

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электрооборудование и электропривод конвейера агломерационного производства

УДК 621.31:62-83:622.242.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б2	Маматкулов Рустамжон Зикирали угли		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

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 Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

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
3-5Г4Б2	Маматкулову Рустамжону Зикирали угли

Тема работы:

Электрооборудование и электропривод конвейера агломерационного производства	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3483/с от 06.05.2019г

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

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; безопасность и экологичность проекта; экономическая часть; заключение.
Перечень графического материала	Функциональная схема Схема электрическая структурная. Имитационная модель электропривода

	Динамические характеристики электропривода Статические характеристики электродвигателя и электропривода Технико-экономические показатели.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
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:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тимошкин В.В.	к.т.н.		05.04.2019г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б2	Маматкулов Рустамжон Зикирали угли		05.04.2019г.

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

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

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель

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

СОГЛАСОВАНО:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

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

Реферат

Представленная выпускная квалификационная работа содержит 118 страниц, 22 таблицы, 23 рисунка, 19 источников литературы, приложение.

В данном дипломном проекте был произведен расчет и выбор силового оборудования для электропривода агломерационной машины.

Результатом расчета является выбор электродвигателя постоянного тока Д-818 на 85 кВт; трансформатора серии ТСЗП; нереверсивного тиристорного преобразователя серии КТЭ.

Для управления электроприводом принята одно-зонная система автоматического регулирования, для которой рассчитаны параметры датчиков и регуляторов. Разработаны схемы управления и защиты.

Расчет переходных процессов электропривода произведен с помощью ЭВМ.

В разделе “Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение” работы произведен экономический расчет разработки и выполнения научно-технического проекта, и проведение монтажно-наладочных работ.

В разделе “Социальная ответственность” проекта освещены вопросы охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности при работе с электрооборудованием агломерационной машины. Произведен расчет искусственного освещения.

. Пояснительная записка ВКР выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, также использовались программы MathCad 13, Matlab.

Содержание	
Введение.....	10
1 Проектно-пояснительная часть.....	12
1.1 Объект автоматизации. Назначение. Общий вид. Параметры и характеристики	12
1.2 Механизм. Назначение. Кинематическая схема. Параметры.....	14
1.3 Технологический процесс. Параметры и характеристики. Требование к электроприводу механизма и автоматизации	16
1.3.1 Технологический процесс цеха агломерации.	16
1.3.2 Описание. Параметры и характеристики. Требование к электроприводу механизма и автоматизации	23
1.4 Обоснование и выбор рода тока, типа электропривода и способа регулирования координат, выбор вида автоматизации технологического процесса.....	24
1.4.1 Сравнительный анализ приводов постоянного и переменного тока	24
1.4.2 Обоснование и выбор способа регулирования координат.....	25
1.4.3 Условия и режим работы, требования к электроприводу.....	27
1.5 Разработка технического задания.....	28
2 Проектно-расчетная часть	29
2.1 Выбор электродвигателя по мощности, скорости и техническим условиям	29
2.2 Выбор тиристорного преобразователя.....	42
2.3.Выбор трансформатора.....	42
2.4 Выбор сглаживающего реактора	46
2.5 Расчет параметров силовой цепи.....	48
2.6 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода	50
2.7 Расчет электромеханических характеристик разомкнутой системы преобразователь-двигатель	52
2.2 Расчёт электромеханических характеристик системы УВ-Д	52

2.9 Структурная схема системы автоматического регулирования электропривода.....	56
2.10 Оптимизация контура тока.....	58
2.11 Оптимизация контура ЭДС	61
2.12 Расчет статических электромеханических характеристик	63
2.13 Анализ нелинейных структур САУ РЭП. Моделирование нелинейных структур САУ РЭП.....	70
2.13.1 Расчет переходных процессов и определение динамических показателей качества нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный.....	73
2.14 Принципиальная схема САУ ЭП	76
2.15 Функциональная схема ЭП	77
ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	80
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	81
3.1 SWOT-анализ электропривода агломерационной машины.....	81
3.2 Организация работ технического проекта.....	84
3.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования.....	84
3.2.2.Определение трудоемкости выполнения ТП	86
3.2.3 Разработка графика проведения технического проекта.....	88
3.3 Составление сметы затрат на разработку ТП.....	90
3.3.1 Расчет материальных затрат	90
3.3.2 Расчет полной заработной платы исполнителей темы.....	91
3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	92
3.3.4. Накладные расходы.....	93
3.3.5. Формирование сметы затрат технического проекта	93
3.4 Определение ресурсоэффективности проекта	94
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	97
4 Социальная ответственность	98
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	98

4.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	98
4.2 Производственная безопасность.....	99
4.2.1 Основные вредные и опасные факторы агломерационного цеха	99
4.2.2 Анализ опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования	102
4.3 Экологическая безопасность.....	103
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях в цехе агломерации	104
Заключение	107
Список использованных источников.	109
Приложение А	111

Введение

Современное металлургическое производство является крупным потребителем электрической энергии. Развитие металлургического производства характеризуется постоянным ростом потребления электроэнергии на тонну выпускаемой продукции. В электрификации черной металлургии особое место занимает электрический привод, так как удельный вес непрерывно растущего потребления электроэнергии на двигательную силу достигает в ней около 80%.

Автоматизация технологических процессов, повышая эффективность производства, увеличивает производительность оборудования, снижает эксплуатационные расходы, создает экономию электроэнергии, сырья, тем самым, обеспечивая экологическую чистоту и улучшение качества всего производства.

Современный автоматизированный электропривод – это высоконадежная и экономичная электромеханическая система, способная полностью обеспечить автоматизацию любого технологического процесса, достигнуть высокого быстродействия и точности при своей работе, улучшить условия труда обслуживающего персонала.

На современном этапе технологического развития существенно возрастает роль автоматизированного электропривода, который в значительной мере стал определять прогресс в областях техники и технологии, связанных с воспроизводством механических движений, получаемых путем электромеханического преобразования энергии.

Энергетическую основу аглоизвесткового производства составляет электрический привод, технический уровень развития которого определяет эффективность работы технологического оборудования цехов и основными направлениями развития которого являются, повышение экономичности и надежности работы. Это достигается путем усовершенствования

электродвигателей, преобразователей, аналоговых и цифровых средств управления, коммутационной аппаратуры и элементов защиты.

Применение тиристорного преобразователя позволяет повысить быстродействие, увеличить надежность, долговечность привода и, как следствие повысить производительность труда и качество продукции. Применение тиристорного привода позволяет уменьшить энергоемкости работ, увеличить быстродействие за счет сокращения времени переходных процессов и времени на настройку, повысить качество продукции – за счет улучшения таких показателей, как плавность регулирования, повышение коэффициента использования оборудования.

1 Проектно-пояснительная часть

1.1 Объект автоматизации. Назначение. Общий вид. Параметры и характеристики

Железорудная часть шихты, используемая в доменном процессе, подлежит окусковыванию, которое осуществляется двумя способами: агломерацией и окомковыванием (окатыванием).

Агломерацией называется термический процесс окусковывания рудных материалов путем их спекания с целью придания формы и свойств, необходимых для доменной плавки. Процесс агломерации осуществляется на агломерационных машинах.

Сущность процесса агломерации сводится к спеканию на агломерационных машинах исходного сырья, смешанного с топливом и различными добавками (известняком, доломитом, и т. д.), ускоряющими процесс спекания. В процессе агломерации из руды удаляются вредные для чугуна примеси (серы, фосфора, мышьяка и т. п.).

Применение агломерата ускоряет процесс плавки чугуна в доменных печах, при этом снижается расход кокса, а производительность доменной печи повышается на 15-20%.

Производственные процессы на агломерационных фабриках характеризуются непрерывностью, что создает благоприятные условия для их полной механизации и комплексной автоматизации.

Меняющийся состав исходного сырья, сложность физико-химических процессов, наличие большого количества внешних возмущающих воздействий (смерзание руды зимой, зависание материалов в бункерах, завалка течек, сход ленты и т. п.) предъявляют к системам автоматического управления ряд специфических требований.

Аглодоменное производство характеризуется непрерывным высокомеханизированным процессом, в котором участвует большое число

технологически связанных механизмов. Конвейеры, питатели и другие транспортные механизмы и устройства аглоцеха объединены в поточно-транспортную систему (ПТС), имеющую централизованное автоматизированное управление

Механизмы ПТС заблокированы между собой, благодаря чему осуществляется последовательность пуска их в направлении, обратном грузопотоку, автоматическая остановка всех предыдущих механизмов (считая от начала линии) при остановки одного из них во избежании завала и т. п.

В аглоцехе широко применяется диспетчерское централизованное управление ПТС, оснащенное средствами программирования, телемеханики, и вычислительной техники. Централизованная система управления механизмами поточного производства предусматривает три режима управления: централизованное со щита оператора; местное для производства ремонтных работ, а также местное заблокированное для наладочных работ и на случай выхода из строя системы централизованного управления.

Режимы управления можно выбирать централизованно для всех механизмов участка, пользуясь общим для всех механизмов избирателем управления, установленным на щите оператора, либо индивидуальным для каждого механизма избирателем управления, или путем установки избирателя управления на блоках управления этими электродвигателями. Индивидуальный выбор режимов управления механизмами позволяет переводить отдельные механизмы на тот или иной режим управления, не нарушая централизованное управление участком. Это особенно важно для разветвленных участков с несколькими трактами, поскольку дает возможность при централизованном управлении участком на местном или местном заблокированном режимах, управления осуществлять ремонтные и наладочные работы отдельных механизмов. Однако индивидуальный выбор режимов управления механизмами требует многочисленных приборов и больших капитальных затрат. Поэтому при небольшом числе механизмов на участке его не используют. Для обеспечения безопасности обслуживания предусматривают различные виды

сигнализации: предупредительную, предупреждающую персонал о предстоящем пуске механизмов; предупредительную, сигнализирующую отклонение от нормального состояния отдельных автоматизированных узлов поточного производства; аварийную, сигнализирующую об аварийной остановке механизмов, и др.

Используют как мало проводные схемы с шаговыми искателями и другими элементами телемеханики, так и более простые много проводные схемы, в которых избирание и управление механизмами осуществляется с помощью ключей и кнопок.

Высокое качество агломерата и максимальная производительность агломашины обеспечивается при автоматизации и оптимизации технологического процесса, когда создаются условия для поддержания постоянства состава и физико-механических свойств шихты, заданной высоты слоя шихты на спекательных тележках, постоянной оптимальной влажности шихты, постоянного соотношения газ-воздух и температуры горна, регулирование скорости движения ленты в зависимости от вертикальной скорости спекания с таким расчетом, чтобы процесс спекания заканчивался над предпоследней вакуум-камерой и т.п.

