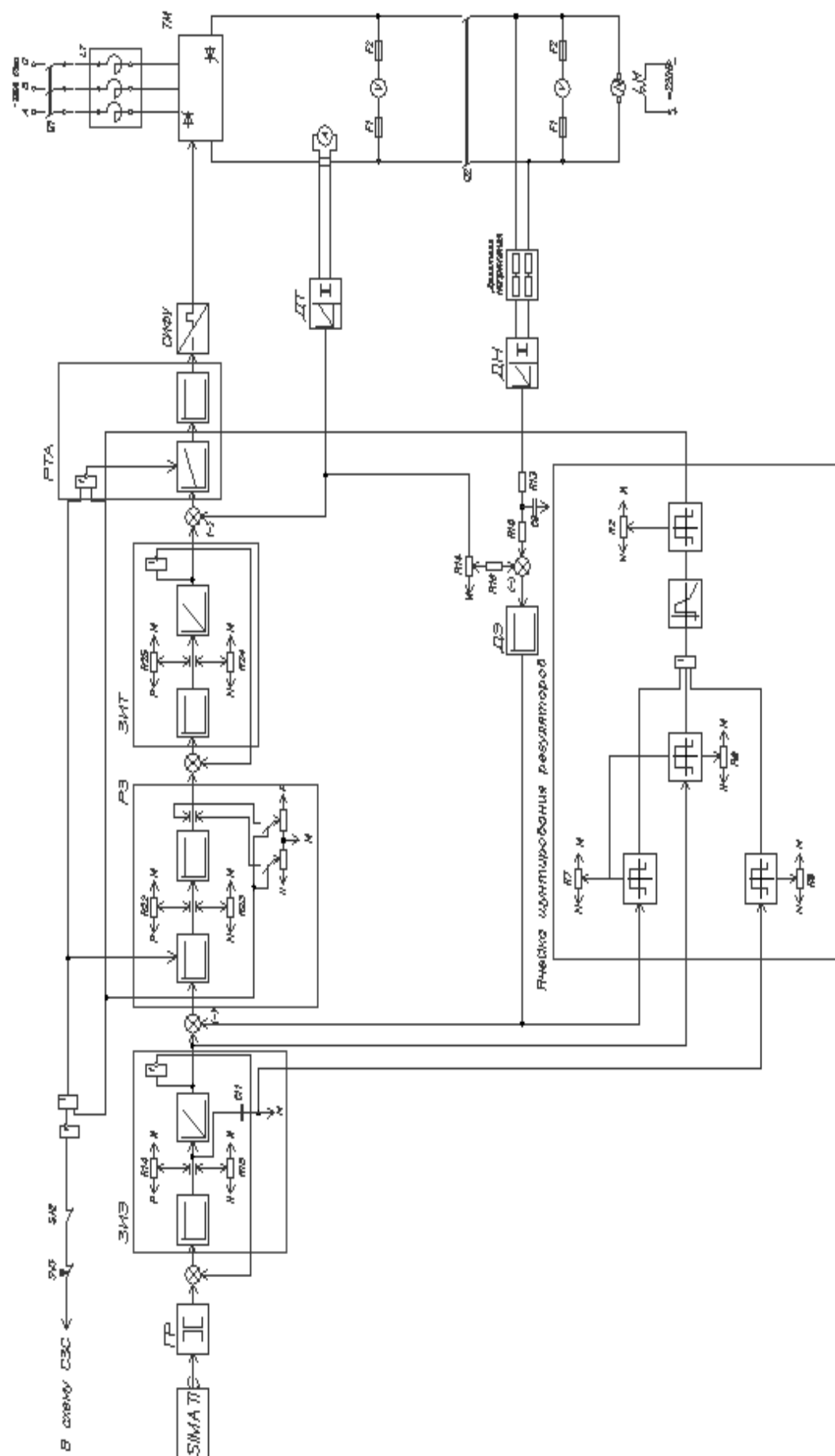


Рисунок 7 – Функциональная схема электропривода

Микроконтроллер SIMATIC S5 используется как ЭВМ верхнего уровня и выполняет следующие функции:

- обработку рабочей программы подач;
- подготовка информации для отображения технологического процесса хода загрузки и диагностики её выполнения (для операторских станций);
- расчёт углов поворота вращающегося распределителя шихты;
- подготовка блоков данных для последующей передачи их в операторские станции;
- обработка аналоговых сигналов;
- управление механизмами верхней загрузки;
- синхронизация работы верхней и нижней загрузки доменной печи;
- синхронизация работы механизмов верхней загрузки;
- настройка приводов подсистемы верхней загрузки;
- анализ работоспособности механизмов и датчиков;
- выдача управляющих команд в схемы приводов.

ГР – осуществляет гальваническую развязку между командоконтроллером и системой электропривода.

Напряжение задания управления поступает на вход регулятора ЭДС через датчик интенсивности ЭДС (ЗИЭ).

Выходной сигнал РЭ поступает на вход регулятора РТА через датчик интенсивности тока ЗИТ, позволяющий плавно регулировать темп нарастания тока в широких пределах. Адаптивное устройство позволяет линеаризовать структуру электропривода в режиме прерывистых токов, улучшая его динамические свойства.

Система импульсно-фазового управления СИФУ служит для преобразования управляющего напряжения в последовательность импульсов соответствующей фазы, подаваемых на управляющие электроды тиристорных силовых вентильных комплектов.

Датчики тока и напряжения предназначены для гальванической развязки силовых цепей и цепей управления, а также для измерения тока и напряжения на двигателе.

Тиристорный преобразователь ТМ, состоит из двух встречно включенных мостов, и получает питание от сети 380 В через автоматический выключатель Q1 и токоограничивающий реактор LT. На стороне постоянного тока защита осуществляется автоматическим выключателем Q2. Линейный контактор КМ служит для частой коммутации якорной цепи. Сигнал о токе якоря двигателя получают с шунта RS. Сигнал о напряжении на якоре двигателя через делитель напряжения снимают с силовой цепи.

2.5 Расчет параметров силовой цепи

Сопротивление якорной цепи двигателя в горячем состоянии

$$R_{дв,гор} = (R_{я} + R_{дп}) \cdot 1,38 = 0,084 \cdot 1,38 = 0,1159 \text{ Ом},$$

где $R_{я} + R_{дп} = 0,084 \text{ Ом}$ - сопротивление обмоток якоря и добавочных полюсов в холодном состоянии.

Расчетное сопротивление якорной цепи

$$R_{яц} = R_{ТП} + R_{цдв} = 0,0382 + 0,12749 = 0,16569 \text{ Ом},$$

Сопротивление и индуктивность цепи преобразователя

$$R_{ТП} = 2 \cdot R_p + R_K = 2 \cdot 0,0038 + 0,0306 = 0,0382 \text{ Ом},$$

$$\text{где } R_K = \frac{m_B \cdot X_p}{2\pi} = \frac{6 \cdot 0,032}{2 \cdot 3,14} = 0,0306 \text{ Ом} - \text{сопротивление, вносимое за счет}$$

коммутации токов вентиляей.

где $m_B = 6$ – число коммутаций.

Индуктивность якорной цепи

$$L_{ТП} = 2 \cdot L_p = 2 \cdot 0,101 \cdot 10^{-3} = 0,202 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}.$$

Сопротивление силовой цепи двигателя

$$R_{цдв} = R_{двгор} + 0,1 \cdot R_{двгор} = 0,1159 + 0,1 \cdot 0,1159 = 0,12749 \text{ Ом}$$

Индуктивность силовой цепи

$$L_{яц} = L_{тп} + L_{цдв} = 0,202 \cdot 10^{-3} + 0,00337 = 0,000357 \text{ Гн},$$

$$\text{где } L_{цдв} = \gamma \frac{U_{двн}}{I_{дн} \cdot \omega_n \cdot p} = 0,6 \cdot \frac{220}{350 \cdot 56 \cdot 2} = 0,00337 \quad \text{Гн-индуктивность}$$

двигателя;

$P = 2$ - число пар полюсов.

$\gamma = 0,6$ – коэффициент, зависящий от конструкции электродвигателя.

Электромагнитная постоянная силовой цепи

$$T_{яц} = \frac{L_{яц}}{R_{яц}} = \frac{0,00357}{0,16569} = 0,022 \text{ с.}$$

2.6 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода

Заданная область существования электромеханических характеристик электропривода (замкнутой системы), ограниченная значениями $\varpi = \pm \varpi_{эл} = 91,5 \text{ рад/с}$ и зависимостью $\pm I_{доп} = 875 \text{ А}$ 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. При этом должны соблюдаться 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 $\varpi = \varpi_{элмакс} = 91,5 \text{ рад/с}$ и $I = I_H = 350 \text{ А}$, а при реверсировании электропривода должно обеспечиваться безопасное инвертирование при допустимом токе двигателя.

Значение минимального угла управления преобразователем $\alpha_{мин}$ в выпрямительном режиме [14]

$$\alpha_{\min} = \arccos \frac{c * \varpi_{\max} + I_{\text{LDY}} * R_{\text{ЯЦ}}}{K_c * E_{d0}} = \arccos \frac{3,2 \cdot 91,5 + 350 \cdot 0,16569}{0,85 \cdot 514} = 36,59^\circ$$

где $\varpi_{\max} = 91,5 \text{ с}^{-1}$ – максимальная частота вращения;

$I_{\text{ДВН}} = 350 \text{ А}$ – номинальный ток двигателя;

$K_c = 0,85$ – коэффициент, учитывающий заданное снижение напряжения сети;

$$E_{d0} = \frac{U_{2л}}{0,74} = \frac{380}{0,74} = 514 \text{ В-ЭДС преобразователя при угле управления}$$

$$\alpha = 0^\circ$$

Принимаем $\alpha_{\min} = 30^\circ$, что соответствует заводской уставке.

Предельная электромеханическая характеристика системы преобразователь-двигатель в выпрямленном режиме при $\alpha_{\min} = 30^\circ$

$$\varpi_{\max}(I_{\text{дв}}) = \frac{1}{c} (K_c * E_{d0} * \cos \alpha_{\min} - R_{\text{ЯЦ}} * I_{\text{дв}}) = \frac{1}{3,2} (0,85 \cdot 514 \cdot \cos 30^\circ - 0,16569 \cdot I_{\text{дв}})$$

В таблицу 3 сведены результаты расчёта электромеханических характеристик.

Таблица 3

ω рад/с	118,2	73
$I_{\text{дв}}$	0	875

Характеристика при работе токопроводящей группы в режиме предельного инвертирования

$$\varpi_{\max}(I_{\text{ЭПМАКС}}) = \frac{1}{c} [K_c * E_{d0} * \cos \delta - (R_{\text{ТП}} - R_{\text{ЦДВ}}) * I_{\text{ЭПМАКС}}],$$

где $\delta = \delta_1 + \delta_2 = 1,8^\circ + 3 = 4,8^\circ$, принимаем $\delta = 5^\circ$

$$\delta_1 = \frac{180 \cdot \varpi_c \cdot t_B}{\pi} = \frac{180 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{3,14} = 1,8 - \text{угол, соответствующий времени}$$

восстановления запирающих свойств вентиля при ($t_B = 100 \cdot 10^{-6} \text{ с}$);

$\delta_2 = (2^0 - 3^0)$ - предельно допустимое значение асимметрии импульсов управления, принимаем $\delta_2 = 3^0$

$$\varpi_{\text{МАКС}}(I_{\text{ЭПМАКС}}) = \frac{1}{3.2} [0.85 * 514 * \cos 5 - (0.0382 - 0.12749) * I_{\text{ЭПМАКС}}]$$

Результаты расчета сведены в таблицу 4

Таблица 4

ω рад/с	136	111,6
$I_{\text{ДВ}}$	0	-875

Определим значение максимального угла управления из условий предельного безопасного инвертирования:

$$\alpha_{\text{МАКС}} = \arccos \left(\frac{2 \cdot R_{\text{ТП}} \cdot I_{\text{ЭПМАКС}}}{K_C \cdot E_{\text{д0}}} - \cos \delta \right) = \arccos \left(\frac{2 \cdot 0.0382 \cdot 875}{0.85 \cdot 514} - \cos 5^0 \right) = 147^0$$

Рассчитываем электромеханическую характеристику разомкнутой системы электропривода при работе преобразователя в инверторном режиме при угле $\alpha_{\text{МАКС}} = 147^0$

$$\varpi_{\text{МАКС}}(I_{\text{ЭПМАКС}}) = \frac{1}{3.2} [0.85 * 514 * \cos 147^0 - 0.16569(-I_{\text{ЭПМАКС}})]$$

В таблицу 5 сведены результаты расчёта электромеханических характеристик при работе преобразователя в инверторном режиме

Таблица 5

ω рад/с	115	160
$I_{\text{ДВ}}$	0	-875

По данным таблиц строятся электромеханические характеристики системы преобразователь-двигатель (см. рисунок 8).