1.2 Механизм. Назначение. Кинематическая схема. Параметры

В процессе агломерации исходные шихтовые материалы вначале усредняют по содержанию железа, затем дозируют, смешивают между собой и топливом (коксом), увлажняют и расстилают слоем заданной толщины (около 0,35м) на непрерывно движущихся колосниках, которые перемещаются по кольцевому рельсовому пути. Через образованный слой шихтовых материалов продувается воздух с помощью мощных дымососов (экстауэтеров) с целью полного выгорания коксика по всей толщине рабочего слоя и получения пористой структуры агломерата, необходимой для доменной плавки.

Преимущественное распространение получили агломерационные машины серии АКМ. Основным узлом агломашины конвейерного типа

является спекательная тележка, на которой укреплены колосники. Тележки перемещаются по направляющим рейкам. В конце горизонтального пути тележки опрокидываются, выгружая агломерат, и скатываются к головной части машины. Здесь специальные зубчатые колеса захватывают грузовые ролики тележки и, поднимая их на уровень верхнего пути, продвигают вперед все тележки. Лента приводится в движение зубчатыми колесами через редуктор от электродвигателя постоянного тока.

Одним из условий получения качественного агломерата является обеспечение соответствия между скоростью агломашины и скоростью спекания шихты, которая зависит от высоты ее слоя, влажности, состава и др. Кроме того, скорость движения аглоленты должна быть согласована с работой питателя, подающего на нее шихту.

Кинематическая схема механизма агломашины представлена на рисунке 1.

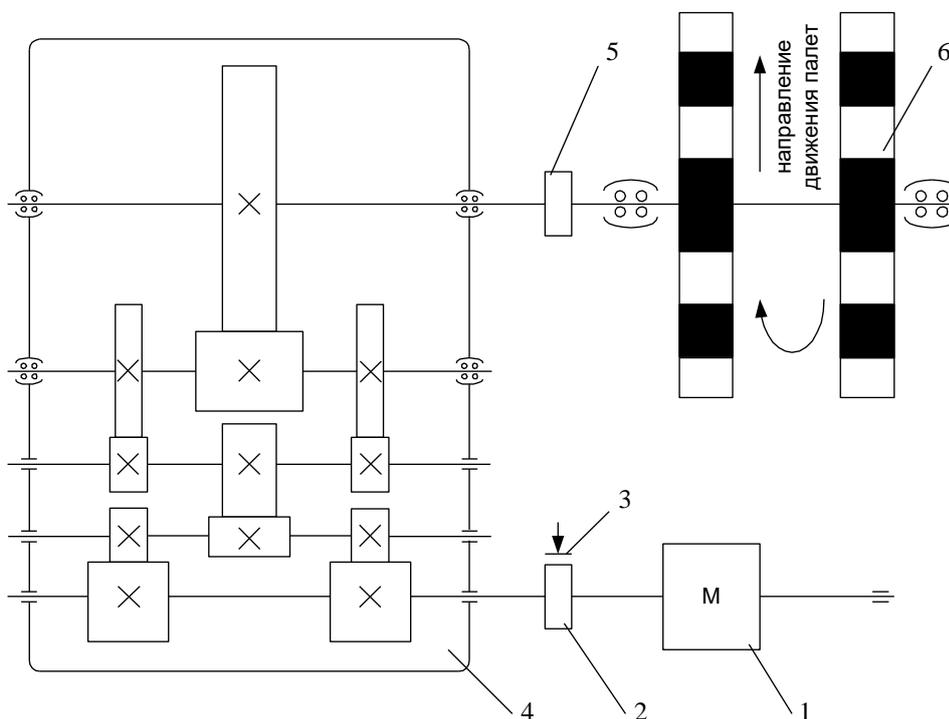


Рисунок 1.- Кинематическая схема механизма агломашины.

Состав механизма 1 двигатель, 2 электромагнитная муфта, 3 электромагнитный тормоз, 4 четырёх ступенчатый редуктор, 5 муфта и 6 паллета.

1.3 Технологический процесс. Параметры и характеристики.

Требование к электроприводу механизма и автоматизации

1.3.1 Технологический процесс цеха агломерации.

Все исходные материалы подвозятся к цеху в саморазгружающихся вагонах и хранятся в соответствующих бункерах.

Цех в своем составе имеет:

- участок дробления топлива;
- участок дробления известняка;
- дозирочное отделение;
- спекательное отделение;
- отделение охлаждения и сортировки агломерата.

Участок дробления топлива

На участок дробления кокса поступает кокс фракцией(25-40) мм около 1 % , фр.(10-25)мм до 10% и основная (отсев с КХП и доменного цеха) фр. 10 мм – 90%.

Площадь склада топлива разбивается на два квадрата по длине. В одном квадрате формируется штабель, в это время из заранее сформированного штабеля производится забор усредненного топлива. Постоянный технологический запас топлива на складе должен составлять 5-7 тыс. тонн.

Дробление топлива для агломерации производится в две стадии: на коротко конусной дробилке КМД-1750 до крупности 15 мм, а затем на четырех валковых дробилках типа ДТ900*700 до крупности 3мм.

Со склада усредненное топливо подается через перегрузочный узел N 16 в корпус дробления на инерционный грохот. Надрешетный продукт грохочения, классы крупностью более 15мм, поступают по конвейеру ДТ-2 в конусную дробилку, а подрешетный (фракция менее 15мм) – конвейерами П16-

2, ИТ-1 подается в бункера корпуса измельчения топлива.

Для нормальной работы конусной дробилки необходимо обеспечить равномерное распределение топлива вокруг дробящего конуса. Разгрузочная щель дробилки устанавливается на уровне 8-12мм. Во избежании попадания металла в конусную дробилку, на конвейерах ИТ-1 и П16-1 установлены электромагнитные металлоискатели.

В случае остановки дробилки на ремонт, топливо фракция менее 15мм попадает в корпус измельчения топлива (КИТ). Измельчение топлива производится четырех валковыми дробилками, которых в корпусе имеется 6 шт., установлены бункера емкостью 50 м³ каждый. Загрузка их топливом производится реверсивным передвижным конвейером ИТ-2. Из бункеров топливо выдается через питающие воронки с затворами шиберного типа на ленточные конвейера, подающие топливо в дробилки. Для предупреждения попадания металла в дробилки на загрузочных конвейерах установлены электромагнитные металлоискатели.

Для обеспечения качественного измельчения топлива валки должны иметь равномерный износ. Зазор как между верхними, так и между нижними валками устанавливается равномерный по всей длине и должен быть между верхними валками 4-6мм, между нижними – 1-1,5мм.

Подготовленное для агломерации топливо представляет собой измельченный продукт крупностью менее 3мм. Содержание классов крупностью 3мм в готовом топливе не должно превышать 9%. Чрезмерное измельчение топлива так же вредно, как и недоизмельчение, поэтому содержание классов в нем менее 0,5мм должно быть минимальным.

Контроль качества подготовленного топлива для агломерации проводится путем отсева проб топлива, отбираемых работниками отдела технического контроля (ОТК).

Участок дробления известняка

Подача известняка в корпус дробления осуществляется конвейером ДИ-1, загрузка бункеров молотковых дробилок – конвейером ДИ-3.

Дробление известняка производится на молотковых дробилках типа ДМ РИЭ-10*10, работающих в замкнутом цикле с инерционными грохотами 173ГР, на которых отсеивается фр. менее 5мм. Во избежание попадания металла в дробилку на конвейерах ДИ-1, ДИ-2 установлены металлоискатели и подвесные электромагниты.

Для равномерной загрузки дробилок на каждую предусмотрен бункер емкостью 15 т, оборудованный питателем. Загрузка известняка на дробилку, в зависимости от его крупности и качества оборотного продукта, регулируется при помощи изменения скорости ленты питателя, реечного затвора и шибера. Качество дробления обеспечивается величиной зазора между колосниками решетки и молотками ротора. Зазор между колосниками колосниковой решетки должен составлять 8-10мм.

Дробленный известняк из под молотковой дробилки конвейером СОИ-1 подается в бункера грохотов через двух рукавную загрузочную тележку (автостеллу). На грохотах сортировки известняка устанавливаются плетеные сита с размером ячейки 5мм. После грохочения готовый известняк фракция 5мм подается на бункера шихты по конвейерам П20-1,Ш-10. Известняк крупностью свыше 5мм (надрешетный продукт) конвейерами ДИ-2, ДИ-3 направляется в бункера молотковых дробилок.

Крупность известняка в готовом продукте не должна превышать 5мм, причем содержание фракции 5мм допускается не более 4%. Ситовый состав известняка контролируется ОТК.

Дозировочное отделение

Основное назначение дозировки, обеспечить получение агломерата заданного качества с постоянными физико-химическими свойствами.

Дозировка агломерационной шихты заключается в поддержании заданного соотношения и количества между компонентами шихты. По технологической схеме агломерации дозирование компонентов шихты (коршуновского концентрата, смеси руд, окалины, марганцевых добавок, флюса и части топлива) производится в шихтовом отделении, дозирование возврата – в корпусе первичного смешивания (КПС), окончательное дозирование топлива производится в аглокорпусе.

В дозировочном отделении работает система автоматического дозирование компонентов шихты.

На каждую машину шихта дозируется ленточными дозаторами (известняк, аглоруда, коксик) и тарельчатыми питателями (железорудный концентрат и добавки) из 19 бункеров емкостью 70м³ каждый.

Шихта из дозировочного отделения поступает в КПС, где смешивается с возвратом. Дозирование возврата в шихту каждой агломашины производится тарельчатыми питателями из общего бункера возврата объемом 500м³.

В общий бункер поступают: возврат, выделяемый на самобалансных грохотах горячего агломерата после дробления аглоспека; холодный возврат, выделяемый на самобалансных грохотах охлажденного и сортировки постели; отсев агломерата из газовых коллекторов агломашин.

Шихта с возвратом смешиваются в барабанных смесителях отдельными для каждой машины. В смесителях происходит перемешивание всех видов шихты, подогрев шихты за счет горячего возврата и первоначальное ее увлажнение.

Спекательное отделение

Окомковывание шихты производится в окомкователях ОВ6-3,2-12-5, которые установлены в аглокорпусе над каждой агломашинной. Там производится окончательное перемешивание шихты с добавочным топливом, увлажнение и окомковывание. Увлажнение шихты в окомкователях производится эвольвентными форсунками, позволяющими получать тонкое распыление воды.

Часть топлива вводят в аглошихту в корпусе шихтовых бункеров. Затем содержание углерода в обоих слоях шихты доводится до требуемого уровня дозированием дополнительного топлива в аглокорпусе перед смесителями-окомкователями, для чего на каждой агломашине имеется по 5 бункеров емкостью 50м³ (два для нижнего и три для верхнего слоя).

Шихта укладывается на предварительно уложенную постель. Постель представляет собой мелкий агломерат фракцией 20-23мм, который выделяется на самобалансных грохотах охлажденного агломерата с добавлением просыпи из под охладителей. Этот продукт подвергается дополнительной классификации в узле сортировке постели на пневмокласификаторе. Количество постели, загружаемое на колосниковую решетку, зависит от скорости агломашинной и должно быть таким, чтобы слой постели составлял не менее 20мм. Количество постели контролируется по показаниям весов на конвейере П8-3. Регулирование количества постели производится сокращением или добавлением щелей на грохотах.

Загрузка шихты на агломашинную осуществляется через барабанный питатель. Питатель находится над загрузочным бункером. Равномерное распределение шихты в загрузочном бункере в направлении, перпендикулярном оси агломашинной, достигается при помощи передвижных конвейеров, работающих в челноковом режиме.

Высота слоя шихты на агломашинных устанавливается в зависимости от

степени подготовки шихты и соответствии тяговых средств может меняться от 300 до 500мм.

Загрузка шихты двухслойная. Нормальное соотношение между верхним и нижним слоями при высоте слоя до 400мм должно составлять 1/2, при высоте более 400мм – 1/3.

На всех агломашинах чугунные колосники спекательных тележек заменены на стальные, часть из которых изготавливается на комбинате штампованием.

Зажигание шихты является начальной стадией процесса спекания и от правильной организации его зависят производительность агломашин и качество агломерата по механической прочности. Спекание подготовленной шихты является основным этапом в технологии получения качественного агломерата и осуществляется за счет горения углерода топлива в слое шихты и формирования жидкой фазы.

Агломерационный процесс является весьма совершенным по использованию тепловой энергии топлива за счет регенерации тепла. Поэтому несмотря на небольшое содержание топлива в шихте (3,5-4,5%), при правильной организации процесса спекания в зоне горения топлива развивается температура до 1450-1500С⁰, при которой происходит плавление и формирование жидкой фазы.

Скорость движения спекательных тележек регулируется агломератчиком в зависимости от вертикальной скорости спекания таким образом, чтобы спекание заканчивалось на предпоследней вакуум-камере.

Вертикальную скорость спекания можно определить по формуле:

$$V_B = (H \cdot V_T) / L$$

где H – высота слоя шихты, мм;

V_T – скорость движения палет, м/мин;

L – длина площади просасывания, м;

Скорость движения палет должна быть временно снижена при следующих режимах спекания:

- недостаток или избыток влаги в шихте;
- ухудшение подготовки смешивания и окомковывания шихты;
- уплотнение шихты при загрузке;
- снижение температуры подогрева шихты;
- работа без постели;
- избыток углерода в шихте.

После снижения скорости движения палет принимают все необходимые меры к устранению причин.

Для получения наибольшей производительности агломашины следует стремиться использовать полную мощность эксгаустеров. В исключительных случаях (при аварии или ремонте эксгаустера) с разрешения начальника цеха допускается работа агломашины с одним эксгаустером. При работе одним эксгаустером необходимо уменьшить общую высоту слоя шихты до 250-300мм и откорректировать расход топлива.

Высокопроизводительная работа доменных печей достигается в том случае, когда используется агломерат крупности фракцией в пределах 5-30мм, что достигается соответствующим дроблением и грохочением агломерата.

Охлаждение и сортировка агломерата

Транспортировка агломерата в доменный цех осуществляется конвейерами с резиновой лентой. В целях исключения случаев загорания ленты, а также по санитарно-техническим требованиям, агломерат должен охлаждаться до 100-120С⁰. Дробленный агломерат охлаждается на прямолинейных охладителях ОП-315 с продувом воздуха снизу.

На агломашине №1 для подачи агломерата на охладитель применяется

схема обратной загрузки. Охлажденный агломерат после охладителей вначале поступает на стационарный грохот, где отделяется фр. Более 30мм, и затем направляется в доменный цех, а фр. Менее 30мм поступает на самобалансный грохот, на котором вначале отделяется мелочь (менее 5мм), а затем "постель" крупностью 5-13мм. Мелочь подается в КПС, а "постель" укладывается на колосники спекательных тележек агломашины.

Готовый агломерат по конвейерным трактам подается в доменный цех. Перед загрузкой в скип доменной печи из агломерата отделяется класс менее 5мм, который в смеси с холодным возвратом направляется в КПС.

1.3.2 Описание. Параметры и характеристики. Требование к электроприводу механизма и автоматизации

Система электропривода агломерационной машины должна удовлетворять следующим основным требованиям: диапазон регулирования скорости 1:5; точность поддержания скорости во всем диапазоне регулирования 5%. Система регулирования скорости автоматическая, в функции сигналов технологических датчиков. Должны быть обеспечены также автоматическое поддержание величины тормозного момента, предварительный выбор зазора между палетами в верхней ветви ленты, фиксация палет на звездочках во время остановки машины и т. п. Схема должна обеспечивать также подрегулирование скорости барабанного и тарельчатого питателей.

Указанным требованиям удовлетворяет ЭП постоянного тока, выполненный по системе тиристорный преобразователь – двигатель (система ТП-Д).

Для ЭП большинства механизмов аглоцеха, в том числе ПТС, используются в основном асинхронные электродвигатели напряжением 380 В, мощностью до 250 кВт. Двигатели с фазным ротором используются для конвейеров большой протяженностью. Для эксгаустеров используются синхронные электродвигатели напряжением 10кВ, мощностью 5МВт.

Включение в работу механизмов потока агломашины осуществляется в строго определенной последовательности, что обеспечивается соответствующими блокировками. Например, перед пуском агломашины включается насос масла смазки и дробилки агломерата. Питатели включаются и останавливаются одновременно с агломашинной и т. д.

1.4 Обоснование и выбор рода тока, типа электропривода и способа регулирования координат, выбор вида автоматизации технологического процесса

1.4.1 Сравнительный анализ приводов постоянного и переменного тока

Выбор системы электропривода является одним из важнейших этапов процесса проектирования, так как от этого будет зависеть технико-экономический успех проекта, что в условиях жесткой конкурентной борьбы является его “путевкой в жизнь”. Поэтому необходимо проанализировать различные системы электропривода и выбрать ту, которая в большей степени будет удовлетворять технологическим и экономическим требованиям, предъявляемым к электроприводу.

Дадим сравнительный анализ приводов постоянного и переменного тока.

Несмотря на то, что асинхронные двигатели не требуют таких больших капиталовложений, как двигатели постоянного тока, в нашем случае следует отдать предпочтение именно двигателям постоянного тока, так как:

- двигатели постоянного тока имеют большую перегрузочную способность (до $6 M_H$), чем асинхронные двигатели (не более $3M_H$);
- двигатели постоянного тока имеют более мягкую механическую характеристику, что дает более короткое время разгона механизма; при малых статических моментах двигатель постоянного тока развивает большую скорость, чем асинхронный двигатель;

- электрическое торможение у двигателей постоянного тока осуществляется проще и дает результаты лучше, чем у асинхронных двигателей;

- аппаратная реализация и математическое описание законов управления электроприводов постоянного тока значительно проще, чем у приводов, работающих на переменном токе. Важно отметить, что стоимость аппаратуры управления электроприводов переменного тока значительно превышает стоимость аппаратуры управления приводов постоянного тока.

Таким образом, мы пришли к выводу, что в качестве электропривода агломерационной машины целесообразно будет использовать электропривод постоянного тока.

1.4.2 Обоснование и выбор способа регулирования координат

Немаловажным аспектом в процессе проектирования является выбор системы регулирования координат. Для электроприводов большой мощности обычно используют следующие системы:

- система генератор-двигатель (Г-Д);
- система тиристорный преобразователь-двигатель (ТП-Д);
- система преобразователь частоты - асинхронный двигатель.

Рассмотрим достоинства и недостатки каждой из систем.

С давних пор и до настоящего времени для возбуждения генераторов в системе Г-Д использовались силовые реверсивные магнитные усилители – устройства простые надежные, но несовершенные. Низкий КПД (около 35%), большие габариты, низкое быстродействие, невысокий коэффициент усиления и ряд других недостатков не позволяли реализовать требуемое быстродействие привода. В последние годы они заменяются на реверсивный тиристорный преобразователь ТВГ и обмотку возбуждения синхронного двигателя, которая раньше подключалась к нерегулируемому источнику, обеспечили для целей

автоматического регулирования нереверсивным тиристорным возбудителем ТВС. Применение микроэлектроники в системе управления обеспечивает быстродействие и точность системы Г-Д на уровне, не уступающем системе ТП-Д. К достоинствам системы Г-Д по сравнению с системой ТП-Д относится отсутствие искажений потребляемого из сети тока и относительно небольшое потребление реактивной мощности даже при асинхронном приводном двигателе. У тиристорного преобразователя эти показатели несколько хуже, так как $\cos\phi$ изменяется в широких пределах, значительно искажается форма потребляемого из сети тока. Для коэффициента мощности применяют регулируемые фильтрокомпенсирующие устройства ФКУ. Однако, введение этих устройств ухудшает в 1,5-2 раза массогабаритные показатели системы ТП-Д и увеличивает ее стоимость. Важным достоинством системы ТП-Д является ее высокий КПД. Потери энергии в тиристорах при протекании номинального тока составляют 1-2% номинальной мощности электропривода. Поэтому даже с учетом потерь в реакторе и трансформаторе КПД преобразователя достаточно высок.[5].

Оценивая экономичность систем, можно сказать, что массогабаритные и энергетические показатели системы Г-Д определяются необходимостью присущего этой системе трехкратного электромеханического преобразования энергии в трех входящих в эту систему электрических машин: ПД, Г и Д. Как следствие, установленная мощность машин привода возрастает втрое, и благоприятные регулировочные возможности достигаются ценой существенных дополнительных затрат меди, высококачественной стали и труда. Установка вращающегося преобразовательного агрегата требует сооружения специального фундамента, центровки агрегата, тщательной настройки коммутации тока коллектором генератора и т.д. В эксплуатации вращающийся преобразовательный агрегат, особенно его подшипники и коллектор генератора требуют большого внимания и ухода, что увеличивает эксплуатационные затраты [3].

Таким образом, мы приходим к выводу, что в сравнительном варианте

использования нереверсивного преобразователя преимущества статического перед вращающимся говорят в пользу системы тиристорный преобразователь – двигатель.

Что касается электропривода переменного тока, то следует отметить следующее: он в полной мере отвечает предъявляемым техническим требованиям, но отличается повышенной сложностью и более высокой стоимостью.

1.4.3 Условия и режим работы, требования к электроприводу

Выбор рода тока и типа электропривода производится исходя из целого ряда условий, предъявляемых к режиму работы исполнительного механизма.

Одним из условий получения качественного агломерата является обеспечение соответствия между скоростью движения аглоленты и скоростью спекания шихты, которая зависит от высоты ее слоя, влажности, состава и др. Кроме того, скорость движения аглоленты должна быть согласована с работой питателя, подающего на нее шихту.