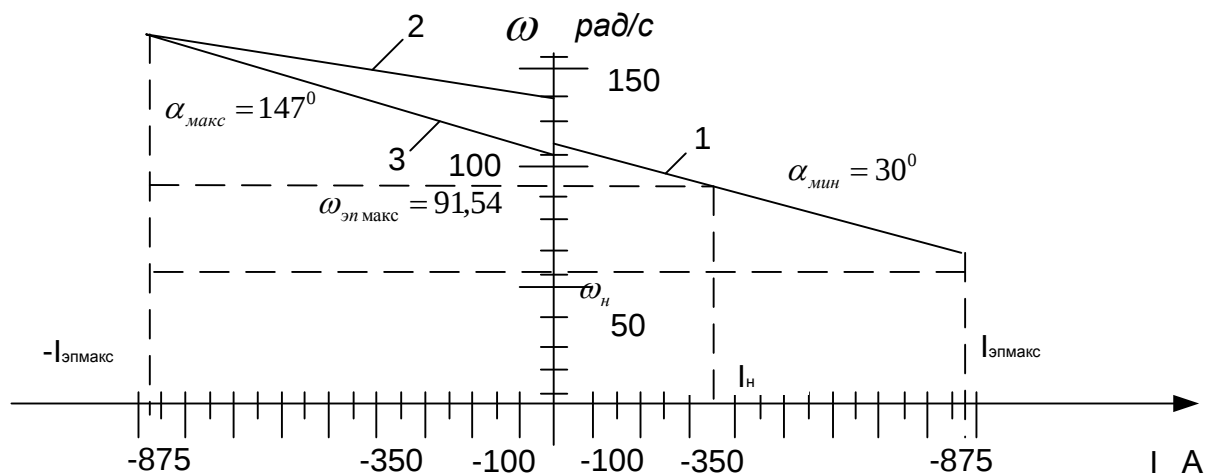


Рисунок 8 – электромеханические характеристики системы ТП-Д

Электромеханические характеристики системы ТП – Д

2.7 Структурная схема силового канала электропривода

Структурная схема силового канала приведена на рисунке 12

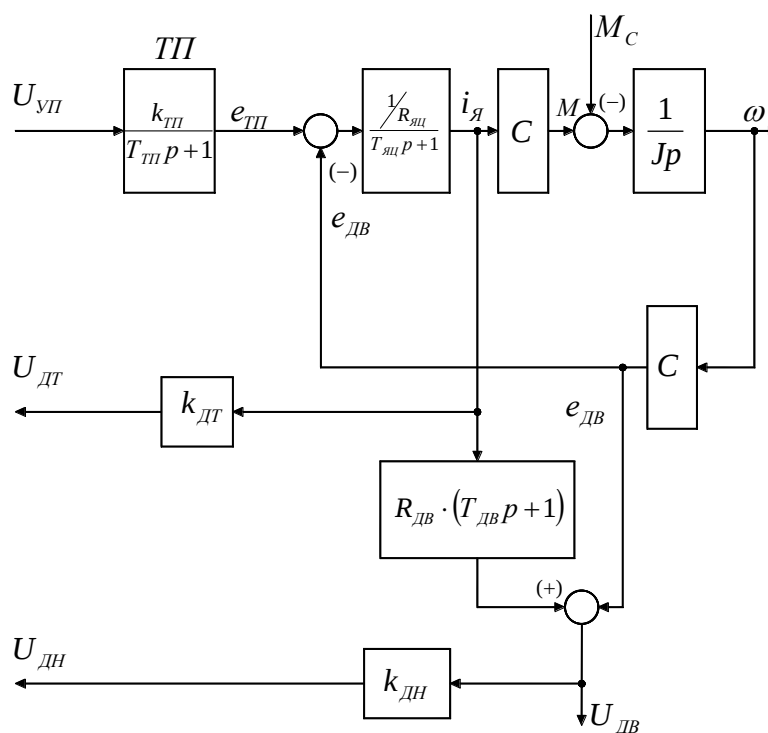


Рисунок 12 - Структурная схема силового канала

Параметры элементов схемы приведены в таблице 8

Таблица 8 – Расчетные значения параметров

К _{ТП}	Т _{ТП} с	R _{яц} Ом	T _{яц} С	С	J кг•м ²	R _{дв} Ом	T _{дв} С	K _{дт} В/А	K _{дн}
76,66	0,00167	0,16569	0,022	3,2	27,75	0,1159	0,029	0,01	0,02

Коэффициент передачи датчика тока

$$K_{дт} = \frac{U_{дтмакс}}{I_{макс}} = \frac{10}{1000} = 0,01 \text{ В/А},$$

где $U_{дтмакс}=10 \text{ В}$ – максимальное значение выходного напряжения;

$I_{макс}=1000 \text{ А}$ – максимальное значение измеряемого тока.

Коэффициент передачи датчика напряжения

$$K_{дн} = \frac{U_{днмакс}}{U_{макс}} = \frac{10}{500} = 0,02 ,$$

где $U_{днмакс}=10 \text{ В}$ – максимальное значение выходного напряжения;

$U_{макс}=500 \text{ В}$ – максимальное значение измеряемого напряжения.

2.9 Структурная схема электропривода вращающегося распределителя шихты

Структурная схема электропривода приведена на рисунке 13.

Структурная схема представляет собой САУ, реализованную по двухконтурной структуре: внутренний контур тока с пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором, внешний контур ЭДС с пропорциональным (П) регулятором.

Передаточная функция П-регулятора ЭДС

$$W_{(p)рз}=K_{рз},$$

где $K_{рз}$ – коэффициент усиления регулятора ЭДС

Передаточная функция входного фильтра

$$W(p)\phi = \frac{1}{T_{\phi}2p+1},$$

где T_{ϕ} – постоянная времени фильтра.

Передаточная функция ПИ – регулятора тока

$$W(p)_{pt} = K_{рт} \frac{T_{рт}p+1}{T_{рт}},$$

где $K_{рт}$ – коэффициент усиления регулятора тока;

$T_{рт}$ – постоянная времени регулятора тока.

Помимо выражений приведённых в передаточных функциях в структурной схеме приняты обозначения:

Дэ-датчик ЭДС;

Кдн – коэффициент датчика напряжения;

Кдэ – коэффициент датчика ЭДС;

$T_{фп}$ – постоянная времени фильтра в обратной связи по ЭДС;

Коэ – коэффициент обратной связи по ЭДС;

Кдт – коэффициент датчика тока;

Кот – коэффициент обратной связи по току;

$J_{э}$ – момент инерции приведённый к валу двигателя;

C – коэффициент ЭДС и момента двигателя;

M_c – статический момент нагрузки;

В общем случае в схеме имеют место задатчики интенсивности:

ЗИС-задатчик интенсивности скорости;

ЗИТ-задатчик интенсивности тока.

Необходимость и параметры которых будут определены при анализе нелинейных САП электропривода.

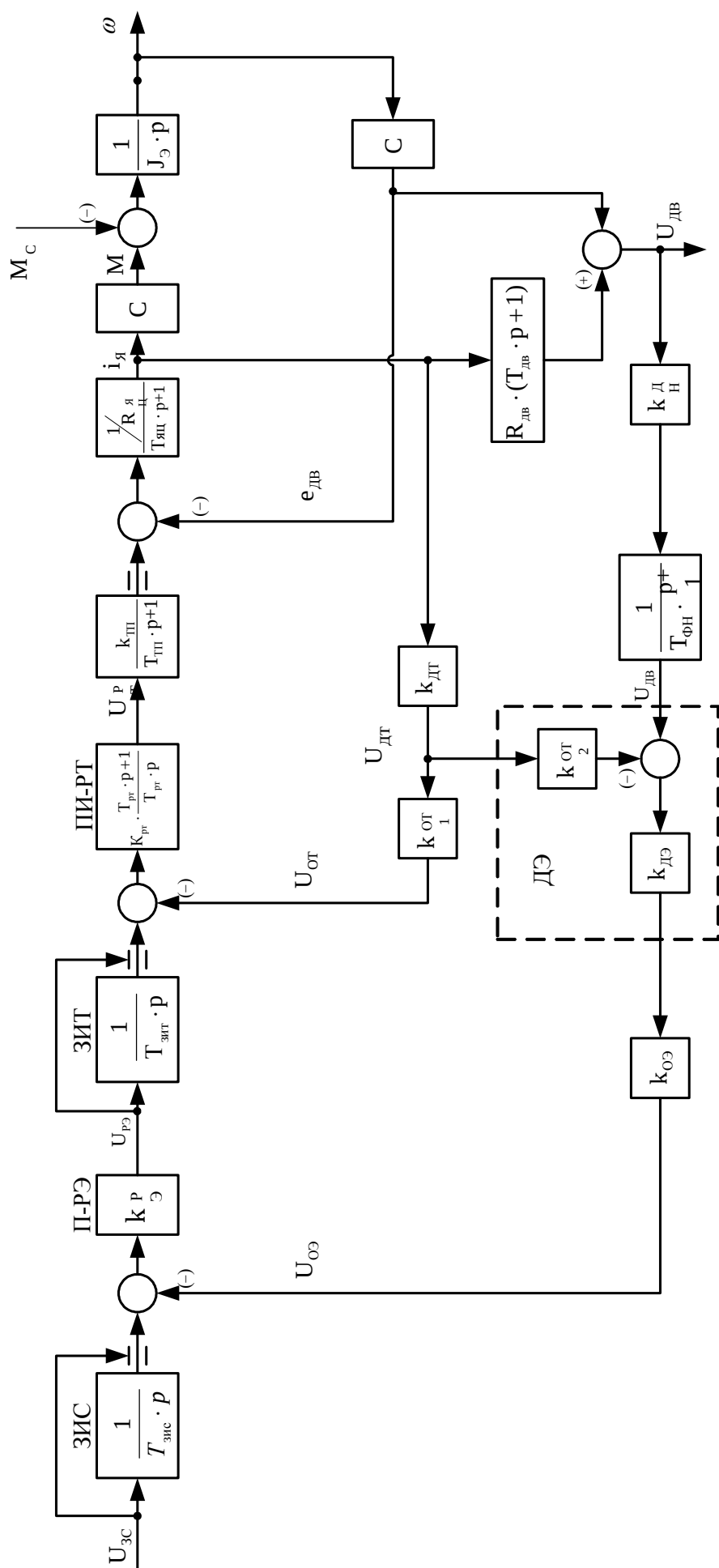


Рисунок -13-Структурная схема электропривода вращающегося распределителя шихты

2.10 Синтез системы автоматического управления электроприводом

Задача синтеза системы автоматического управления следящим электроприводом (САУ ЭП) является в первую очередь задачей динамического синтеза, под которой понимается определение параметров элементов, обеспечивающих требуемые динамические свойства всей системы.

Механика синтеза многоконтурных САУ РЭП хорошо разработана для линейных систем. Методика основана на связи показателей качества САУ с формой логарифмических частотных характеристик (ЛЧХ) разомкнутой системы. Оптимизация допускается за счет приведения асимптотической логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ) разомкнутых контуров положения, скорости и тока к рекомендуемому виду. На рисунке 14 изображена структурная схема линейаризованной САУ РЭП.

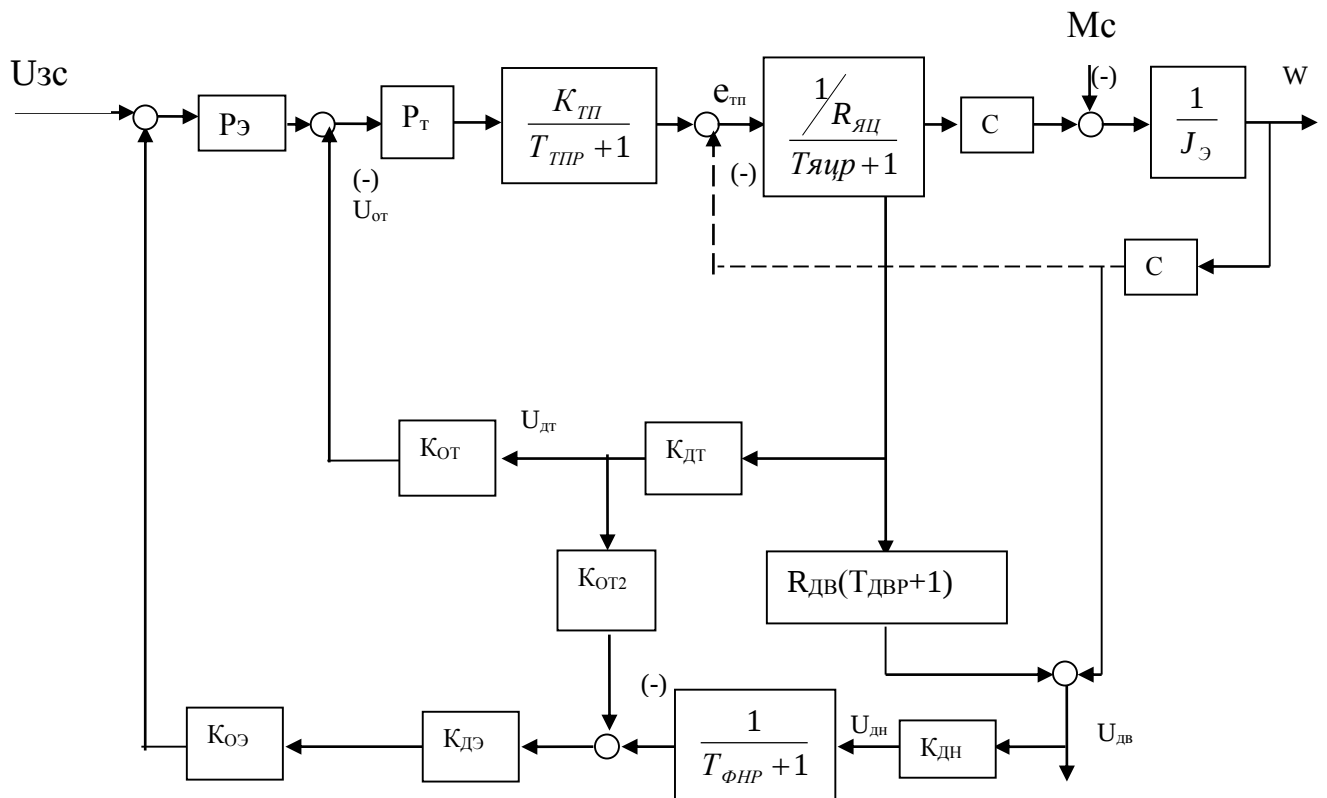


Рисунок 14 – Структурная схема линейаризованной САУ РЭП

Линеаризованная структура САУ РЭП

В электроприводах, к статическим и динамическим характеристикам которые не предъявляются высокие требования, вместо обратной по скорости

используется обратная связь по ЭДС двигателя. Применение обратных связей по ЭДС позволяет избежать трудностей, связанных с измерением скорости при помощи тахогенератора. Широкому распространению структур с обратными связями по ЭДС, способствует простота и надежность в эксплуатации, возможность токоограничения путем ограничения напряжения регулятора ЭДС.

Структура САУ вращающегося распределителя шихты представляет собой двухконтурную систему подчиненного регулирования с П - регулятором ЭДС и ПИ - регулятором тока (однократно - интегрирующая система), которая характеризуется значительной погрешностью скорости.

Оптимизация контура тока

Оптимизация контура тока осуществляется без учета отрицательной обратной связи по ЭДС двигателя, что соответствует режиму работы с заторможенным двигателем. Структурная схема контура приведена на рисунке 15.