Система электропривода агломерационной машины должна удовлетворять следующим основным требованиям: диапазон регулирования скорости 1 : 10; погрешность поддержания скорости во всем диапазоне регулирования не более 10%. Система регулирования скорости автоматическая, в функции сигналов технологических датчиков. Должны быть обеспечены также автоматическое поддержание величины тормозного момента, предварительный выбор зазора между спекательными тележками в верхней ветви ленты, фиксация спекательных тележек на звездочках во время остановки машины.

Указанным требованиям удовлетворяет электропривод постоянного тока, выполненный по системе ТП–Д (тиристорный электропривод–двигатель).

1.5 Разработка технического задания

Разработать регулируемый электропривод агломерационной машины, удовлетворяющий следующим заданным техническим условиям и требованиям:

1. Род тока – постоянный;
2. Тиристорный преобразователь нереверсивный;
3. Напряжение питающей сети переменного трехфазного тока $U_c=6кВ$ с частотой $f_c=50Гц$;
4. Отклонение напряжения питающей сети от номинального значения $+10\%,-15\%$;
5. Нагрузка - реактивная;
6. Работа в длительном режиме;
7. Максимальная линейная скорость: $V_{max}=6.9$ м/мин.;
8. Диапазон регулирования скорости: $D=1:10$;
9. Статическая погрешность поддержания скорости вращения не более 10% ;
10. Время переходных процессов не более 10 с;
11. Перерегулирование не более 20% ;
10. Сигнал управления – аналоговый ± 10 В;
11. Допустимая перегрузка двигателя в переходных режимах: $I_{max}/I_{min}\leq 3.5$;
12. Коэффициент полезного действия 0.92 ;
13. Частота питающей сети 50 Гц $\pm 2\%$, качество подаваемого напряжения должно соответствовать ГОСТ13109 – 87;
14. По защищенности от проникновения твердых тел и воды технические средства электропривода должны иметь степень защиты IP55, согласно ГОСТ14254 – 80;
15. По устойчивости к внешним вибрационным воздействиям аппаратура электропривода должна соответствовать исполнению L3 по ГОСТ12007–84;

16. Система электропривода должна обеспечивать безотказную работу в помещениях со следующими условиями: температура окружающей среды от 1 до 40°C; относительная влажность от 40 до 80% (при температуре +25°C); атмосферное давление от 630 до 800 мм.рт.ст.; высота над уровнем моря до 1000м;
17. Бесперебойная работа электропривода должна обеспечиваться за счет высокой надежности аппаратных средств и правильной эксплуатации. Гарантийный срок работы 4000-6500 ч.;
18. Срок службы не менее 20 лет;
19. Конструкция системы должна обеспечивать легкий доступ к любому ее элементу, а также возможность быстрой замены вышедшего из строя модуля;
20. Требования по безопасности использования электропривода должны соответствовать ГОСТ25.861 – 83;
21. Все элементы, находящиеся под напряжением должны иметь защиту от случайного соприкосновения, а также заземление или зануление в соответствии с ГОСТ12.1030-81;
22. Уровень воздушного шума при работе системы не должен превышать 70 дБ.

2 Проектно-расчетная часть

2.1 Выбор электродвигателя по мощности, скорости и техническим условиям

По технологическим условиям для получения непрерывно качественного агломерата электропривод агломашины должен работать в длительном режиме, что облегчает расчет мощности электропривода и делает ненужным проверки электродвигателей. Расчет мощности привода агломашины состоит из двух основных этапов. Первый этап, расчет мощности двигателя привода аглоленты. Для облегчения расчетов распределим нагрузку по участкам агломашины, то

есть, разделим агломашину на участки разной длины, что приведено на рисунке 2.

Окружные усилия на звездочке электропривода складываются из следующих усилий :

1. Усилия на подъем тележек на участке АБ;
2. Усилия на продвижение тележек на участке БД;
3. Усилия на продвижение тележек на участке ДС под горнами;
4. Усилия на преодоление трения в торцевых уплотнениях;
5. Усилия на продвижение тележек на участке СЕ;
6. Усилия от давления тележек на нижней наклонной части, направляющих средней части на участке НА.

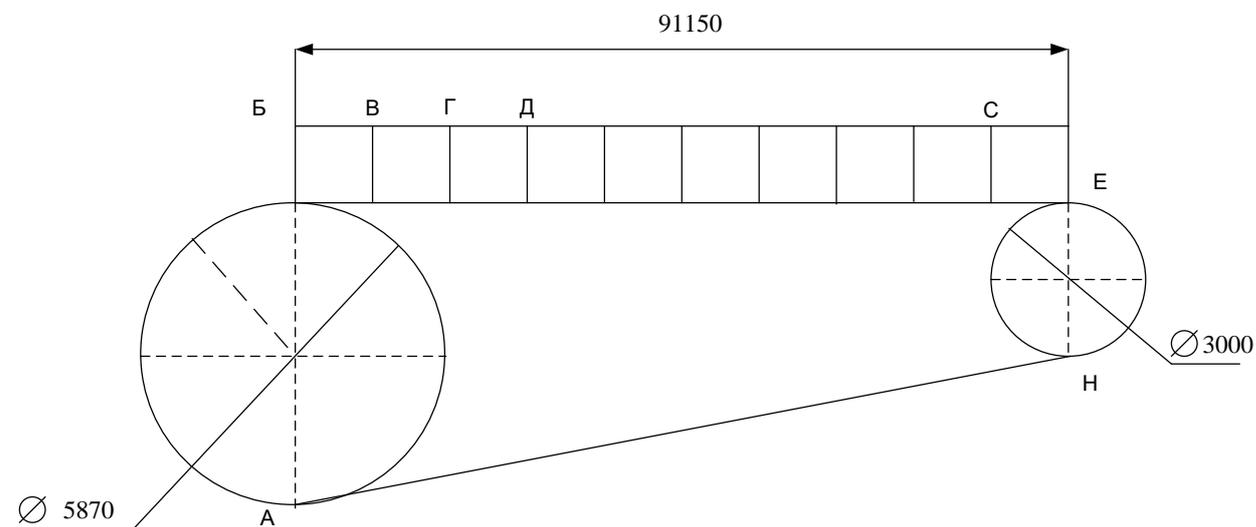


Рисунок 2. Распределение нагрузки по участкам агломашины.

Мощность главного привода ленты рассчитывается с учетом использования всей рабочей площади ленты машины только для спекания.

Сначала рассчитывается распределение спекательных тележек по ленте машины:

1. Количество незаполненных тележек на участке БВ рассчитывается по выражению

$$n_1 = \frac{L_{\text{БВ}}}{r} = \frac{2450}{1500} = 1.5 \text{ шт.}$$

где $L_{БВ}$ - длина участка БВ ($L_{БВ}=2450$ мм.);

r - радиус звездочки разгрузочной части ($r=1500$ мм.).

2. Количество тележек на участке ВГ и ГД, где насыпаются первый и второй слой шихты, рассчитывается по выражению

$$n_2=n_3== L_{ВГ} / r = 2.5 \text{ шт.},$$

где $L_{ВГ}$ - длина участка ВГ ($L_{ВГ}=3800$ мм.);

$L_{ГД}$ - длина участка ГД ($L_{ГД}=3800$ мм.).

3. Количество тележек на участке ДС, где происходит спекание, рассчитывается по выражению

$$n_4 = \frac{L_{ДС}}{r} = \frac{78000}{1500} = 52 \text{ шт.},$$

где $L_{ДС}$ - длина участка ДС ($L_{ДС}=78000$ мм.).

4. Количество тележек на участке СЕ, где происходит охлаждение агломерата, рассчитывается по выражению

$$n_5 = \frac{L_{СЕ}}{r} = \frac{3150}{1500} = 2 \text{ шт.},$$

где $L_{СЕ}$ - длина участка СЕ ($L_{СЕ}=3150$ мм.).

5. Количество тележек на участке АБ, рассчитывается по выражению

$$n_6 = \frac{3.14 \cdot D_{НО}}{2 \cdot r} = \frac{3.14 \cdot 5870}{2 \cdot 1500} = 6 \text{ шт.},$$

где $D_{НО}$ - диаметр наружной окружности приводной звездочки

($D_{НО}=5870$ мм.).

6. Количество тележек на участке ЕН, рассчитывается по выражению

$$n_7 = \frac{3.14 \cdot D'_{НО}}{2 \cdot r} = \frac{3.14 \cdot 3000}{2 \cdot 1500} = 3 \text{ шт.},$$

где $D'_{НО}$ - диаметр наружной окружности звездочки ($D'_{НО}=3000$ мм.).

7. Количество тележек на наклонной части агломашины на участке НА, рассчитывается по выражению

$$n_8 = \frac{L_M}{r \cdot \cos \alpha} = \frac{91150}{1500 \cdot 0.996} = 61 \text{ шт.},$$

где

L_M - длина агломашины по частям звездочки ($L_M=91150$ мм.);

α - угол наклона холостой ветви агломашины ($\alpha=1^\circ 5' 13''$).

8. Общее количество спекательных тележек на агломашине определяется по выражению

$$n = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 + n_7 + n_8$$

$$n = 1.5 + 2.5 + 52 + 2 + 6 + 3 + 61 = 130 \text{ шт.}$$

Теперь определяем усилия на преодоление трения качения ходовых роликов по рельсам и трения в цапфах на горизонтальном пути.

1) На участке БВ это усилие определяется по формуле: выражению

$$A_1 = \frac{Q_T \cdot n_1 \cdot (\mu \cdot d + 2 \cdot f)}{D} \cdot \beta =$$
$$= \frac{68866.2 \cdot (0.0141 + 2 \cdot 0.05)}{30} \cdot 1.3 = 1253 \text{ Н},$$

где Q_T - вес порожней тележки ($Q_T=68866.2$ Н);

n_1 - количество паллет на участке БВ ($n_1=2$ шт.);

μ - приведенный коэффициент трения в подшипниках качения

($\mu=0.01$);

f - коэффициент трения качения роликов о рельсы путей направляющих ($f=0.05$);

β - коэффициент, учитывающий трение ребер роликового рельса путей ($\beta=1.3$);

D - диаметр ролика ($D=30$ мм.);

d - диаметр подшипника качения ($d=11$ мм.).

2) На участке ВГ тележки заправляются одним слоем шихты и усилия определяются по выражению

$$A_2 = \frac{\frac{Q_T}{2} + \frac{Q_2}{2} (\mu d + 2 f) \psi_2}{D} \cdot \beta =$$
$$= \frac{(68866.2 + 38112/2) (0.01 \cdot 11 + 0.05 \cdot 2) \cdot 2.5}{30} \cdot 1.3 = 2000 \text{ Н,}$$

где

Q_2 - вес шихты на тележке, определяем по выражению

$$Q_2 = F \cdot H \cdot \gamma \cdot 9.81 = 6 \cdot 0.35 \cdot 1.85 \cdot 10^3 \cdot 9.81 = 38112 \text{ Н,}$$

где

F - площадь спекательной тележки ($F=6$ м²);

H - высота спекательного слоя ($H=0.35$ м);

γ - плотность шихты ($\gamma=1.85 \cdot 10^3$ кг/м³).

3) На участке ГД на тележки насыпается второй слой шихты, и усилие определяется по выражению

$$A_3 = \frac{(Q_T + Q_2) (\mu d + 2 f) \psi_3}{D} \cdot \beta = \frac{(68866.2 + 38112) (0.01 \cdot 11 + 0.05 \cdot 2) \cdot 2.5}{30} \cdot 1.3 = 2434 \text{ Н.}$$

4) На участке ДС происходит спекание шихты, и усилие определяется по выражению

$$A_4 = \frac{(Q_1 + Q_2 + p) \psi (\mu \psi l + 2 \psi f) \psi_4}{D} \cdot \beta$$

$$A_4 = \frac{(68866.2 + 38112 + 64746) \psi (0.01 \psi l + 0.05 \psi) \psi_2}{30} \cdot 1.3 = 81260 \text{ Н,}$$

где

p - давление на одну спекательную тележку от разряджения под ней, это давление определяется по выражению

$$p = p' \cdot 9.81,$$

где

p' - разряджение под спекательной тележкой ($p' = 0.66 \cdot 10^4$).

$$p = 0.66 \cdot 10^4 \cdot 9.81 = 64746 \text{ Н}$$

5) На участке СЕ усилие определяется по выражению

$$A_5 = \frac{(Q_1 + Q_2) \psi (\mu \psi l + 2 \psi f) \psi_5}{D} \cdot \beta$$

$$= \frac{(68866.2 + 38112) \psi (0.01 \psi l + 0.05 \psi) \psi}{30} \cdot 1.3 = 1947 \text{ Н.}$$

Подъемное усилие гидроуплотнения, которое действует на одну спекательную тележку, определяется по выражению

$$p'' = (2 \cdot b \cdot l \cdot p_y) - k = (2 \cdot 150 \cdot 1.9 \cdot 9.8) - 736 = 4856 \text{ Н,}$$

где

l - длина спекательной тележки ($l = 150$ см);

b - ширина поверхности соприкосновения ($b = 1.9$ см);

k - вес пластин гидроуплотнения, приходящихся на одну спекательную тележку ($k = 736$ Н);

p_y - усилие гидроуплотнения ($p_y = 9.8$ Н/см²).

Усилие на преодоление сопротивления движения спекательных тележек от гидроуплотнения на участке ДС определяется по выражению

$$A_6 = p'' \cdot n_4 \cdot \mu_1 = 4856 \cdot 52 \cdot 0.15 = 37876 \text{ Н,}$$

где

μ_1 - коэффициент трения скольжения стали по чугуну при незначительной смазке поверхности скольжения ($\mu_1=0.15$);

Суммарное усилие, необходимое для продвижения спекательной тележки по верхнему горизонтальному пути, определяется по выражению

$$A=A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 \\ =1253+2000+2434+81260+1947+37876=126770 \text{ Н.}$$

Крутящий момент на приводной звездочке, для продвижения паллет по горизонтальному пути, определяется по выражению

$$M_1=A \cdot R_{НО} =126770 \cdot 2935 \cdot 10^{-3}=372.1 \text{ кНм.}$$

Теперь определяем все усилия на подъем тележек на участке АБ, то есть на приводной звездочке. Этот момент определяется по выражению

$$M_2=G \cdot R_{Пл} \cdot \sum_1^n \sin[\pi/n \cdot (b-1) + \alpha],$$

где

G - вес порожней тележки ($G=Q_T$);

$R_{Пл}$ - радиус линии подъема тележки—это расстояние от оси звездочки до центра тяжести порожней тележки, этот радиус определяется по формуле:

$$R_{Пл}=R_{ОР} + h_{ЦП}=2.88 + 0.27=3.15 \text{ м,}$$

где

$R_{ОР}$ - радиус оси роликов тележки, определяется по выражению

$$R_{ОР}=R_{НО} \cdot \cos 10^\circ 20' =2.935 \cdot 0.984=2.88 \text{ м,}$$

где

$R_{НО}$ - радиус приводной звездочки ($R_{НО}=2.935 \text{ м}$);

$h_{ЦП}$ - расстояние от оси роликов до центра тяжести порожней тележки ($h_{ЦП}=0.27 \text{ м}$);

n - количество тележек на звездочке ($n=6$);

b - номер тележки, который меняется от 1 до 6;

α - угол поворота звездочки относительно заранее принятого

начального положения.

Из исследования максимума функции, максимальный момент, который необходим для определения мощности привода будет при $\alpha=0$, при начальном угле равном $\pi/2 \cdot n$ имеем следующее выражение

$$\begin{aligned} M_2 &= G_T \cdot R_{\text{ПЛ}} \cdot \sum_1^n \sin\left(\frac{\pi}{n} \cdot (b - 0.5)\right) = \\ &= 68.8662 \cdot 3.15 \cdot [\sin(\pi/6 \cdot 0.5) + \sin(\pi/6 \cdot 1.5) + \sin(\pi/6 \cdot 2.5) + \\ &\sin(\pi/6 \cdot 3.5) + \sin(\pi/6 \cdot 4.5) + \sin(\pi/6 \cdot 5.5)] = \\ &= 217 \cdot (\sin 15 + \sin 45 + \sin 75 + \sin 75 + \sin 45 + \sin 15) = \\ &= 838.6 \text{ кНм}. \end{aligned}$$

На рисунке 3. представлены следующие силы, действующие на тележку, находящуюся на нижней ветви агломашины.

- 1) Q_T - вес спекательной тележки ;
- 2) N - сила тяжести, действующая на пути направляющих, она определяется по формуле:

$$N = Q \cdot \cos 1^\circ 5' 15'' = 68866.2 \cdot 0.9998 = 68853.8 \text{ Н}$$

T - движущая сила, действующая на одну тележку, определяется по выражению

$$T = Q \cdot \sin 1^\circ 5' 13'' = 68866.2 \cdot 0.0189 = 1306 \text{ Н}.$$

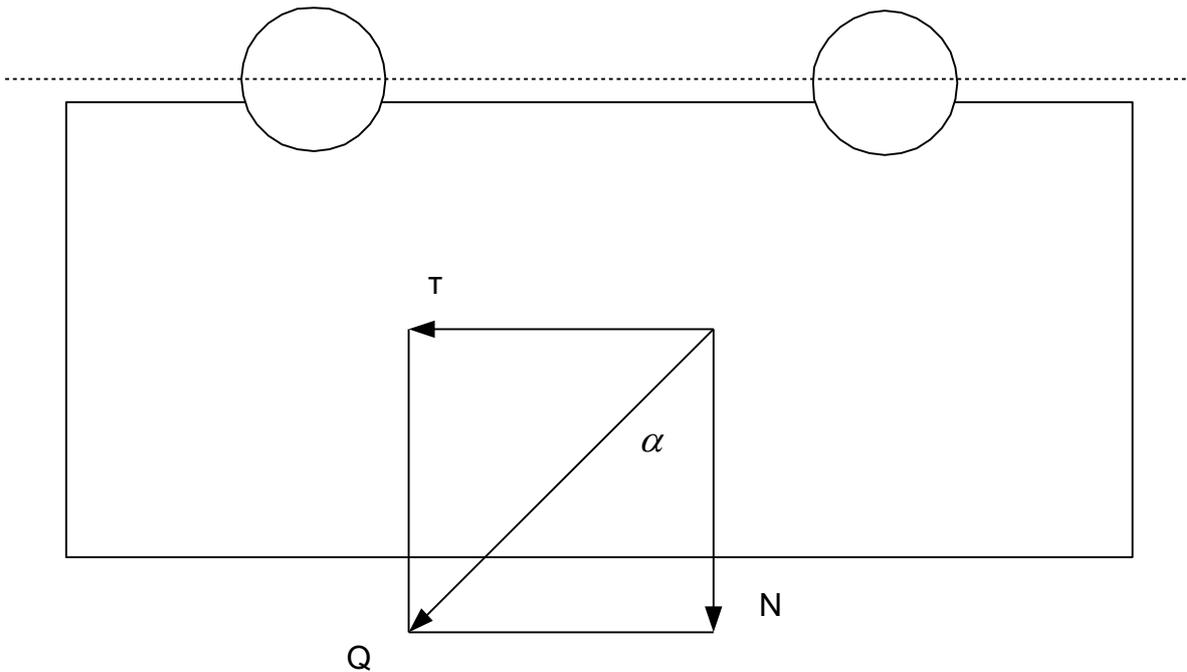


Рисунок 3. Распределение сил, действующих на тележку агломашины.

Сила сопротивления движению одной спекательной тележки определяется по выражению

$$T_1 = \frac{N(m\psi + 2\psi_f)}{D} \cdot \beta = \frac{68853.8(0.0141 + 2 \cdot 0.05)}{30} \cdot 1.3 = 626 \text{ Н.}$$

Скатываясь по наклонному пути спекательные тележки создают силу давления на зубья звездочек, способствующую приводному моменту, эта сила определяется по выражению

$$P_{\text{изб}} = (T - T_1) \cdot n_8 = (1306 - 626) \cdot 61 = 41480 \text{ Н.}$$

Теперь определим суммарный крутящий момент на приводной звездочке без учета влияния изменения момента на разгрузочной звездочке по выражению

$$M_{1\Sigma} = M_1 + M_2 - M_3,$$

где

M_3 - крутящий момент от избыточной силы давления на приводной звездочке, который определяется по выражению

$$M_3 = P_{\text{изб}} \cdot R_{\text{но}} = 41.48 \cdot 2.935 = 121.7 \text{ кНм}$$

$$M_{1\Sigma} = 372.1 + 838.6 - 121.7 = 1089 \text{ кНм.}$$

Максимальный крутящий момент на разгрузочной части определяется по

выражению

$$M_{\text{MAX}}=G_{\text{T}} \cdot R_{\text{ПЛ } 1,2} \cdot \sum_1^n \sin\left[\frac{\pi}{n} \cdot (b - 0,5)\right] \quad (2.1)$$

Момент на разгрузочной звездочке равен сумме моментов, определяется по выражению

$$M_{\text{p}}=M_{\text{MAX } 1} + M_{\text{MAX } 2}, \quad (2.2)$$

где

$M_{\text{MAX } 1}$ - момент, создаваемый груженными тележками, которые находятся на верхней ветви разгрузочной звездочки ;

$M_{\text{MAX } 2}$ - момент, создаваемый порожними тележками, находящимися на нижней ветви разгрузочной звездочки после сброса агломерата.