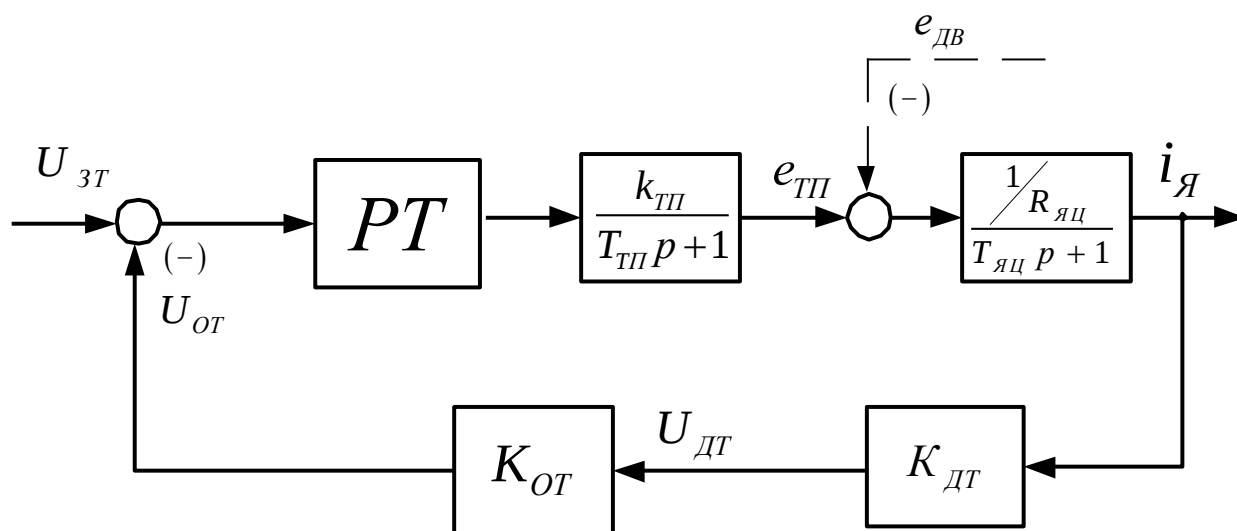


Рисунок 15 – Структурная схема контура регулирования тока

Контур содержит инерционных звена первого порядка с постоянными времени $T_{яц} = 0,022$ с и $T_{ТП} = 0,00167$ с.

Отношение $\frac{T_{яц}}{T_{п}} = \frac{0,022}{0,00167}$ – значительно больше единицы, а следовательно

принимаем $T_{\mu T} = T_{п} = T_2 = 0,00167$ с - эквивалентная малая постоянная времени контура тока;

$T_{PT} = T_{яц} = 0,022$ с - большая постоянная контура тока, которую следует компенсировать.

Контур тока настраиваем на модульный оптимум (МО), с учетом параметров контура выбираем ПИ-регулятор с передаточной функцией

$$W_{(P)PT} = K_{PT} \cdot \frac{T_{PT} \cdot p + 1}{T_{PT} \cdot p}$$

$$\text{где } K_{PT} = \frac{T_{яц} \cdot R_{яц}}{K_{п} \cdot K_T \cdot a_T \cdot T_{\mu T}} = \frac{0,022 \cdot 0,16569}{76,66 \cdot 0,0114 \cdot 2 \cdot 0,00167} = 1,24$$

$a_T = 2$ - коэффициент оптимизации контура тока по МО;

$$K_T = \frac{U_{3T \text{ MAX}}}{I_{ЭП \text{ MAX}}} = \frac{10}{875} = 0,0114 \text{ В/А} - \text{коэффициент обратной связи по току.}$$

$$K_{OT} = \frac{K_T}{K_{дт}} = \frac{0,0114}{0,01} = 1,14 - \text{коэффициент передачи входной цепи обратной связи РТ.}$$

Влияние ЭДС двигателя на работу тока оценивается отношением постоянных времени

$$\frac{T_M}{T_{яц}} = \frac{0,446}{0,022} = 45,$$

где $T_M = \frac{J_{\text{Э}} \cdot R_{яц}}{c^2} = \frac{27,625 \cdot 0,16569}{3,2^2} = 0,446$ с - электромеханическая постоянная времени привода.

В нашем случае это отношение больше единицы, и, значит влияние ЭДС практически не будет проявляться.

Передаточная функция замкнутого оптимизированного контура тока

$$W(p)_{T.ЗAM} = \frac{\frac{1}{K_T}}{\alpha_T \cdot T_{\mu T} \cdot p \cdot (T_{\mu T} \cdot p + 1) + 1} = \frac{\frac{1}{K_T}}{\alpha_T \cdot T_{\mu T}^2 p^2 + \alpha_T \cdot T_{\mu T} p + 1} = \frac{8}{0,000011 p^2 + 0,0034 p + 1}.$$

Ожидаемые показатели работы замкнутого контура тока:

$\sigma = 4,3\%$ – перерегулирование,

$t_{PY1}^{(5)} = 4,1 \cdot T_{\mu T}$ – время первого согласования, с,

$t_{PY2}^{(5)} = 4,1 \cdot T_{\mu T}$ – время переходного процесса, с,

$\omega_{\Pi}^{(M)} = \omega_{\Pi}^{(\Phi)} = \frac{0,71}{T_{\mu T}}$ рад/с – полоса пропускания по модулю и фазе.

Логарифмические частотные характеристики замкнутого контура тока приведены на рисунке 16.

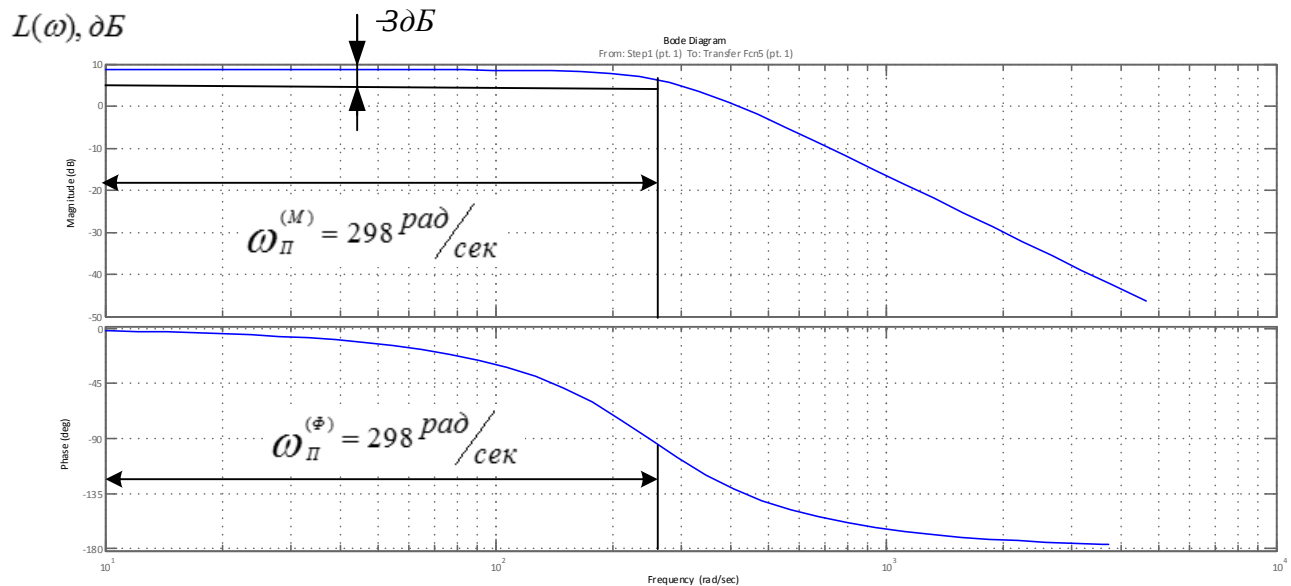


Рисунок 16- Логарифмические частотные характеристики замкнутого контура тока.

Оптимизация контура ЭДС

При отсутствии высоких требований к точности, поддержания скорости для электроприводов без регулирования потока возбуждения применяется обратная связь по ЭДС. Измерение ЭДС производится путем суммирования сигнала, пропорционального напряжению двигателя, с сигналом токовой компенсации, пропорциональным падению напряжения на активном сопротивлении якоря двигателя.

Структурная схема, контура ЭДС приведена на рисунке 17.

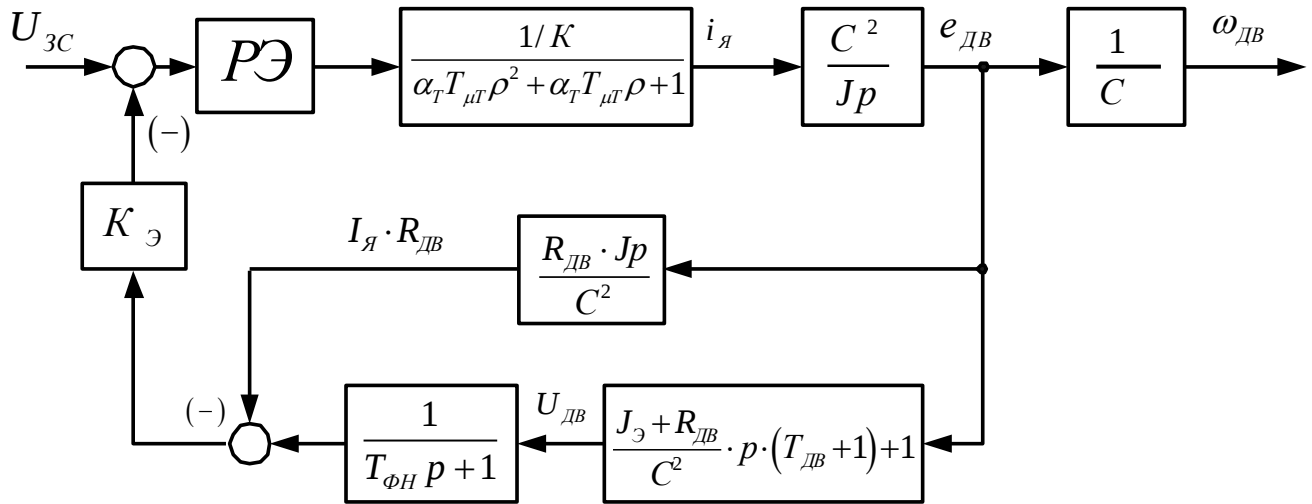


Рисунок 17 - Структурная схема контура ЭДС.

Если в структурной схеме рисунке 17 замкнутый контур тока описать усеченной передаточной функцией и при настройке контура выполнить условие

$$\kappa_{от_2} = \frac{R_{ДВ} \cdot \kappa_{ДН}}{\kappa_{ДТ}} = \frac{0,1159 \cdot 0,02}{0,01} = 0,23,$$

то она преобразуется к виду, показанному на рисунке 18.

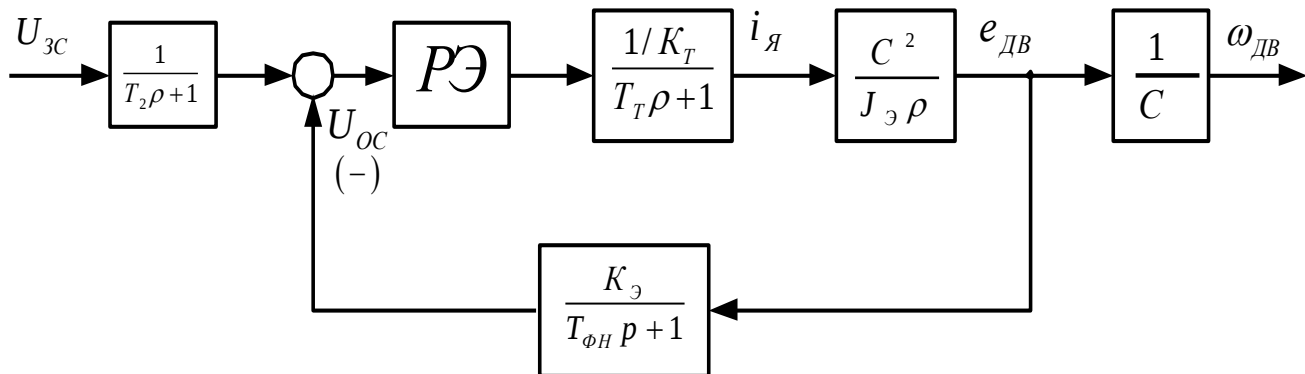


Рисунок 18 Структурная схема линейризованный САУ с обратной связью.

Наличие апериодического звена в цепи обратной связи вызывает необходимость включения на входе системы такого же звена при $T_{ФН} = T_{ДВ}$ для исключения повышенного перегулирования тока при обработке управляющего воздействия.

Поскольку в контуре ЭДС имеется интегрирующее звено, то его можно оптимизировать по техническому (модульному) оптимуму применив П – регулятор с передаточной функцией

$$W(p)_{PЭ} = K_{PЭ},$$

где

$$K_{PЭ} = \frac{J_{Э} \cdot K_T}{K_{Э} \cdot C^2 \cdot \alpha_{Э} \cdot T_{\mu Э}} = \frac{27,625 \cdot 0,0114}{0,034 \cdot 3,2^2 \cdot 2 \cdot 0,03067} = 15$$

– коэффициент усиления регулятора ЭДС;

$$K_{Э} = \frac{U_{3.МАКС}}{E_{ДВ.МАКС}} = \frac{10}{294} = 0,034 \text{ – коэффициент обратной связи по ЭДС;}$$

$T_{\mu Э} = T_T + T_{\Phi Н} = 0,00334 + 0,029 = 0,03067$ – малая постоянная времени контура ЭДС

$$T_T = \alpha_T \cdot T_{\mu Т} = \alpha_T \cdot T_{ТП} = 2 \cdot 0,00167 = 0,00334 \text{ с}$$

– эквивалентная постоянная времени оптимизированного контура тока;

$\alpha_{Э}=2$ – коэффициент оптимизации по МО контура ЭДС;

Коэффициент передачи входной цепи обратной связи регулятора ЭДС

$$K_{ОЭ} = \frac{K_{Э}}{K_{ДЭ} \cdot K_{ДН}} = \frac{0,034}{1 \cdot 0,02} = 1,7.$$

где $K_{ДЭ}=1$ – коэффициент передачи датчика ЭДС.

Передаточная функция замкнутого контура ЭДС, записанная относительно выходной координаты ω .

$$W(p)_{У.ЗАМ} = \frac{\frac{1}{K_{Э} \cdot C}}{\alpha_{Э} \cdot T_{\mu Э} \cdot p \cdot (T_T \rho + 1) \cdot (T_{\Phi Н} \rho + 1)} = \frac{\frac{1}{K_{Э} \cdot C}}{\alpha_{Э} \cdot T_{\mu Э} \rho [(T_T + T_{\Phi Н}) \rho + 1] + 1} = \frac{1}{0,034 \cdot 3,2} \cdot \frac{1}{2 \cdot 0,3067^2 \cdot p^2 + 2 \cdot 0,03067 \cdot p + 1} = \frac{9,19}{p^2 + 0,06134 p + 1}.$$

Из за наличия в системе некомпенсированной постоянной времени $T_{ДВ}$, быстродействие и статическая точность регулирования системы с обратной связью по ЭДС в $\left(\frac{T_T + T_{ДВ}}{T_T} \right)$ раз (при прочих равных условиях) меньше, чем в

системе с обратной связью по скорости. Динамические и статические показатели

системы с обратной связью по ЭДС будут тем ближе к показателям системы с обратной связью по скорости, чем меньше величина $T_{дв}$.

Логарифмические частотные характеристики линеаризованной САУ электропривода, рассчитаны с применением прикладной программы LASH, представлены на рисунке 19.