Определим расстояние от центра звездочки до центра тяжести порожней и груженной тележки, соответственно по выражениям

$$R_{\text{ПЛ1}}=R'_{\text{op}} + k_{\text{цт1}}=1,4 + 0,44 =1,84 \text{ м};$$

$$R_{\text{ПЛ2}}=R'_{\text{op}} + k_{\text{цт2}}=1,4 + 0,27 =1,67 \text{ м},$$

где

R'_{op} - радиус оси роликов, определяется по выражению

$$R'_{\text{op}}=R'_{\text{но}} \cdot \cos 20^{\circ}30' =1,5 \cdot 0,9333=1,4 \text{ м}$$

$k_{\text{цт}}$ - расстояние до центра тяжести тележки от оси роликов, это расстояние разное для порожней и для груженной тележки;

$k_{\text{цт1}}$ - расстояние от оси роликов до центра тяжести груженной тележки ($k_{\text{цт1}}=0,44 \text{ м}$) ;

$k_{\text{цт2}}$ - расстояние от оси роликов до центра тяжести порожней тележки ($k_{\text{цт2}}=0,27 \text{ м}$).

Подставляя полученные данные, в (2.1), получим значения двух максимальных моментов при условии, что значения для каждого G различны:

$$M_{\text{max1}}=106,978805 \cdot 1,84[\sin \frac{\pi}{3} (1 - 0,5) + \sin \frac{\pi}{3} (2 - 0,5)]=295,3 \text{ кНм}$$

$$M_{\text{max2}}=68,8662 \cdot 1,67[\sin \frac{\pi}{3} (1 - 0,5) + \sin \frac{\pi}{3} (2 - 0,5)]=57,5 \text{ кНм}$$

Подставляя полученные значения моментов, в (2.2), находим значение момента на разгрузочной звездочке:

$$M_p = 295,3 + 57,5 = 352,8 \text{ кНм.}$$

Наряду с максимальным крутящим моментом на звездочке создается и минимальный крутящий момент, который создается так же от двух тележек, он рассчитывается аналогичным образом:

$$M_{\min 1} = 106,978805 \cdot 1,84 \cdot \sin 60^\circ = 170,5 \text{ кНм;}$$

$$M_{\min 2} = 68,8662 \cdot 1,67 \cdot \sin 60^\circ = 99,6 \text{ кНм;}$$

$$M_{p\min} = 170,5 + 99,6 = 270,1 \text{ кНм.}$$

При условии создания тормозной машиной постоянного момента, равному максимальному крутящему моменту на приводную звездочку, определяется тормозной избыточный момент, который равен:

$$M_{\text{изб}} = M_p - M_{p\min} = 352,8 - 270,1 = 82,7 \text{ кНм.}$$

Избыточный момент создает на приводной звездочке дополнительное усилие, которое определяется по выражению

$$F_{\text{изб}} = M_{\text{изб}} / R'_{\text{но}} = 82,7 / 1,5 = 54,9 \text{ кН.}$$

Дополнительный момент на приводной звездочке, создаваемый дополнительным усилием равен:

$$M_4 = F_{\text{изб}} \cdot R_{\text{но}} = 54,9 \cdot 2,935 = 161 \text{ кНм.}$$

Суммарный момент действующий на звездочке головного привода, определяется по выражению

$$M_{2\Sigma} = M_{1\Sigma} + M_4 = 1089 + 161 = 1250 \text{ кНм.}$$

Требуемая мощность привода головной части, определяется по выражению

$$P_{\text{тр}} = \frac{\dot{V}_{2c} \cdot \eta_d}{9550 \eta} \cdot 1,2 = \frac{1250 \cdot 0,406}{9550 \cdot 0,92} = 69 \text{ кВт}$$

где

1.2 - коэффициент, учитывающий увеличение мощности в динамическом режиме ;

η - общий коэффициент полезного действия ($\eta = 0,92$) ;

n_B - скорость вращения звездочки, определяется по выражению

$$n_B = \frac{V_T}{\pi \cdot D_{НО}} = \frac{6.9}{3.14 \cdot 5.870} = 0.372 \text{ об/мин},$$

где

V_T - скорость движения спекательных тележек ($V_T=6.9$ м/мин).

Максимальная скорость электропривода

$$n_{\text{элмакс}} = n_B \cdot i_{\text{ред}} = 0,372 \cdot 1448 = 538,13 \text{ об/мин}$$

или

$$\omega_{\text{элмакс}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{элмакс}}}{30} = 56,35 \text{ рад/с}$$

Момент инерции механизма приведенный к валу двигателя определяется по выражению

$$J_{\text{МЕХ ПР}} = m \cdot (V_T / \omega)^2 = 1417650 \cdot (0.125 / 56.52)^2 = 6.8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.,$$

где

m – масса механизма (спекательных тележек);

ω – скорость вращения двигателя;

V_T – скорость движения спекательных тележек.

Эквивалентный момент инерции двигателя и механизма приведенный к валу двигателя определяется по выражению

$$J_{\text{э}} = J_{\text{ДВ}} + J_{\text{МЕХ ПР}} = 27.5 \cdot 6.8 = 34.3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Исходя из рассчитанной мощности и скорости двигателя выбираем краново-металлургический двигатель постоянного ток серии Д, с запасом по мощности, тип Д818.[6]

Технические данные и параметры выбранного электродвигателя приведены в таблице 1.

Таблица 1- Паспортные и расчетные параметры электродвигателя

Наименование величины	Обозначение величины	Значение
Номинальная мощность, кВт	P_n	85
Номинальное напряжение, В	U_n	440
Номинальный ток, А	I_n	210
Номинальная угловая скорость, об/мин	n_n	540
Активное сопротивление двигателя, Ом	$R_{дв}$	0,12
Индуктивность двигателя, Гн	$L_{дв}$	0,0016
Максимальный ток, А	$I_{дв.макс}$	525
Номинальный момент двигателя, Н·м	M_n	1500
Момент инерции двигателя, кг·м ²	$J_{дв}$	27.5
Допустимая перегрузка по току	λ	2,5

Расчетные параметры электродвигателя

Сопротивление двигателя в горячем состоянии, определяется по выражению

$$R_{дв.гор} = 1.3 \cdot R_{дв} = 1.3 \cdot 0,12 = 0,156 \text{ Ом.}$$

Номинальная угловая скорость, определяется по выражению

$$\omega_n = \pi \cdot n_n / 30 = 3.14 \cdot 540 / 30 = 56,52 \text{ рад/с.}$$

Коэффициент ЭДС (В*с/рад) и электромагнитного момента двигателя

$$c = (U_n - I_n \cdot R_{дв.гор}) / \omega_n = (440 - 210 \cdot 0,156) / 56,52 = 7,2 \text{ В} \cdot \text{с}$$

Максимально допустимый ток двигателя

$$I_{дв. макс} = 2,5 \cdot 210 = 525 \text{ А}$$

Электромагнитная постоянная времени цепи двигателя

$$T_{дв} = \frac{L_{дв}}{R_{дв}} = \frac{0.0016}{0.156} = 0.01026 \text{ с.}$$

2.2 Выбор тиристорного преобразователя

На основании параметров трансформатора и двигателя: $U_{н\text{ ДВ}}=440\text{ В}$ и $I_{н\text{ ДВ}}=210\text{ А}$, выбираем тиристорный преобразователь серии КТЭ 320/440 – 0111 – УХЛ4.

С параметрами : $U_{дн}=440\text{ В}$; $I_{дн}=320\text{ А}$

Перегрузочная способность ТП

$$I_{тп.мак} = 2,25 \cdot I_{н} = 2,25 \cdot 320 = 720\text{ А},$$

что больше допустимого тока двигателя

$$I_{дв.мак} = 525\text{ А}.$$

Тиристорный преобразователь удовлетворяет заданным техническим требованиям.

2.3.Выбор трансформатора

В состав комплектного тиристорного преобразователя входит согласующий силовой трансформатор для питания вентильного преобразователя, его выбор производим по [5].

Расчетное значение фазовой ЭДС вентильной обмотки трансформатора выбираем по условию обеспечения заданной максимальной скорости электропривода при пониженном напряжении сети и номинальном токе двигателя

$$E_{2ф\text{ расч}} = k_{и2ф} \cdot k_{\alpha} \cdot \frac{1}{k_{ис}} (1 + k_R) \cdot U_{дв\text{ макс}}\text{ В}$$

где

$$U_{дв\text{ макс}} = c \cdot w_{\text{ЭП макс}} + I_{дв\text{ ном}} \cdot R_{дв\text{ гор}} = 7,2 \cdot 56,52 + 210 \cdot 0,156 = 439,66\text{ В}$$

максимальное напряжение на двигателе при максимальном токе и

максимальной скорости привода, В

$k_{u2\phi}$ -коэффициент семы, [7].

$$k_{u2\phi} = 0,428$$

$k_{\alpha} = \frac{1}{\cos\alpha_{\text{МИН}}}$ -коэффициент запаса, учитывающий неполное открытие

тиристоров преобразователя;

$\alpha_{\text{МИН}}$ -минимальный угол управления преобразователя. Для не реверсивных преобразователей с отдельным управлением можно принять

$$\alpha_{\text{МИН}} = 10^{\circ}$$

k_{uc} -коэффициент запаса по напряжению: $k_{uc} = 0.85$;

k_R - коэффициент запаса, учитывающий падение напряжения в тиристорах, обмотках трансформатора, а также за счет коммутации, $k_R=0,05$

$$E_{2\phi \text{ расч}} = 0,428 \cdot 1,0188 \cdot \frac{1}{0,85 \cdot (1 + 0,05)} \cdot 439,66 = 236,8 \text{ В.}$$

Расчетное действующее значение фазного тока вентильной обмотки

$$I_{2\phi \text{ расч}} = k_i \cdot k_{i2\phi} \cdot I_{\text{ДВН}} = 1,05 \cdot 0,815 \cdot 210 = 179,7 \text{ А.}$$

где

k_i -коэффициент, учитывающий отклонение формы тока от прямоугольной, $k_i = 0,815$, [7].

$k_{i2\phi}$ -коэффициент схемы выпрямления по току вторичной обмотки, $k_{i2\phi}=0,815$ (табл.5.1).

Расчетная типовая мощность трансформатора

$$S_{\text{тр расч}} = k_s \cdot \frac{E_{2\phi \text{ расч}}}{k_{u2\phi}} \cdot k_i \cdot I_{\text{ДВН}} = 1,045 \cdot \frac{236,8}{0,428} \cdot 1,05 \cdot 210 = 127519 \text{ В} \cdot \text{А}$$

где

k_s -коэффициент схемы выпрямления по мощности, $k_s=1,045$, [7].