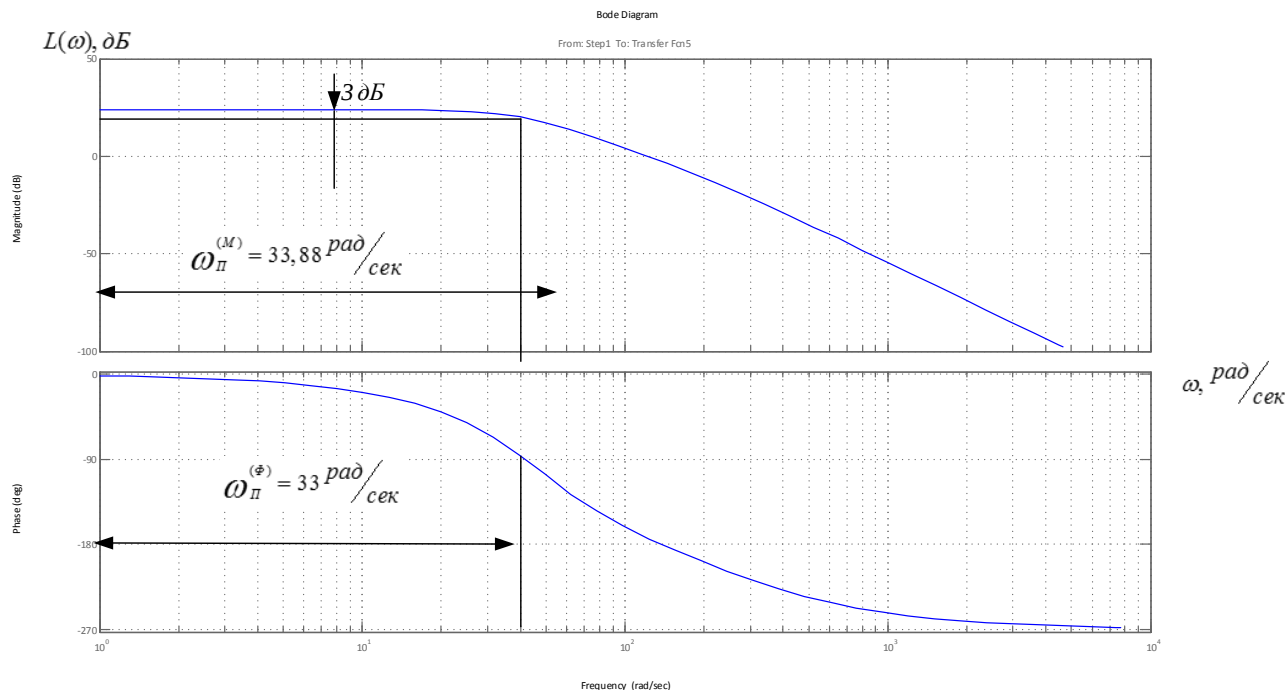


Рисунок 19 –ЛЧХ замкнутого контура ЭДС по управлению

2.11 Структурная схема нелинейной САУ электропривода

Основные нелинейности САУ электропривода привода, которые будут влиять на работу при отработке средних и больших выходных заданий:

- насыщение регуляторов;
- ограничение тока на уровне допустимых значений ;
- ограничение углов управления тиристорного преобразователя, которое в первом приближении может быть учтено как насыщение;
- реактивный характер нагрузки.

На рисунке 20 приведена структурная схема нелинейной САУ электропривода.

Напряжение насыщения регуляторов принимаем на уровне ± 10 В.

Ограничение тока электропривода осуществляется ограничением выходного напряжения регулятора РЭ

$$U_{РЭ} = K_T \cdot I_{ЭПМАКС} = 0,0114 \cdot 875 = 9,975 \text{ В.}$$

Максимальное значение ЭДС преобразователя определяется минимальным углом управления

$$E_{ТПМАКС} = E_{d0} \cdot \cos \alpha_{\min} = 514 \cdot 0,8657 = 445 \text{ В.}$$

Характер нагрузки – реактивный, величина момента полезной нагрузки мало изменяется. Параметры элементов структурной схемы приведены в таблице 9

Таблица 9 – Параметры элементов структурной схемы

T_2	$K_{РЭ}$	$K_{РТ}$	$T_{РТ}$	$K_{ТП}$	$T_{ТП}$	$1/R_{яц}$	$R_{яц}$	$T_{яц}$	C	$K_{ОТ2}$
с			с		с		Ом	с	$\frac{В \cdot с}{рад}$	
0,0016 7	15	1,2 4	0,02 2	76,6 6	0,0016 7	6,04	0,1656 9	0,02 2	3,2	0,23

Продолжение таблицы 9

J	$R_{ДВ}$	$T_{ДВ}$	$K_{ДТ}$	$K_{ДН}$	$T_{ФН}$	$K_{ДЭ}$	$K_{ОЭ}$	$K_{ОТ}$	$E_{ТПМАКС}$
$кг \cdot м^2$	Ом	с							В
27,75	0,1159	0,029	0,01	0,02	0,029	1	1,7	1,14	445

2.12 Расчет переходных процессов в нелинейной САУ РЭП

Переходные процессы рассчитываются и строятся методом имитационного моделирования при помощи программ Матлаб, где тиристорный преобразователь представлен непрерывным звеном и REPSEP–2, которая позволяет учитывать дискретность тиристорного преобразователя. Полный перечень параметров, вводимых в программу REPSEP–2, приведен в приложении А.

На рисунках 21 и 22 представлены графики переходных процессов без задатчиков интенсивности в цепи управления. Тиристорный преобразователь представлен непрерывным устройством.

Анализируя графики можно сказать следующее, что в системе отсутствует колебательность. Ограничение тока происходит на уровне 875 А.

Для повышения и регулирования плавности протекания переходных процессов в электроприводе введен задатчик интенсивности скорости ЗИС, а для уменьшения скорости нарастания тока-задатчик интенсивности тока ЗИТ. В результате чего при использовании задатчиков интенсивности время переходного процесса увеличилось, но достигается требуемая плавность пуска механизма. Графики переходных процессов с задатчиками скорости и тока приведены на рисунке 23.

На рисунках 24, 25 приведены переходные характеристики в нелинейной САУ РЭП с тиристорным преобразователем, представленным дискретным устройством. При этом переходные процессы не отличаются от переходных процессов, которые происходят в системе с непрерывным преобразователем.

Для моделирования типовых элементов движения цикла работы механизма произведено моделирование с использованием программы Матлаб. Схема набора модели приведена в приложении В. Переходные процессы, полученные с помощью моделирования в среде Матлаб приведены на рисунке 26.

Таким образом, спроектированный электропривод обеспечивает следующие показатели качества :

- плавный пуск;
- отсутствия перерегулирование $\delta = 0 \%$.

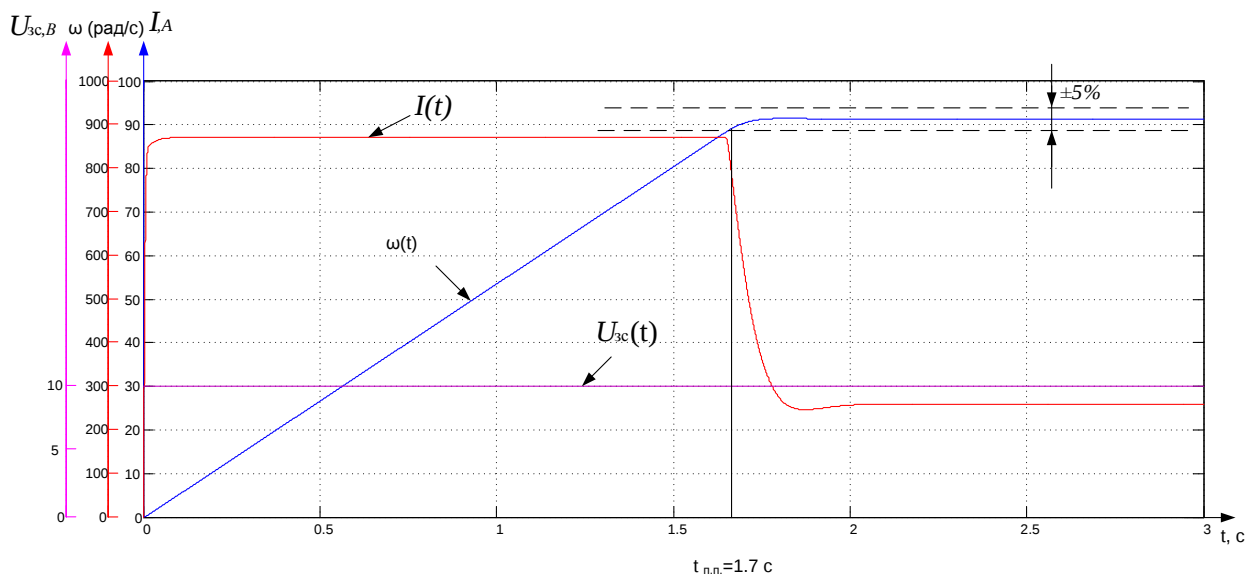


Рисунок 21 – Переходные процессы в нелинейной САУ РЭП без задатчика интенсивности в цепи управления $U_{баз}=10V$.

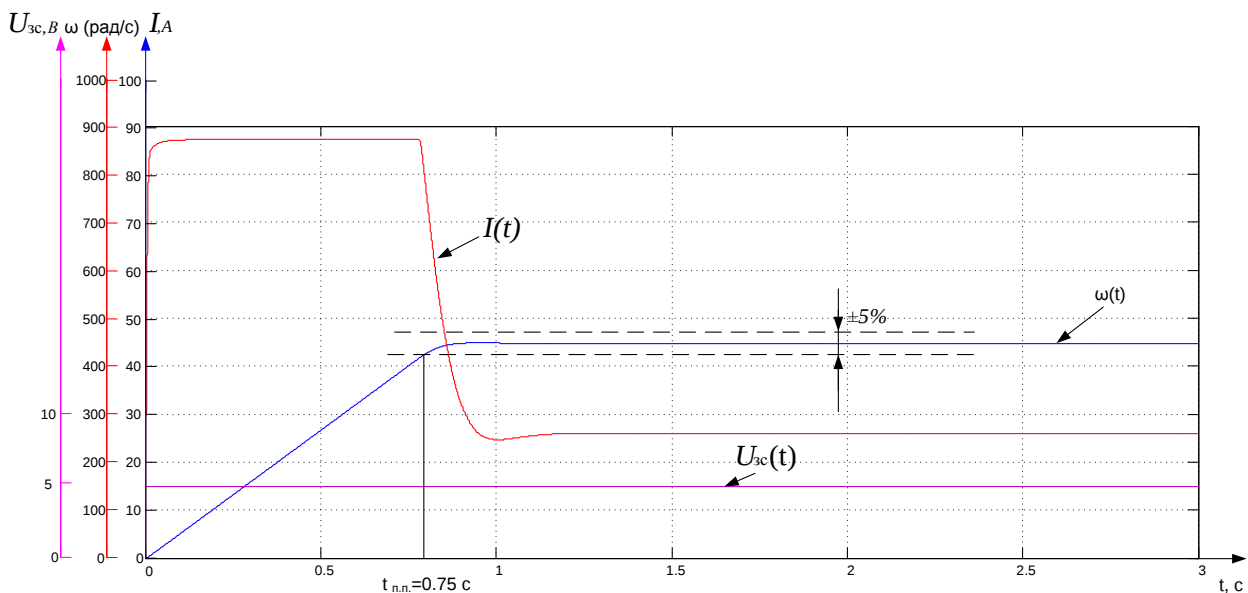


Рисунок 22- Переходные процессы в нелинейной САУ РЭП без задатчика интенсивности в цепи управления $U_{баз}=5V$.

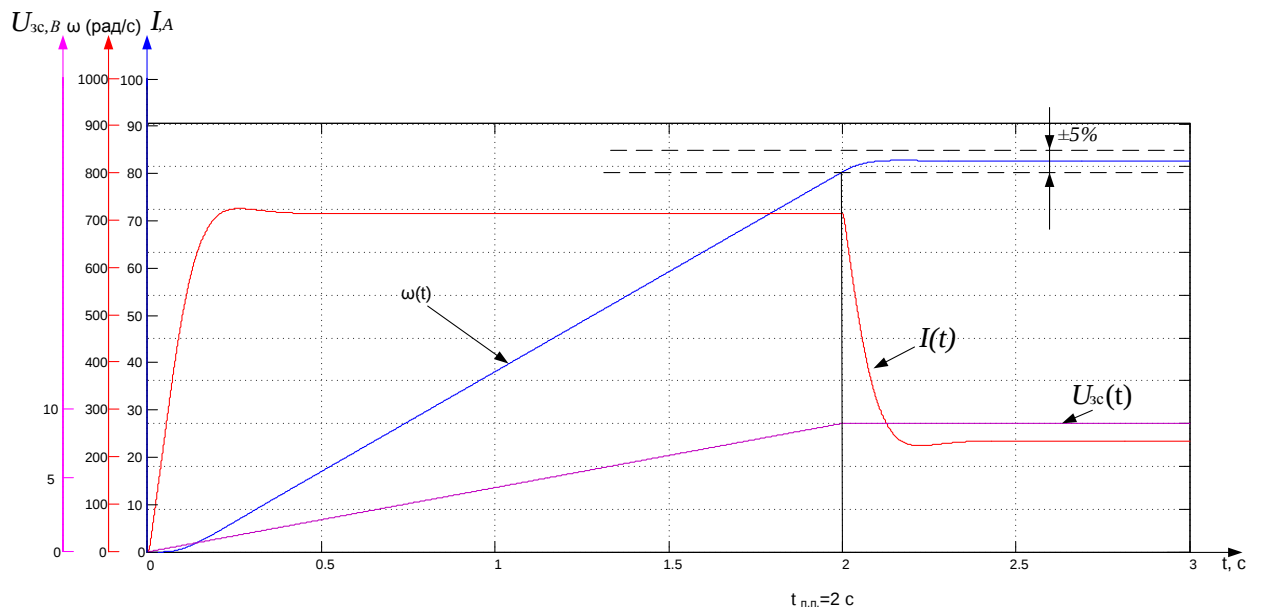


Рисунок 23- переходные процессы в нелинейной САУ РЭП с задатчиком интенсивности в цепи управления $U_{\text{баз}}=10\text{В}$.

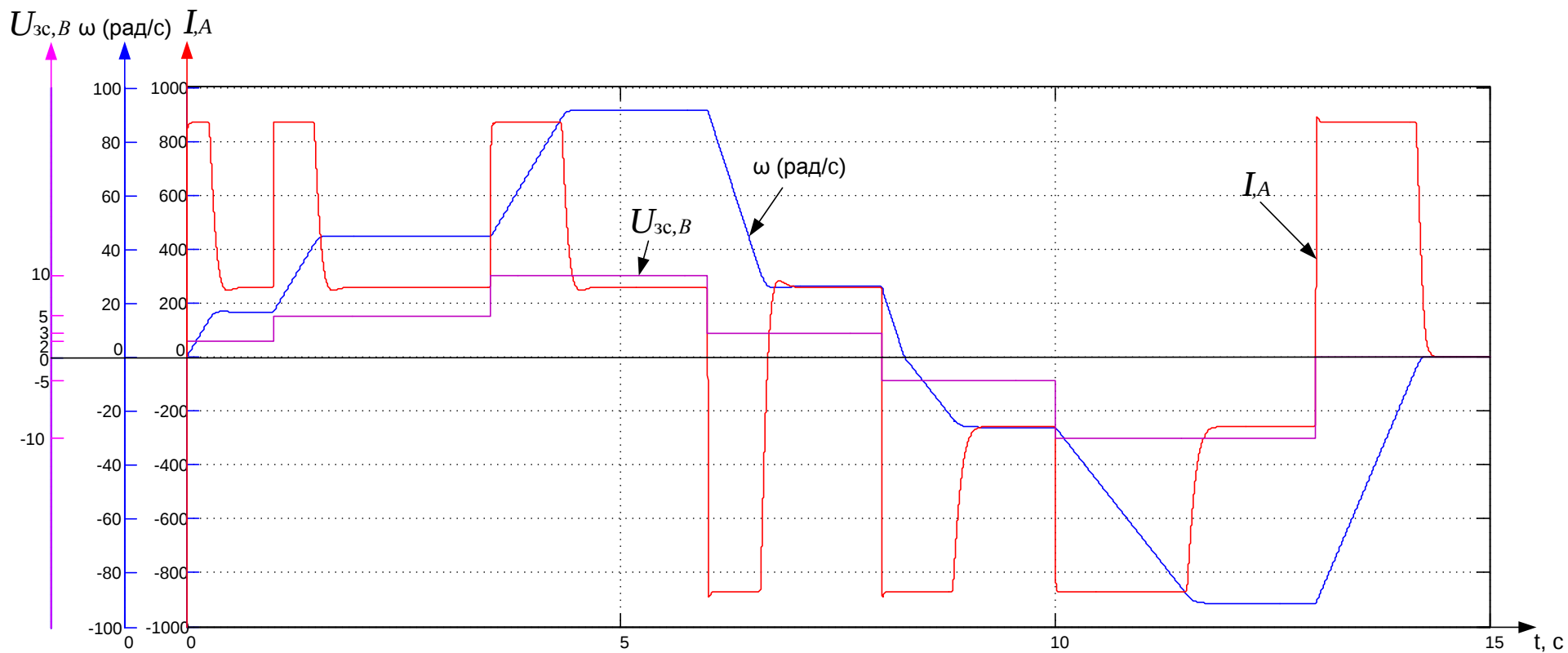


Рисунок 26 – Диаграмма работы вращающегося распределителя шихты

2.13 Расчет статических электромеханических характеристик

Приводной двигатель ВРШ управляется по цепи обмотки якоря регулированием напряжения при постоянном потоке, следовательно, механические и электромеханические характеристики привода совпадают. Механические характеристики при различном напряжении на якоре двигателя представлены на рисунке 31.

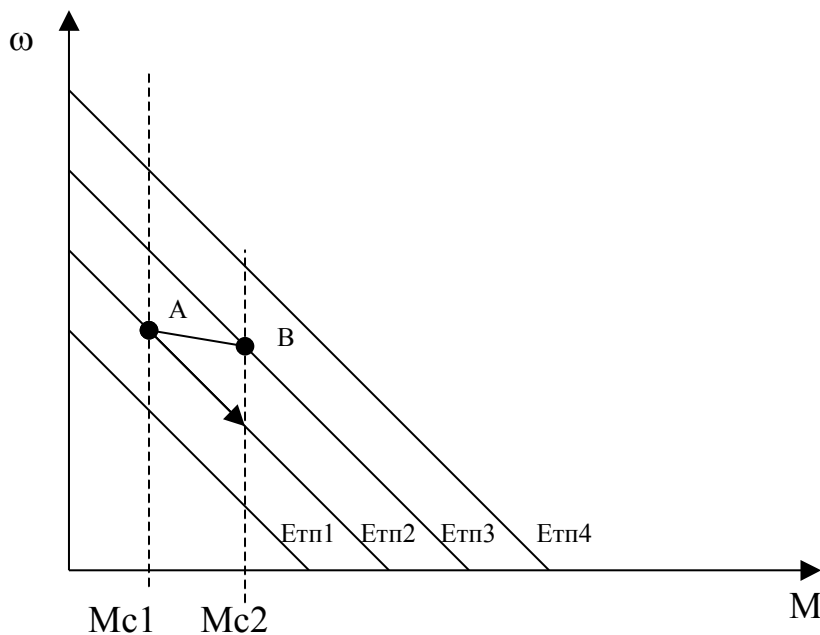


Рисунок 30 - Механические характеристики электродвигателя при регулировании напряжения на якоре

Предположим что двигатель работает на характеристике $E_{тп2}=\text{const}$ с нагрузкой $M_{с1}$, в точке А. Предположим, также, что нагрузка возросла и стала равной $M_{с2}$. В первый момент скорость двигателя падает. Уменьшается сигнал пропорциональный ЭДС двигателя (Едв.), так как:

$$E_{дв}=C * \omega$$

где: C – коэффициент ЭДС и электромагнитного момента двигателя;

ω - угловая скорость двигателя.

В реальном электроприводе сигнал пропорциональный ЭДС двигателя формируется более сложно, с помощью двух датчиков – напряжения якоря двигателя и тока якоря двигателя. Однако в любом случае если система

настроена правильно сигнал по ЭДС двигателя, при постоянном потоке, пропорционален скорости двигателя.

Если в первом приближении не учитывать сигнал обратной связи по току ($U_{от}$), действующий на вход регулятора тока, то ЭДС тиристорного преобразователя ($E_{тп}$) можно определить:

$$E_{тп} = (U_{зс} - U_{оэ}) * K_{рэ} * K_{рт} * K_{тп}$$

где: $K_{рэ}$ – коэффициент передачи регулятора ЭДС;

$K_{рт}$ - коэффициент передачи регулятора тока (для ПИ регулятора, в статике, равен собственному коэффициенту усиления операционного усилителя);

$K_{тп}$ - коэффициент передачи тиристорного преобразователя;

$U_{зс}$ – напряжение задания скорости;

$U_{оэ}$ – напряжение обратной связи по ЭДС.

Как следует из (2) уменьшение сигнала обратной связи по ЭДС приводит к увеличению ЭДС тиристорного преобразователя. Привод переходит на характеристику $E_{тп3}$ в точку В, и т.д. В результате формируется характеристика замкнутой системы более жесткая, чем характеристики разомкнутой системы.

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

$$U_{урэ} = U_{зс} - U_{оэ};$$

$$U_{оэ} = (U_{дв} * K_{дн} - K_{дт} * K_{от2} * I_{дв}) * K_{дэ} * K_{оэ};$$

$$U_{рэ} = K_{рэ} * U_{урэ};$$

$$U_{урт} = U_{рэ} - U_{от};$$

$$U_{от} = K_{дт} * K_{от} * I_{дв};$$

$$U_{рт} = K_{рт} * U_{урт};$$

$$E_{тп} = K_{тп} U_{рт};$$

$$U_{тп} = E_{тп} -$$

$$I_{дв} * R_{тп};$$

$$U_{тп} = U_{дв};$$

$$U_{дв} = E_{дв} + I_{дв} * R_{дв},$$

где: $U_{урэ}$ – напряжение управления регулятора ЭДС;

$K_{дт}$ – коэффициент передачи датчика тока;

$K_{от2}$ – коэффициент обратной связи по току в контуре регулятора ЭДС;

$I_{дв}$ – ток якоря двигателя;

$U_{дв}$ – напряжение на якоре двигателя;

$K_{дн}$ - коэффициент передачи датчика напряжения якоря двигателя;

$K_{дэ}$ - коэффициент передачи датчика ЭДС;

$K_{оэ}$ - коэффициент обратной связи по ЭДС;

$U_{рэ}$ – выходное напряжение регулятора ЭДС;

$U_{от}$ – напряжение обратной связи по току двигателя;

$K_{от1}$ - коэффициент обратной связи по току в контуре регулятора тока;

$U_{рт}$ – выходное напряжение регулятора тока;

$U_{тп}$ - выходное напряжение тиристорного преобразователя;

$R_{тп}$ – эквивалентное сопротивление тиристорного преобразователя;

$E_{дв}$ – противо ЭДС обмотки якоря двигателя;

$K_{дв} = 1/C = 0,3058$ - коэффициент передачи двигателя.

Структурная схема силовых цепей для режима стабилизации скорости приведена на рисунке 32.

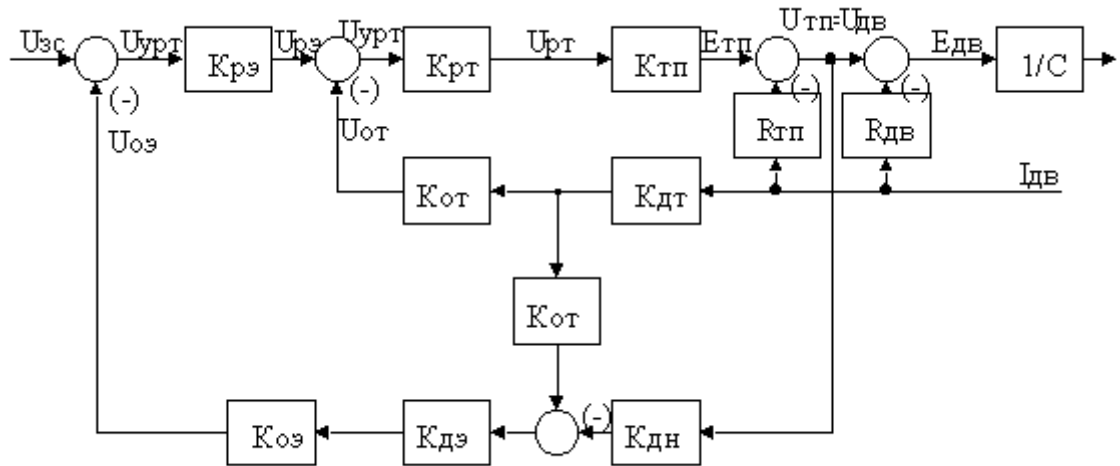


Рисунок 32 - Структурная схема силовых цепей для режима стабилизации скорости

Решив систему уравнений относительно угловой скорости двигателя ω найдем выражение для электромеханической характеристики $\omega(I)$.

$$\begin{aligned} \omega(I) = & \frac{K_{дв} * K_{тп} * K_{рт} * K_{рэ} * U_{зс}}{1 + K_{тп} * K_{рт} * K_{рэ} * K_{дэ} * K_{оэ} * K_{дн}} - \\ & - I_{дв} * K_{дв} * \left(\frac{R_{яц} + K_{тп} * K_{рт} * K_{рэ} * K_{дэ} * K_{оэ} * K_{дн} * R_{дв}}{1 + K_{тп} * K_{рт} * K_{рэ} * K_{дэ} * K_{оэ} * K_{дн}} \right) - \\ & - I * K_{дв} * \left(\frac{K_{тп} * K_{рт} * K_{дт} * K_{от1} - K_{тп} * K_{рт} * K_{рэ} * K_{дэ} * K_{оэ} * K_{дт} * K_{от2}}{1 + K_{тп} * K_{рт} * K_{рэ} * K_{дэ} * K_{оэ} * K_{дн}} \right) \end{aligned}$$

Подставив численные значения параметров, и преобразовав уравнение, получим

$$\omega = 9,101 U_{зс} - 10,00363.$$

Рассчитаем электромеханические характеристики электропривода для найденных ранее численных значений параметров и различных задающих напряжений. Результаты расчетов сведем в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчет электромеханических характеристик
электропривода

U_{3c}, B	$\omega_0, \text{рад/с}$	$\omega_n, \text{рад/с}$
1	9,101	7,829
5	45,505	44,233
10	91,01	89,738

Графики электромеханических характеристик приведены на рисунке 33.

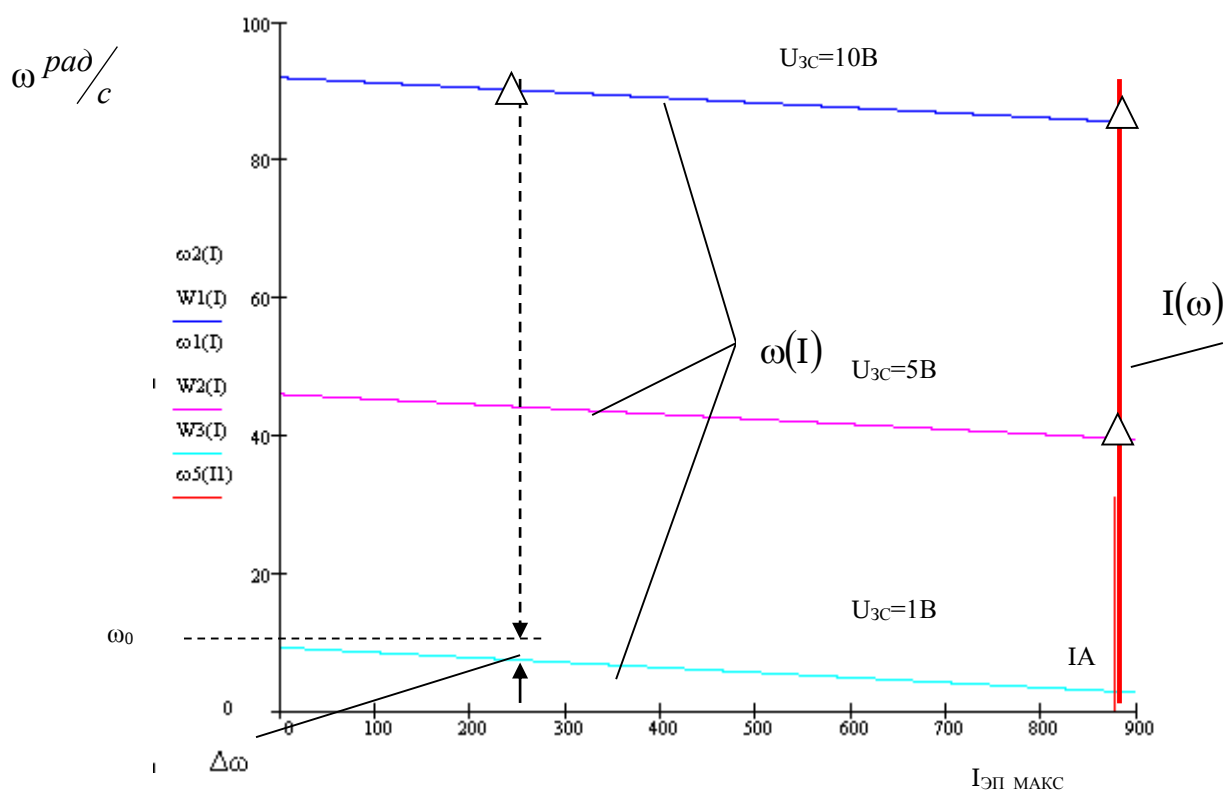


Рисунок 33 - Электромеханические характеристики при различном напряжении на якоре двигателя

При увеличении нагрузки скорость двигателя падает а напряжение управления регулятора ЭДС растет. Как только оно достигнет значения $10/K_{рэ}$ регулятор ЭДС входит в насыщение. Отрицательная обратная связь по ЭДС отключается, стабилизация скорости в электроприводе

прекращается. В схеме управления электроприводом остается действующей отрицательная обратная связь по току двигателя. Его структурная схема для режима стабилизации тока приведена на рисунке 34.