Максимальная мощность, отдаваемая трансформатором в режиме

рабочей перегрузки двигателя,

$$S_{\text{тр макс}} = k_s \cdot (1 + k_R \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_{\text{дв н}}} \cdot k_i \cdot P_{\text{дв макс}} = 1,045 \left(1 + 0,05 \frac{525}{210} \right) \cdot 1,05 \cdot 256620 = 316774$$

где

$$P_{\text{дв макс}} = U_{\text{дв макс}} \cdot I_{\text{доп}} = 488,8 \cdot 525 = 256620 \text{ В} \cdot \text{А}$$

-максимальная мощность потребляемая двигателем в режиме рабочей перегрузки при скорости $w_{\text{эл макс}}$.

$$U_{\text{дв макс}} = c \cdot w_{\text{эл макс}} + I_{\text{доп}} \cdot R_{\text{дв гор}} = 7,2 \cdot 56,52 + 2,5 \cdot 210 \cdot 0,156 = 488,8 \text{ В}$$

Выбираем трансформатор типа ТСЗП-250/0,7У3 со следующими номинальными данными, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 Номинальные данные трансформатора

Наименование величины	Обозначение величины	Значение
Номинальная мощность трансформатора, кВ*А	$P_{\text{н.т}}$	235
Фазное напряжения вторичной обмотки трансформатора, В	$U_{2\phi}$	240,46
Линейное напряжение вторичной обмотки трансформатора, В	$U_{2л}$	416
Линейное напряжение первичной обмотки трансформатора, кВ	$U_{1л}$	6
Относительное напряжение короткого замыкания трансформатора	$U_{\text{к.3\%}}$	4,7
Фазный ток вторичной обмотки трансформатора, А	$I_{2\phi}$	326
Активная мощность потерь к. з. в обмотках трансформатора, Вт	$\Delta P_{\text{кз}}$	3700

Проверка:

$$S_{\text{тр}} > S_{\text{тр расч}}$$

$$235 \text{ кВ} \cdot \text{А} > 127519 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$$S_{\text{тр}} > S_{\text{тр расч}} / \lambda_{\text{тр}}$$

$$235 \text{ кВ} \cdot \text{А} > 316774 / 2,5 = 126709 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$$U_{2\text{н}} > \sqrt{3} E_{2\text{ф расч}} = \sqrt{3} \cdot 236,8 = 410 \text{ В}$$

$$440 \text{ В} > 410 \text{ В}$$

$$I_{2\text{ф}} > I_{2\text{ф расч}}$$

$$326 \text{ А} > 179,7 \text{ А}$$

Трансформатор соответствует заданным техническим требованиям.

Расчетные параметры трансформатора

Сопротивление трансформатора на фазу, определяется по выражению

$$\begin{aligned} Z_{\text{тр.ф}} &= \frac{U_{\text{к.з. \%}} \cdot U_{2\text{фф}}}{100 \cdot I_{2\text{фф}}} = \\ &= \frac{4,7 \cdot 240,46}{100 \cdot 326} = 0,0347 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

Активная составляющая сопротивления трансформатора, определяется по выражению

$$\begin{aligned} R_{\text{тр.ф}} &= \frac{\Delta P_{\text{к.з.}}}{m_2 \cdot I_{2\text{фн}}^2} = \\ &= \frac{3700}{3 \cdot 326^2} = 0,0116 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

Реактивная составляющая сопротивления трансформатора, определяется по выражению

$$X_{\text{тр.ф}} = \sqrt{Z_{\text{тр.ф}}^2 - R_{\text{тр.ф}}^2} =$$

$$= \sqrt{0.0347^2 - 0.0116^2} = 0.0327 \text{ Ом.}$$

Индуктивность фазы трансформатора, определяется по выражению

$$L_{\delta\delta.\delta} = \frac{X_{\delta\delta.\delta}}{\omega_{\tilde{n}}} =$$

$$= \frac{0.0327}{314} = 0.104 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Угловая частота питающей сети, определяется по выражению

$$\omega_{\tilde{n}} = 2\pi f_{\tilde{n}} = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314 \text{ с}^{-1}.$$

$f_c = 50$ - частота питающей сети, Гц.

2.4 Выбор сглаживающего реактора

При питании от тиристорного преобразователя по двигателю помимо постоянной составляющей тока протекают переменные составляющие, величина которых зависит от угла управления и параметров нагрузки. Это приводит к повышению нагрева двигателя, ухудшению условий коммутации и снижению жесткости механических характеристик в связи с расширением зоны прерывистых токов.

Включение сглаживающего дросселя в якорную цепь позволяет ограничивать величину переменных составляющих и, тем самым улучшить использование двигателя, его коммутацию и электромеханические характеристики, однако одновременно вызывает увеличение габаритов и веса привода, его стоимости и ухудшение динамических свойств.

Определение необходимой величины индуктивности сглаживающего дросселя из условия ограничения зоны прерывистых токов [5]:

$$L_{\hat{e}1} = \frac{1}{\omega_{\tilde{n}}} \psi_{\tilde{a}\tilde{\delta}\max} \psi_{\hat{e}u2} \frac{U_{2\hat{\delta}1}}{\psi_{d\tilde{a}\tilde{\delta}}} =$$

$$= \frac{1}{314} \cdot 0.09356 \cdot \frac{240.46}{0.428 \cdot 31.5} = 0.0053143 \text{ Гн.}$$

где

$$\kappa_{\text{Грmax}} = 1 - \frac{\pi}{6} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{6} = 1 - \frac{3,14}{6} \cdot \text{ctg} \frac{3,14}{6} = 0,093$$

$I_{\text{д Гр}} = 0,15 \cdot I_{\text{H}} = 0,15 \cdot 210 = 31,5$ - значение начально-непрерывного тока, А.

Индуктивность добавочного дросселя

$$\begin{aligned} L_{\text{др1}} &= L_{\text{кн1}} - 2L_{\text{тр.ф}} - L_{\text{дв}} = \\ &= 5,3143 \cdot 10^{-3} - 0,208 \cdot 10^{-3} - 1,6 \cdot 10^{-3} = 3,5063 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \end{aligned}$$

где

$2L_{\text{тр.ф}}$ - суммарная индуктивность обмоток трансформатора в контуре выпрямленного тока.

Необходимая величина индуктивности сглаживающего дросселя из условия ограничения пульсаций выпрямленного тока

$$\begin{aligned} L_{\hat{e}12} &= \frac{\dot{A}_{\text{d}(1)\text{max}} \Psi_{00}}{m_{\hat{a}} \Psi_{\omega_{\text{H}}} \Psi_{(1)\%} \Psi_{\text{д}}} = \\ &= \frac{136,2 \cdot 100}{6 \cdot 314 \cdot 7 \cdot 210} = 4,9178 \cdot 10^{-3} \text{ Гн,.} \end{aligned}$$

где действующее значение первой гармоники пульсирующего выпрямленного напряжения при угле управления $\alpha = 90^\circ$ рассчитывается по выражению

$$E_{\text{d}(1)\text{max}} = \frac{U_{2\text{фф}} \cdot \sqrt{2} \cdot m_{\text{В}}}{\kappa_{\text{u}2} \cdot (m_{\text{В}}^2 - 1)} =$$

$$= \frac{240.46 \cdot \sqrt{2} \cdot 6}{0.428 \cdot (6^2 - 1)} = 136.2 \text{ В},$$

где

$P_{(1)\%} = 7$ - допустимое действующее значение первой гармоники выпрямленного тока в процентах.

Индуктивность сглаживающего дросселя

$$L_{др2} = L_{кн2} - 2L_{тр.ф} - L_{дв} =$$

$$= 4,9178 \cdot 10^{-3} - 0.208 \cdot 10^{-3} - 1,6 \cdot 10^{-3} = 3.11 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

По полученным величинам индуктивностей выбираем дроссель типа ФРОС–65/05У3 с параметрами:

- индуктивность $L_{др}$, мГн 1,5;
- активное сопротивление, $R_{др}$ мОм 6,8;
- номинальный длительный ток, $I_{дрн}$ А 250.

2.5 Расчет параметров силовой цепи

Расчет параметров силовой цепи тиристорного преобразователя

Сопротивление силовой цепи преобразователя

$$R_{ТП} = 2R_{трф} + R_k = 2 \cdot 0,0116 + 0,031 = 0,054 \text{ Ом},$$

где $R_k = \frac{m_B \cdot X_{трф}}{2\pi} = \frac{6 \cdot 0,0327}{2 \cdot 3,14} = 0,031 \text{ Ом}$ - сопротивление, вносимое за счет

коммутации анодных токов, Ом.

Индуктивность силовой цепи преобразователя

$$L_{ТП} = 2L_{тр.ф} = 2 \cdot 0,104 \cdot 10^{-3} = 0,000208 \text{ мГн.}$$

Расчет параметров якорной цепи электропривода

Сопротивление цепи двигателя

$$R_{\text{цдв}} = R_{\text{дв.гор}} + R_{\text{др}} = 0,156 + 0,0068 = 0,1628 \text{ Ом}$$

Сопротивление якорной цепи

$$R_{\text{яц}} = R_{\text{цдв}} + R_{\text{тп}} = 0,1628 + 0,054 = 0,2168 \text{ Ом}$$

Индуктивность якорной цепи

$$L_{\text{яц}} = L_{\text{дв}} + L_{\text{др}} + L_{\text{тп}} = 0,0016 + 0,0015 + 0,0002 = 0,0033 \text{ мГн}$$

Электромагнитная постоянная якорной цепи

$$T_{\text{яц}} = \frac{L_{\text{яц}}}{R_{\text{яц}}} = \frac{3,3 \cdot 10^{-3}}{0,2168} = 0,0152 \text{ с.}$$

Электромеханическая постоянная времени электропривода:

$$T_{\text{м}} = \frac{J \cdot R_{\text{яц}}}{c^2} = \frac{34,3 \cdot 0,2168}{7,2^2} = 0,143 \text{ с.}$$

Определим отношение постоянных

$$\frac{T_{\text{м}}}{T_{\text{яц}}} = \frac{0,143}{0,0152} = 9,4$$

Полученное отношение более 4, что говорит о слабом влиянии ЭДС двигателя, потому при оптимизации не будем учитывать ЭДС двигателя.