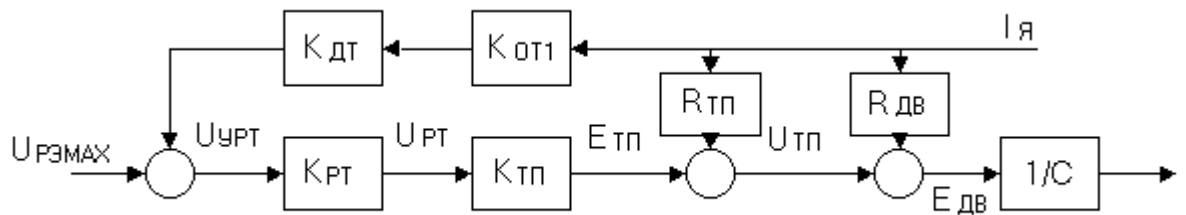


Рисунок - 34 - Структурная схема силового канала электропривода для режима стабилизации тока

На рисунке 34 приняты следующие обозначения: $U_{рэн}$ – напряжение насыщения регулятора ЭДС.

Составим систему уравнений, которые описывают работу электропривода в режиме стабилизации тока двигателя в статике:

$$U_{урэ} = U_3 - U_{оэ};$$

$$U_{рэ} = U_{урэ} * K_{рэ};$$

$$U_{урт} = U_{рэ} - U_{от1};$$

$$U_{рт} = U_{урт} * K_{рт};$$

$$E_{тп} = U_{рт} * K_{тп};$$

$$U_{тп} = E_{тп} + I_{дв} * R_{тп};$$

$$U_{тп} = U_{дв};$$

$$U_{дв} = E_{дв} + I_{дв} * R_{дв};$$

$$E_{дв} = C * \omega_{дв}.$$

Решив систему уравнений относительно угловой скорости двигателя ω найдем выражение для электромеханической характеристики $\omega(I)$ в режиме ограничения тока.

$$\omega = \frac{K_{тп} * K_{рт} * U_{ррэ}}{C} - I_{од} * \frac{(R_{яя} + K_{тп} * K_{рт} * K_{дт} * K_{от1})}{C}$$

Ток стопорения двигателя найдем при $\omega = 0$.

$$I_{cc} = \left(\frac{K_{mn} * K_{pm} * U_{ppэ}}{C} \right) / \left(\frac{R_{я} + K_{mn} * K_{pm} * K_{\partial m} * K_{om1}}{C} \right) =$$

$$= \left(\frac{76,6 * 40000 * 10}{3,27} \right) / \left(\frac{0,104 + 76,6 * 40000 * 0,02 * 0,57}{0,57} \right) = 877,19.$$

С целью подтверждения полученных расчетных характеристик был проведен выборочный расчет точек электромеханических характеристик с помощью программы METALL. Для фиксированных значений задающего напряжения и нагрузки на валу двигателя найдены установившиеся значения скорости. Результаты имитационного моделирования приведены на рисунке 33 в виде треугольников. Результаты расчетов моделирования совпали полностью.

Найдем погрешность поддержания скорости двигателя для каждой из рассчитанных характеристик по формуле:

$$\delta = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0} \cdot 100\%$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 11

Таблица 11 – Погрешность расчетов

U _з , В	%
1	13,97
5	2,79
10	1,397

Из анализа результатов расчетов следует, что исследуемая система обеспечивает поддержание скорости в рабочем диапазоне нагрузок – не более 15%, что соответствует требованиям технического задания.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4А2	Нуруллаев Жамшид Рузикулович

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость затрат технического проекта (ТП): материально-технических, энергетических.	Для проекта необходимо два человека (Руководитель, дипломник) Затраты на материальные ценности определяются согласно прейскуранта. Заработная плата рассчитывается в соответствии с окладами сотрудников
2. Продолжительность выполнения ТП	По приблизительной оценке, продолжительность ТП составляет 100 рабочих дня.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка потенциала и перспективности реализации технического проекта (ТП) с позиции ресурсоэффективности	Потенциал и перспективность реализации ТП оценивается проведением SWOT-анализа, а ресурсоэффективность ТП с помощью интегральной оценки ресурсоэффективности.
2. Планирование графика работ по реализации ТП	При использовании графика работ по реализации ТП используется оценка трудоёмкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным составляется ленточная диаграмма Ганта.
3. Составление сметы ТП	При составлении сметы ТП используется следующая группировка затрат по статьям; - материальные затраты - полная заработная плата исполнителей - отчисления во внебюджетные страховые фонды - накладные расходы

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.02.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, отделение социально-гуманитарных наук	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4А2	Нуруллаев Жамшид Рузикулович		

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Составление SWOT-анализа работы площадки доменной печи на ЗСМК (Западно-Сибирский металлургический комбинат);
- Планирование технико-конструкторских работ;
- Определение ресурсной эффективности проекта.

3.1 SWOT-АНАЛИЗ по электрооборудованию и электроприводу механизма распределения шихты доменной печи

SWOT – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта, которые помогают оценить возможности, угрозы сильных и слабых сторон [24].

Для того что бы найти сильные и слабые стороны проведем SWOT–анализ. Он проводится в несколько этапов.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Составление предварительной матрицы SWOT

	Сильные стороны проекта С1: Низкая цена элементов схемы С2: Высокая надёжность электроснабжения потребителей С3: Высокая эргономичность С4: Низкая материалоемкость С5: Высокая ремонтпригодность	Слабые стороны проекта Сл1. Надежность электроснабжения Сл2. Доступность токоведущих частей Сл3: Низкая безопасность Сл4: Низкая энергоэффективность
Возможности В1: Прокладка кабелей в эстакадах В2: Снижение расходов на используемое оборудование В3: Повышение стоимости конкурентных разработок В4: Растущая заинтересованность инвесторов	В1С1; С3; С5 В2С1 В3С1 В4С1	В1Сл1; Сл2; Сл3 В4Сл3; Сл4
Угрозы У1: Значительное увеличение стоимости схемы У2: Повышение цен на компоненты системы У3: Усовершенствования конкурентных технических решений У4: Снижение спроса	У1С1 У2С1; С4	 У3Сл3; Сл4 У4Сл2; Сл3; Сл4

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

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+, -) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).

Анализ интерактивных матриц, приведен в таблицах 13 и 14.

Таблица 13 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
	C1	C2	C3	C4	C5
B1	+	+	+	+	+
B2	+	-	-	+	+
B3	+	-	-	-	-
Возможности	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
B1	+	+	+	-	
B2	-	-	-	-	
B3	-	-	-	-	
B4	-	-	+	+	

Таблица 14 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
	C1	C2	C3	C4	C5
У1	+	-	-	-	-
У2	+	-	-	+	-
У3	-	-	-	-	-
У4	-	-	-	-	-
Угрозы	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
У1	-	-	-	-	
У2	-	-	-	-	
У3	-	-	+	+	
У4	-	+	+	+	

В результате проведения SWOT – анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны технического проекта:

- Риск снижения спроса – одна из основных угроз проекта, которая коррелирует со всеми его слабыми сторонами;
- Слабые стороны ликвидируемы за счет усовершенствования конструкции схемы;
- Для минимизации угроз необходимо обратить внимание на недостатки данной конфигурации сети электроснабжения, а именно доступность токоведущих частей, низкая энергоэффективность и ремонтпригодность;
- Кроме того, необходимо акцентировать внимание на сильные стороны проекта, такие как экономичность, надёжность и эргономика;

- Прокладка кабелей в эстакадах – одно из наиболее весомых технических решений, относящихся к возможностям проекта, т.к. оно взаимосвязано с большинством сильных сторон;

- За счёт модификации схемы, а именно использования такого способа прокладки кабелей, как прокладка в эстакадах, можно скомпенсировать такие слабости, как доступность токоведущих частей и низкая безопасность;

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что прокладка в эстакадах позволит получить наибольшую отдачу от данного проекта. Благодаря прогрессирующим разработкам в области электроэнергетики и электротехники, совершенствованию конструкций аппаратуры и энергоэффективности материалов негативные факторы могут быть минимизированы.

3.2 Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования системы электроснабжения площадки рудодобывающего.

3.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ:

№ 1 – Ознакомление с производственной документацией – включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к проекту, составление задания и плана;

№ 2 – Подбор и изучение материалов по теме – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия – расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм;

№ 4 – Календарное планирование работ – составление плана работ, необходимых для выполнения технического проекта.

№ 5 – Выбор трансформаторов подстанций – выбор защитной аппаратуры, подбор трансформаторов согласно картограммы нагрузок;

№ 6 – Выбор оборудования необходимо произвести выбор оборудования из изученных ранее источников. Данная работа формируется из приводного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, частотного преобразователя.

№ 7 – Выбор способа регулирования скорости – выбор оптимального способа регулирования для электропривода.

№ 8 – Оценка эффективности полученных результатов – проверка соответствия выполненного проекта исходным требованиям с учетом ресурсо- и энергоэффективности;

№ 9 – Составление пояснительной записки – оформление результатов проектной деятельности;

№ 10 – Проверка выпускной квалификационной работы руководителем - в рамках учебно-практической работы, включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником.

№ 11 – Подготовка к защите ВКР – подготовка презентации, согласование с преподавателем для защиты перед аттестационной государственной комиссией.

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проектирования.

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов [24]. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

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

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

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

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

Таблица 15 – Расчёт продолжительность работ чел.-дн.

№	Название Работы	Трудоёмкость работ, чел-дни					
		Минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i-ой работы		Максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной i-ой работы		Ожидаемая трудоёмкость выполнения i-ой работы	
		Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	7		5
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	1	19	1	23	1	21
4	Построение картограммы нагрузок и определения ЦЭН	1	17	1	25	1	20
5	Выбор трансформаторов подстанций	1	14	1	21	1	17
6	Расчёт внутривозводской сети предприятия	1	3	1	6	1	4
7	Моделирование электроснабжения площадки доменной печи	1	14	1	18	1	16
8	Оценка эффективности полученных результатов	1	6	1	8	1	7
9	Составление пояснительной записки	-	3	-	12	-	7
10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	1	-	1	-	1	-
11	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	1	2	3	4	2	3

3.2.3 Разработка графика проведения технического проекта

В рамках планирования технического проекта необходимо построить ленточный график проекта.

Диаграмма Ганта – представляет собой ленточную диаграмму, которая имеет две шкалы: шкала выполняемых задач и временная шкала. В соответствии со сроком, отведенным по проекту каждой задаче, он откладывается на временной шкале[24].

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР. На основе таблицы 15 строим план-график проведения работа (таблица 16)

Продолжительность выполнения технического проекта заняла 116 календарных дней и 100 рабочих дней, из них:

90 дней – продолжительность выполнения работ дипломника;

10 дней – продолжительность выполнения работ научный руководителя.

Таблица 16 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исполнители	T_{pi} , раб. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Ознакомление с производственной документацией	Руководитель	1	-												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	5	-												
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Руководитель	1			-										
		Дипломник	21	-	-	-										
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Руководитель	1					-								
		Дипломник	20			-	-									
5	Выбор трансформаторов подстанций	Руководитель	1							-						
		Дипломник	17					-	-	-						
6	Расчёт внутризаводской сети предприятия	Руководитель	1								-					
		Дипломник	4							-						
7	Моделирование эл. снабжения площадки доменной печи	Руководитель	1										-			
		Дипломник	16								-	-				
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1											-		
		Дипломник	7									-	-			
9	Составление пояснительной записки	Дипломник	7											-	-	
10	Проверка ВКР руководителем	Руководитель	1												-	
11	Подготовка к защите ВКР	Руководитель	1													-
		Дипломник	3													-

3.3 Расчёт затрат на осуществление технического проекта

Целью планирования себестоимости проведения технического проекта является экономически обоснованное определение величины затрат на его выполнение. Исходными данными для расчета затрат является план работ и перечень требуемой аппаратуры, оборудования, сырья и материалов.

Затраты на осуществление технического проекта рассчитываются по следующим статьям расходов с последующим суммированием:

- расходы на оплату труда;
- отчисления во внебюджетные страховые фонды;
- расходы на материалы и комплектующие изделия;
- расходы на спецоборудование;
- накладные расходы.

3.3.1 Расчет материальных затрат технического проекта

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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

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

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

К материальным затратам можно отнести: бумага, ручка, корректор, USB-накопитель, блокнот, линейка, мульти фора.

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Зм), руб.
Бумага	Лист	150	2,5	375
Ручка	Шт.	1	60	60
USB накопитель	Шт.	1	304	304
Линейка	Шт.	1	85	85
Мульти фора	Шт.	11	2	22
Блокнот	Шт.	1	100	100
Корректор	Шт.	1	54	54
Итого:				1000

3.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается полная заработная плата научного руководителя и студента, которая рассчитывается по формуле:

$$З_{п} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = Т_{р} \cdot З_{дн} ,$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$Т_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м}}{Д_{мес}} ,$$

где: $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$Д_{мес}$ – количество рабочих дней, раб. дн.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	Месячный основной оклад работника руб.	Средняя заработная плата работника руб.	Продолжительность работ, выполняемых работником раб. дн.	Основная заработная плата одного работника руб.
Руководитель	33664	43763	1683	10	16830
Бакалавр	12300	15990	615	100	61500
Итого $Z_{осн}$:					78330

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают оплату при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

Таблица 19 – Расчет полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы. $k_{доп}$, руб	Основная заработная плата одного работника $Z_{осн}$, руб.	Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$, руб.	Полная заработная плата $Z_{п}$, руб.
Руководитель	15%	16830	2525	19300
Бакалавр	12%	61500	7380	68900
Итого:				88200

3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.)

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{внеб} = 0,302 \cdot 88,2 = 26,6 \text{ тыс. руб}$$

3.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: амортизация активам, расходы, связанные с рекламой и т.д. Их величина составляет 16% от общей суммы затрат на проектирование.

3.3.5 Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования сметы затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение сметы затрат на технический проект приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Смета затрат технического проекта

Наименование раздела	Сумма, тыс. руб	Структура затрат, %
1. Материальные расходы	1,0	0,7
2. Затраты по полной заработной плате исполнителей ТП	82,2	64,3
3. Отчисления во внебюджетные фонды	26,6	19,0
4. Накладные расходы	22,2	16,0
5. Итого	138,0	100,0

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 100 раб. дней для дипломника и 10 раб. дней для научного руководителя. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 138,0 тыс.руб, из которых более половины (64 %) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

3.3.6 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле [24]:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к системе электроснабжения промышленных предприятий:

1.Эргономичность: оптимальная условия труда с целью увеличения производительности и сохранения сил, времени, энергии, работоспособность и здоровья человека;

2.Ремонтопригодность: долговечности и увеличения срок эксплуатации электроустановки;

3.Безопасность: обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;

4.Обеспечение надлежащего качества электроэнергии: качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13109-97;

5.Надежность: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды;

6.Простота и удобство в эксплуатации: возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам электрооборудования на предприятии;

7.Энергоэффективность: использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 21.

Таблица 21 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Эргономичность	0,13	4
2. Ремонтопригодность	0,16	5
3. Безопасность	0,14	5
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии	0,18	5
5. Надежность	0,15	4
6.Простота и удобство в эксплуатации	0,09	4
7.Энергоэффективность	0,15	5
Итого:	1,00	4,6

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

$$I_p = 4 \cdot 0,13 + 5 \cdot 0,16 + 5 \cdot 0,14 + 5 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,09 + 5 \cdot 0,15 = 4,6$$

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

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства.

- при планировании технических работ был разработан график занятости для трех исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителя.

- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта.
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,6 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность производства площадки доменной печи путем улучшения энергоэффективности, энергосбережения при внедрении более универсального оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4А2	Нуруллаев Жамшид Рузикулович

Школа	Инженерная школа энергетики (ИШЭ)	Отделение	Кафедра электропривода и электрооборудования (ЭПЭО)
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: Электропривод механизма распределения шихты доменной печи	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является электропривод вращающегося распределителя шихты доменной печи в Доменном цеху ОАО «ЗСМК»
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Организационные вопросы обеспечения безопасности в рабочей зоне для электротехнического персонала
2. Производственная безопасность . Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. . Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	1. Анализ следующих вредных факторов: - Запыленность и вентиляция - Шум и вибрация; - Отклонение показателей микроклимата; - Недостаточная освещенность рабочей зоны. 2. Анализ следующих опасных факторов: - Возможность получения травм в следствии: а) движения машин и механизмов; б) движение производственного материала; в) выброса горячего шлака из-под зажигательного горна. - Поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия на атмосферу: выбросы загрязняющих веществ в результате деятельности данного цеха. Анализ воздействия на гидросферу: образование сточных вод..
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее типичная ЧС для рассматриваемого цеха – пожар. Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС, действий во время ЧС и для ликвидации её последствий
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3- 5Г4А2	Нуруллаев Жамшид Рузикулович		

4. Социальная ответственность

В данном проекте рассматривается электропривод вращающегося распределителя шихты доменной печи на основе преобразовательного устройства типа КТЭ-500/440-131-УХЛ4.

Распределитель шихты служит для устранения неравномерности распределения материалов по окружности доменной печи объемом 3000 мЗ.

Работы, выполняемые при пуско-наладочных работах и последующей эксплуатации электропривода вращающегося распределителя шихты:

- настройка электропривода;
- настройка путевого;
- снятие осциллограмм;
- прокрутка механизма;
- техническое обслуживание электропривода;
- работы по устранению аварий;
- планово-предупредительные работы.

Электропривод работает при постоянном выпрямленном токе до 875 А и номинальном выпрямленном напряжении 440 В. питание силовых цепей и цепей управления осуществляется от общей энергосети доменного цеха напряжением 380 В. качество питания соответствует [1].

4.1 Правовые и организационные вопросы безопасности

По действующим правилам (ПУЭ п. 1.1.13) все помещения делятся по степени опасности поражения людей электрическим током на три класса:

- без повышенной опасности;
- с повышенной опасностью;
- особо опасные.

К помещениям без повышенной опасности относятся сухие, беспыльные помещения с нормальной температурой воздуха, с изолирующими (например,

деревянными) полами, в которых отсутствуют заземленные предметы или их очень мало. К помещениям с повышенной опасностью относятся помещения:

- сырые, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75%;
- жаркие, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура воздуха превышает постоянно или периодически (более 1 суток) 35°С;
- пыльные, с токопроводящей пылью, в которых по условиям производства выделяется токопроводящая технологическая пыль;
- с токопроводящими полами - металлическими, земляными, железобетонными, кирпичными и тому подобное, в которых возможно одновременное прикосновение человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и тому подобное, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, с другой.

К особо опасным относятся помещения:

- особо сырые, то есть помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100%;
- с химически активной или органической средой, содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

С учетом представленных выше условий и факторов помещение службы СРЗА и ПА относится к помещениям с повышенной опасностью.

Техника безопасности при выполнении пуско-наладочных работ должна соответствовать [3]. Важную роль в обеспечении безопасности труда для электротехнического персонала играют электротехнические средства защиты и предохранительные приспособления. Электрозащитные средства подразделяются на основные и дополнительные.

К дополнительным средствам относятся:

- изолирующие средства для ремонтных работ под напряжением до и выше 1000 В (диэлектрические боты, коврики и т.п.);
- индивидуальные экранирующие средства;
- переносные заземления;

- временные ограждения;
- предупредительные плакаты.

К основным относятся:

- изолирующие клещи;
- электроизмерительные указатели напряжения;
- монтажный инструмент с изолированными ручками;
- диэлектрические перчатки;
- изолирующие штанги.

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции в электроустановках потребителей должно быть предусмотрено заземление. Заземляющие устройства электроустановок должны соответствовать требованиям [3] и обеспечивать условия безопасности людей и защиты электрооборудования, а также эксплуатационные режимы работы. Защитное действие выносного заземления обусловлено только малой величины его сопротивления. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом в электроустановках до 1000 В.

4.2. Производственная безопасность

Анализ опасных и вредных факторов при выполнении работ

Запыленность и вентиляция

Санитарными нормами предусмотрено, технологические процессы и производственное оборудование принимать такими, чтобы отсутствовали или были минимальными выделения в воздух помещений, в атмосферу и в сточные воды вредных и пахнущих веществ, тепла и влаги, а также пыли. Борьбе с пылью следует уделять внимание уже на стадии проектирования производственных помещений, проектирования технологического оборудования, станков и инструмента, с тем, чтобы они обеспечивали беспыльность технологических процессов. Одним из основных мероприятий по оптимизации параметров микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях является обеспечение надлежащего воздухообмена.

Чтобы создать в производственных помещениях нормальные метрологические условия, удалить из них вредные пары и газы, пыль необходимо правильно спроектировать и надлежащим образом эксплуатировать вентиляционную систему (ГОСТ 12.4.021-80).

Работа вентиляционных систем в комплексе с выбором технологических процессов и производственного оборудования, отвечающего требованиям ГОСТ 12 – 1. 005 – 83, должна создавать на постоянных рабочих местах, в рабочей и обслуживаемой зонах помещений метеорологические условия и чистоту воздушной среды, соответствие действиям санитарных норм.

Проветривание помещений проводят, открывая форточки и фрамуги в окнах и световых фонарях; это периодически действующая естественная вентиляция. В производственных помещениях, где допустима небольшая кратность воздухообмена, устанавливают вытяжные трубы или шахты, наружная часть которых располагается под крышей. В целях повышения эффективности воздухообмена через вытяжные трубы или шахты на них устанавливают дефлекторы. Дефлекторы, обеспечивая удаление воздуха из помещения за счёт теплового напора, дополнительно увеличивают эффект вытяжки воздуха из помещения за счёт действия силы ветра. Преимуществами естественной вентиляции простота устройства и незначительная стоимость эксплуатации, возможность хорошего проветривания больших производственных помещений с избыточными тепловыделениями. Недостатками являются отсутствие возможности подогрева и увлажнения воздуха, очистки его от пыли и подачи его к определённым рабочим местам. Механическая вентиляция более совершенна по сравнению с естественной, но требует значительных количественных вложений и эксплуатационных затрат. Механическая вентиляция обеспечивает забор поступающего воздуха из мест, где он наиболее чист; допускает обработку воздуха – его нагрев, увлажнение или подсушку; позволяет отводить воздух к любому рабочему месту или оборудованию, а также и удалять его с очисткой. Проточная вентиляция обеспечивает подачу производственное помещение чистого воздуха. Вытяжная вентиляция может применяться в производственных помещениях, в которых отсутствуют вредные выделения и необходима малая кратность воздухообмена, во

вспомогательных и бытовых помещениях, на складах. Приточно-вытяжная вентиляция применяется во всех производственных помещениях, когда требуется повышенный и особо надёжный обмен воздуха.

Во избежание механических травм все вращающиеся части механизма должны быть ограждены, а также спецодежда электроперсонала должна быть в исправном состоянии и застегнутая на все пуговицы.

Во избежание получения ожога на рабочем месте, например, от работающего паяльника, должно выполняться:

- порядок на рабочем месте;
- удобная для работы поза;
- внимательность работающего персонала;
- ознакомления с инструкциями по охране труда.

Шум

Источником шума в доменном цехе являются: технические средства, устройства кондиционирования воздуха, преобразователи напряжения, электрооборудования, а также цеха находящиеся в непосредственной близости к доменному цеху.

По [17] предусматривается обеспечение благоприятных условий труда, повышение производительности, предупреждение нарушения слуха и гипертонической болезни. В таблице 22 приведены уровни звукового давления на рабочем месте.

Таблица 22 -Уровни звукового давления

Вид трудовой деятельности на рабочем месте	Среднегеометрические частоты октавных полос в Гц								Уровни звука, дБ*А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Уровни звукового давления, дБ								
Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами	83	74	68	63	60	67	55	54	65
--	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Вибрация

Исходя из требований [15] на персонал воздействует транспортно-технологическая вибрация категории 2. В таблице 18 приведены санитарные нормы одно-числовых показателей вибрационной нагрузки на оператора для смены длительностью 8 часов.

Таблица 18 – Санитарные норма вибрационной нагрузки

Вид вибрации	Категория	Виброускорение		Виброскорости	
		м/с ²	дБ	мс-1*10-2	дБ
Общая	2	0,25	109	0,56	101

В таблице 19 приведены санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки категории 2 на персонал, которые соответствуют стандарту.

Таблица 19 – Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки

Среднегеометрическая частота, Гц	Виброускорение		Виброскорости	
	м/с ²	дБ	мс-1*10-2	дБ
2	0,4	112	3,5	117
8	0,3	110	0,63	102
16	0,57	115	0,56	108
32	1,13	121	0,56	101
63	2,25	127	0,56	101

Для борьбы с вибрациями в цехе применяются виброгасящие фундаменты. А использование дистанционного управления позволяет решить проблему защиты людей от этого вредного фактора.

Микроклимат

Работы, выполняемые в доменном цехе, относятся к физическим работам средней тяжести. Поэтому существенное значение для санитарно-гигиенической характеристики доменного цеха имеют метеорологические условия в цехе. Метеорологические условия в доменном цехе определяются температурой, влажностью, пылью и подвижностью воздуха.

В соответствии с [26] площадь на одного человека в помещении должна не меньше 4,5 м² и объем не менее 15 м³. воздухообмен должен соответствовать не менее 20 м³/ч. метеорологические условия для рабочей зоны устанавливаются в соответствии с [19].

Оптимальный микроклимат в помещении оператора и машинного зала поддерживается с помощью принудительной вентиляции и кондиционирования, и также отопления согласно [20-22].

Работы, проводимые в помещении оператора относятся к легкой категории тяжести. В таблице 20 приведены параметры микроклимата на рабочем месте оператора и машинном зале.

Обеспечением частоты воздуха и нормальным метеорологических условий в помещении также является устранение таких вредных факторов как пыль. Пыль доменного цеха в основном составляет графитная пыль. Размер пыли колеблется в широких пределах: крупные фракции быстро оседают, а мелкие длительное время находятся в воздухе и отрицательно влияют на организм человека. Для борьбы с пылью используют следующие средства:

- а) различного рода фильтры;
- б) оросители и пылесосы.

Таблица 20 – Параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ	t, °С допустимая на постоянных рабочих местах	t, °С оптимальная	Влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
				Опт.	Доп.	Опт.	Доп.
Холодный	Легкая-1а	25-21	22-24	40-60	75	0,1	< 0,1
Теплый	Легкая-1а	28-22	23-25	40-60	75	0,1	0,1-0,2

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны:

- оксид углерода-20 мг/м³;
- графитная пыль-6 мг/м³;
- коксовая и каменноугольная пыль-6 мг/м³.

Для предотвращения влияния вредных веществ на организм человека применяются дистанционные методы управления технологическим процессом.

Физические опасные и вредные производственные факторы

Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума; повышенный уровень вибраций; повышенный уровень инфразвуковых колебаний; повышенный уровень ультразвука; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряженность электрического поля; повышенная напряженность магнитного поля; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная яркость света; пониженная контрастность; прямая или отраженная блескость; повышенная пульсация светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола).

Наличие в доменных цехах большого количества механизмов, транспортных и грузоподъемных средств создает определенную опасность для обслуживающего персонала.

Травматизм возникает при неправильной организации работ, несогласованности действий персонала, отсутствие ограждений, блокировок, сигнализаций, предохранительных приспособлений, несоблюдении габаритов и неисправности механизмов.

Вращающиеся части машин и инструмента могут нанести удар рабочему, захватить его спецодежду или рукавицы. Например, в доменных цехах бывают случаи травм рук при установке бура в машину, предназначенную для вскрытия чугуновой

летки. Причина этих травм – несогласованность действий горнового, устанавливающего бур, и горнового, включающего механизм.

Расчет искусственного освещения помещения оператора.

Нормальная освещенность рабочего места зависит от характера работ и составляет согласно [23] для помещения оператора 400 ЛК при системе общего освещения.

Основные требования к производственному освещению:

1. на рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени;
2. необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности, а также в пределах окружающего пространства;
3. в поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная блескость;
4. величина освещенности должна быть постоянной во времени;
5. следует выбирать необходимый спектральный состав света;
6. все элементы осветительных установок светильники, групповые щетки, понижающие трансформаторы, осветительные сети должны быть долговечными, электробезопасными, а также не должны быть причиной возникновения пожара или взрыва;
7. установка должна быть удобной и простой в эксплуатации, отвечать требованиям эстетики.

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятиях обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность труда в значительной мере зависят от освещённости.

Помещение, по возможности, должно освещаться естественным светом, так как он оказывает благоприятное влияние на психику. Если естественного освещения недостаточно, то необходимо применять искусственное освещение от различных светильников.

Для расчёта искусственного освещения в помещении оператора воспользуемся методом изложенным в [12]. Применяя данный метод, можно определить освещённость горизонтальной поверхности с учётом света, отражённого стенами и потолком.

Как было указано выше, для помещения оператора принимаем освещённость равную 400 лк.

Исходными данными для расчёта являются:

- ширина помещения $A=10$ м;
- длина помещения $B=6$ м;
- высота помещения $H=7$ м;
- в помещении установлены светильники типа ОД-2-80;
- напряжение сети 220В;
- коэффициент запаса $K=1,5$

Определим число светильников, для этого найдём высоту подвеса светильника H_p над рабочей поверхностью:

$$H_p = H - h_c - h_p = 7 - 1 - 1 = 5 \text{ м}$$

где $H = 7$ м – высота помещения;

$h_p = 1$ м – высота рабочей поверхности;

$h_c = 1$ м – высота подвеса светильника.

Эскиз расположения светильников по высоте помещения в соответствии с полученными данными приведён на рисунке 35.

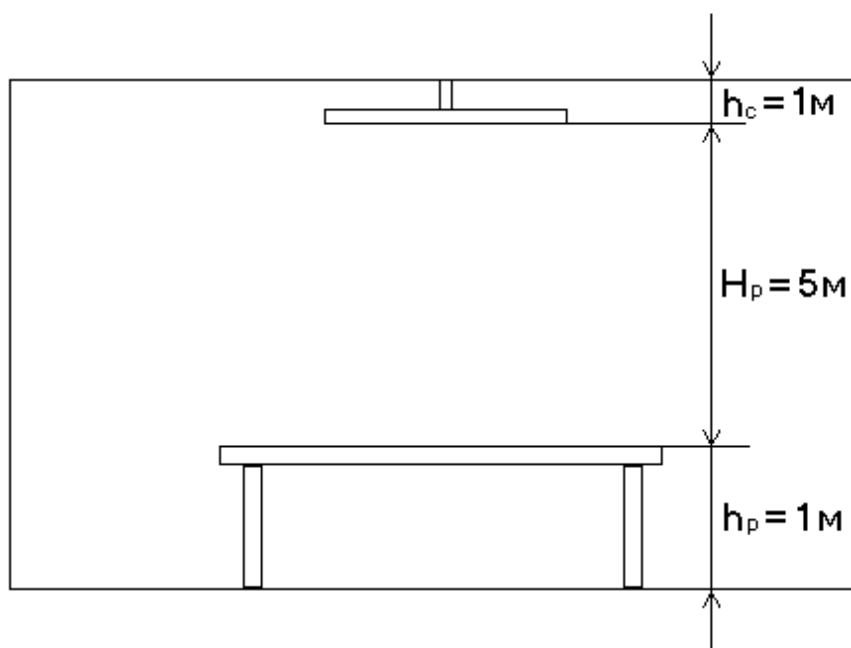


Рисунок 35 – размещение светильников по высоте помещения.

Пользуясь таблицей 7.2 приведённой в [12] определяем значение удельной мощности для напряжения 220 В и $K = 1,5$:

$$P = 32 \text{ Вт/м}^2$$

Мощность осветительной установки определяется как:

$$p = p \cdot S,$$

где: S -площадь помещения.

$$S = A \cdot B = 10 \cdot 6 = 60 \text{ м}^2,$$

Определим мощность осветительной установки:

$$p = 32 \cdot 60 = 1920 \text{ Вт}$$

Определим число светильников:

$$n_c = \frac{p}{n \times p_{\text{л}}},$$

где: $n = 2$ – число ламп в светильнике;

$P_{\text{л}} = 80 \text{ Вт}$ – мощность одной лампы.

$$n_c = \frac{1920}{2 \times 80} = 12 \text{ шт.}$$

Величина светового тока находится по формуле:

$$F = \frac{E \times K \times S \times Z}{n_c \times \tau},$$

где: F - поток каждой из ламп в мм;

$E = 400 \text{ ЛК}$ – минимальная освещенность;

$K = 1,5$ – коэффициент запаса;

$S = 60 \text{ м}^2$ – площадь помещения;

$n_c = 12 \text{ шт.}$ – число светильников;

$Z = 1,15$ – отношение средней освещенности к минимальной;

$\tau = 40 \%$ - коэффициент использования светового потока, то есть отношение потока, падающего на расчетную поверхность к суммарному потоку всех ламп.

Находим величину светового потока. При этом надо учитывать, что в одном светильнике устанавливаются две лампы. Значит, световой поток будет в два раза больше.

$$F = \frac{400 \times 1,5 \times 60 \times 1,15}{2 \times 12 \times 0,4} = 4313 \text{ ЛМ.}$$

По полученному потоку в [12] подбираем мощность лампы для работы на напряжение 220 В. Наиболее подходящей лампой является лампа типа ЛБ (люминесцентные лампы) мощностью 80 Вт и величиной светового потока равным 4320 ЛМ, что обеспечит возможность нормальной производственной деятельности человека сохранность его зрения и центральной нервной системы и безопасность труда.

4.3 Экологическая безопасность

Процесс производства чугуна в доменном цехе сопровождается образованием больших количеств вредных веществ, таких как:

- оксид углерода – при ведении технологического процесса, от недожога топлива в печи;
- сернистый ангидрид – при использовании содержащих серу шихты;
- оксид азота – при всех процессах сжигания топлива;
- взвешенные вещества или графитная пыль.

Накопление вредных веществ в окружающей среде оказывает влияние как на растительный и животный мир, так и на человека и приводит к нарушению нормальных жизненных условий. ПДВ вредных веществ регламентируется [18]. Размер вредных выбросов доменного цеха в 2008 г. приведен в таблице 21.

Таблица 21-Размер вредных выбросов в 2008 г.

Величина показателей	Пыль,	Диокси серы, Т/год	Оксид углерод Т/год	Оксид железа, Т/год	Оксид кальция Т/год	Итого
Нормативная	221,0	216	1296,1	143,9	2,8	1879,8
Фактическая	218,4	216,1	1294,5	139,8	2,38	1871,1

К числу источников неорганизованных выбросов в атмосферу в доменном цехе относятся: подбункерная эстакада, колошниковое устройство, литейный двор, а к числу организованных – дымовые трубы воздухонагревателей и систем аспирации.

Основные загрязнители воздуха в доменном цехе: пыль и СО, хотя не исключено попадание в атмосферу и некоторых других вредных соединений, таких как NO₂, SO₂, H₂S и другие.

Наличие в доменном цехе аспирационных систем в подбункерных помещениях с мокрой очисткой отсасываемого воздуха от пыли, центральных вытяжных станций на литейных дворах доменных печей, оснащенных сухими газоочистными устройствами, а также внедрение на всех доменных печах систем подавления выбросов из меж конусного пространства, позволило существенно сократить поступление вредных веществ в атмосферу.

Вряд ли можно признать полностью удовлетворительным и состояние утилизации вторичных энергетических ресурсов в доменном производстве.

По этой причине в ближайшие годы предусматривается установка на всех доменных печах газо-утилизационных бес компрессорных турбин, использующих потенциальную энергию доменного газа, а также устройств по использованию тепла охлаждения футеровки доменных печей для подогрева доменного газа и воздуха для горения, поступающих в воздухонагреватели.

Улучшение основных технико-экономических показателей процесса выплавки чугуна на "ЗСМК" должно способствовать намеченной на ближайшую перспективу внедрение технологии вдувания пылеугольного топлива на всех доменных печах. Помимо весомых преимуществ при получении чугуна, это позволит сократить примерно 0,5 млн. Т в год потребления кокса, что, в свою очередь приведет к уменьшению его производства на "ЗСМК" и пропорциональному снижению вредных выбросов на коксохимическом производстве.

Образующие в доменном производстве сточные воды составляют 15 % от общего количества по предприятию в целом. Сточные воды содержат взвешенные вещества. Поэтому в доменном цехе имеется оборотная система водоснабжения. Сточные воды очищаются в 4-х радиальных отстойниках и перед повторным использованием в производственных нуждах охлаждают воду на вентиляционной градирне. Использование воды регламентируется [24]. ПДК взвешенных частиц в воде должна составлять 100 мг/л. До очистки концентрация взвешенных частиц

составляет от 250 до 400 мг/л, а после очистки в пределах 90 мг/л, что соответствует предельно допустимой концентрации.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее типичные ЧС для доменного цеха является ЧС технического характера:

- 1) Пожары;
- 2) Взрывы;
- 3) Аварии.

Газы, применяемые в образующемся доменном производстве, легко воспламеняемы, что может вызвать их возгорание и взрывы.

Взрывы происходят при смешивании газа с воздухом в определенных соотношениях. Во всех случаях они являются следствием неправильных действий персонала или неисправности оборудования. Взрывы могут происходить: в доменной печи, межконусном пространстве, трубопроводах, воздухонагревателях, пылеуловителях, воздуходушных машинах, скрубберах, горновом желобе при сушке, теплушках, отапливаемых газом помещениях, где может накапливаться газ.

Кроме газовых взрывов, в доменных цехах возможны взрывы, вызванные жидкими продуктами плавки (чугуном и шлаком). Эти взрывы происходят при взаимодействии влаги с расплавленным металлом и шлаком. Они сопровождаются сильным звуком, разбрасыванием большого количества брызг и искр, что может привести к тяжелым травмам. Такие взрывы являются следствием неправильных действий горновых, разливщиков, ковшевых и др.

Пожарная безопасность

Доменный цех отличается повышенной пожарной опасностью, так как он характеризуется сложностью производственных установок, значительным количеством твердых сгораемых материалов, большой освещенностью электроустановками, а также работой с расплавленным металлом. В производстве

проводится работа по предотвращению чрезвычайных ситуаций и их последствий. Устойчивость работы производства обеспечивается по следующим направлениям:

Защита рабочих и служащих. Для защиты служащих на участке возведены специальные защитные сооружения, проводится обучение персонала поведению в чрезвычайных ситуациях, предусмотрены планы эвакуации, планы действий при чрезвычайных ситуациях с распространением их на агитационных щитах.

Повышение прочности и надежности важнейших элементов объекта. Производятся регулярные обследования объектов и экспертизы промышленной безопасности для своевременного выявления потери прочностных характеристик основных объектов. В случае необходимости производятся ремонты или усиления слабых участков конструкций, предусматривается дублирование элементов конструкций. На особо важных объектах предусмотрены предохранительные устройства, существует аварийное освещение, аварийные источники питания, делается закольцовывание сетей.

Повышение устойчивости материально-технического снабжения. В производстве осуществляется запас шихтовых материалов на месяц.

Разработка мероприятий по снижению возникновения вторичных поражающих факторов. Производятся ремонты зданий с использованием современных огнестойких материалов. Проработка возможных вторичных факторов и пути их устранения. Проведение учебы и разъяснений для предотвращения неправильных действий персонала.

Согласно [4] помещение электрооборудования, оператора и машинный зал по пожароопасности относятся к зоне класса П-Па-помещения, в которых обращаются твердые горючие вещества.

Основными причинами возникновения пожаров являются:

- неосторожное обращение с огнём;
- нарушение правил пожарной безопасности при ведении газосварочных и электросварочных работ;
- неисправность отопительных приборов;

- неисправность электропроводки, электрооборудования, электроаппаратуры;
- взрывы газов, паров и пыли;
- разряды атмосферного электричества;
- самовозгорание промышленной ветоши и других материалов, склонных к самовозгоранию;
- конструктивные недостатки оборудования;
- неправильное хранение горюче-смазочных материалов.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию машин и внутризаводского транспорта, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, организацию добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности и т.д.

Мероприятия режимного характера - это запрещение курения в не установленных местах, производства сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и т.д.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования.

К техническим мероприятиям относятся, соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электроприводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования и обеспечение пожарным инвентарем, который включает:

- сухой песок в ящиках;
- лопаты;
- огнетушители ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 (углекислотные), ОП-8У (порошковые), согласно ТУ-22-4720-80.

Для автоматического обнаружения очага пожара и запуска систем пожаротушения используются тепловые извещатели. Кроме автоматического их запуска предусмотрен дистанционный и местный.

На рисунке 36 приведен план эвакуации рабочего персонала в случае пожара.

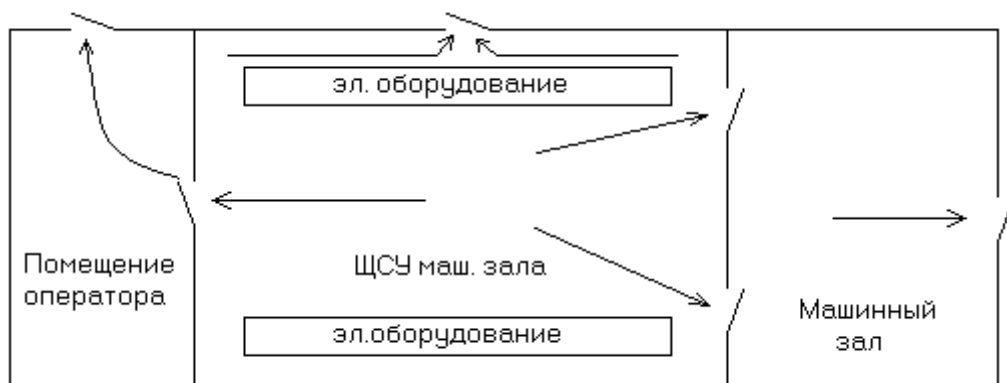


Рисунок 36 – План эвакуации электроперсонала в случае пожара

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был разработан и спроектирован электропривод механизма распределения шихты доменной печи.

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

- в результате анализа конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения проведена оценка сравнительной эффективности разработки с имеющимися аналогами и определены направления для ее будущего совершенствования;

- при планировании пусконаладочных работ был разработан график занятости для трех исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей.

- составление сметы для проведения пусконаладочных работ позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта.

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

СПИСОК 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. Удуг 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 освещённости 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.
23. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
24. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие // И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницина; Томский политехнический университет.-Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.-36с25 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.