Расчетные параметры тиристорного преобразователя

Среднее выпрямленное напряжение при угле управления $\alpha = 0^\circ$

$$E_{d0} = \frac{U_{2л}}{k_{u2л}} = \frac{416}{0,74} = 561 \text{ В}$$

Коэффициент (максимальное значение) усиления преобразователя

$$K_{\text{ТП}} = \frac{\pi \cdot k_{y0} \cdot E_{\text{до}}}{2 \cdot U_{\text{оп макс}}} = \frac{3,14 \cdot 0,475 \cdot 561}{10} = 83,67 \text{ В}$$

где $k_{y0} = 0,475$ коэффициент передачи управляющего органа на входе СИФУ;

$$2 \cdot U_{\text{оп макс}} = 10 \text{ В амплитуда опорного напряжения СИФУ.}$$

Постоянная времени тиристорного преобразователя

$$T_{\text{ТП}} = \frac{0,5}{m_{\text{В}} \cdot f_c} = \frac{0,5}{6 \cdot 50} = 0,00167 \text{ с}$$

Максимальный допустимый ток электропривода

$$I_{\text{ЭП макс}} = I_{\text{ДВ макс}} = 525 \text{ А}$$

2.6 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода

Заданная область существования электромеханических характеристик электропривода (замкнутой системы), ограниченная значением $\omega = \omega_{\text{max}}$ и зависимостью $\pm I_{\text{дв}}(\omega)$, должна полностью располагаться внутри области существования характеристик проектируемой системы преобразователь двигатель. Последняя в свою очередь ограничена предельными характеристиками, соответствующими работе проводящей группы вентиля в режиме предельного инвертирования, а в выпрямительном режиме при минимальном угле управления. Поскольку проектируемый электропривод неререверсивный, то характеристика в режиме предельного инвертирования не рассчитывается. Выполнение вышеупомянутого условия требует значительного запаса по напряжению и мощности преобразователя и силового трансформатора. Такой подход может быть рекомендован при проектировании электроприводов, от которых требуется реализация предельных динамических

возможностей двигателей, что не является целью проектирования данного привода.

Должно выполняться следующее условие: при пониженном напряжении сети и работе преобразователя в выпрямительном режиме с минимальным углом управления α_{\min} электромеханическая характеристика разомкнутой системы должна быть расположена выше точки с координатами $\omega = \omega_{\max}$ и $I = I_H$.

Минимальный угол управления преобразователем

$$\alpha_{\min} = \arccos \frac{C\omega_{\max} + I_{\text{дв}} R_{\text{дв}}}{k_c E_{\text{д0}}} = \arccos \frac{7.2 \cdot 56.52 + 210 \cdot 0.2168}{0.85 \cdot 561} = 17 \text{ град}$$

Принимаем $\alpha_{\min} = 15$ градусов

Рассчитываем электромеханические характеристики разомкнутой системы при $\alpha_{\min} = 15$ градусов по выражению выпрямительном режиме:

$$\begin{aligned} \omega_{\max}(I_{\text{дв}}) &= \frac{1}{n} (\kappa_n E_{\text{д0}} \cos \alpha_{\min} - R_{\text{дв}} I_{\text{дв}}) \\ &= \frac{1}{7.2} (0.85 \cdot 561 \cdot \cos 15^\circ - 0.2328 \cdot I_{\text{дв}}) \end{aligned}$$

Расчет электромеханической характеристики, при $\kappa_c=1$, сведен в таблице.3., а при $\kappa_c=0,85$ в таблице 4, сами характеристики представлены на рисунке .4.

Таблица 3 Расчетные параметры электромеханической характеристики, при $\kappa_c=1$.

$\omega, \text{с}^{-1}$	74	67	57
$I_{\text{дв}}$	0	210	525

Таблица 4 Расчетные параметры электромеханической характеристики, при $k_c=0,85$.

ω, c^{-1}	63	56	46
$I_{дв}$	0	210	525

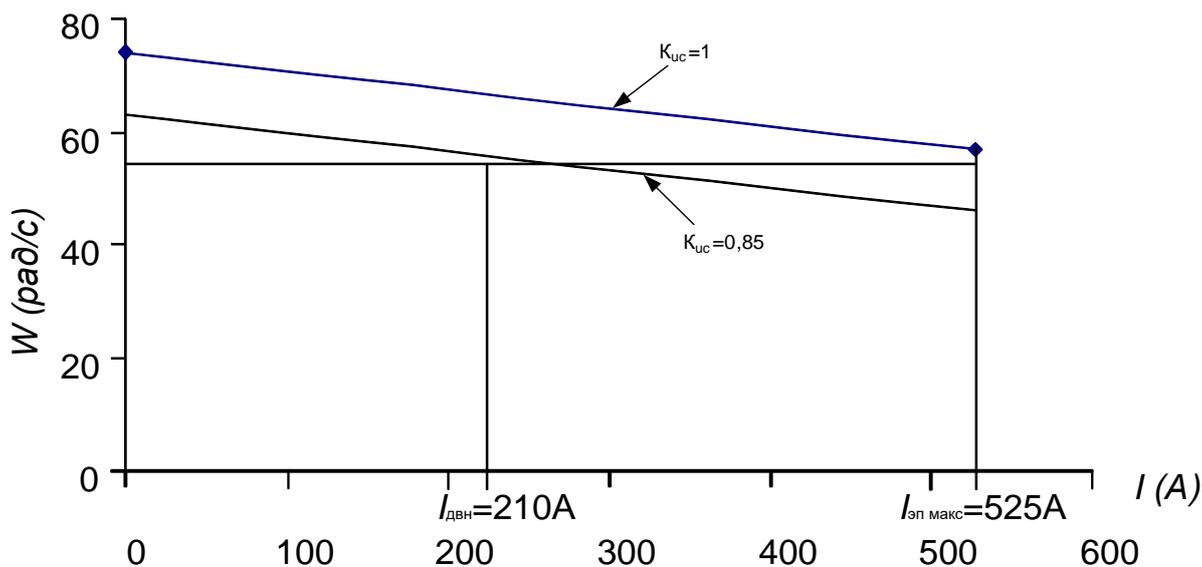


Рисунок 4- Электромеханические характеристики разомкнутой системы.

2.7 Расчет электромеханических характеристик разомкнутой системы преобразователь-двигатель

2.2 Расчёт электромеханических характеристик системы УВ-Д

Скорость вращения вала электродвигателя:

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

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

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

ΔU_ϵ – прямое падение напряжение на тиристоре.

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

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

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

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

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

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

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

Значение ЭДС в относительных единицах в зависимости от угла

управления α в зоне прерывистых токов:

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

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

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

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

Значение тока в относительных единицах в зоне прерывистых токов:

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

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

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

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

Если в приведенных выражениях задавать угол открытия тиристорov α (в диапазоне $0 \dots 180$) и угол проводимости λ ($0 \dots 60$), то получим семейство электромеханических характеристик в зоне прерывистых токов. Электромеханические характеристики системы УВ-Д построены в программе MathCad и представлены на рис. 7:

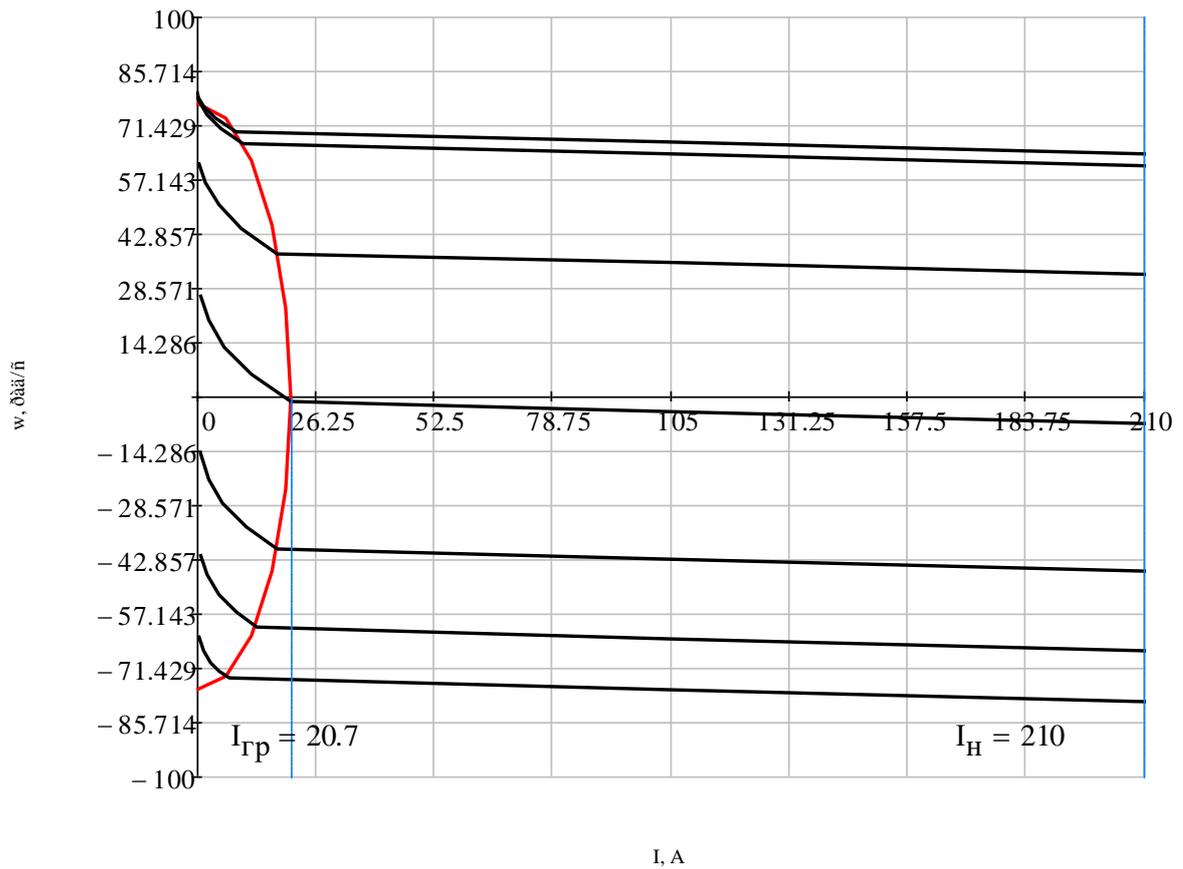


Рисунок 7 – Электромеханические характеристики системы УВ–Д с раздельным управлением

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

Как видно из графиков рисунка 13 отношение $\frac{I_{дгрmax}}{I_{дн}} = \frac{28,4}{274} = 0,104$, что

является приемлемым.

2.9 Структурная схема системы автоматического регулирования электропривода

Так как к электроприводу агломерационной машины не предъявляются высокие требования к статическим и динамическим характеристикам, то вместо обратной связи по скорости в системе регулирования этого привода используется обратная связь по ЭДС двигателя. Применение обратной связи по ЭДС позволяет избежать трудностей, связанных с применением тахогенераторов для измерения скорости. Электропривод агломерационной машины с обратной связью по ЭДС двигателя обеспечивает высокую жесткость механической характеристики. Следует отметить, что такая система достаточно просто реализуется, имеет высокие показатели надежности в эксплуатации, а также в них возможно ограничивать ток путем ограничения выходного напряжения

регулятора ЭДС.

Структурная схема силового канала приведена на рисунке

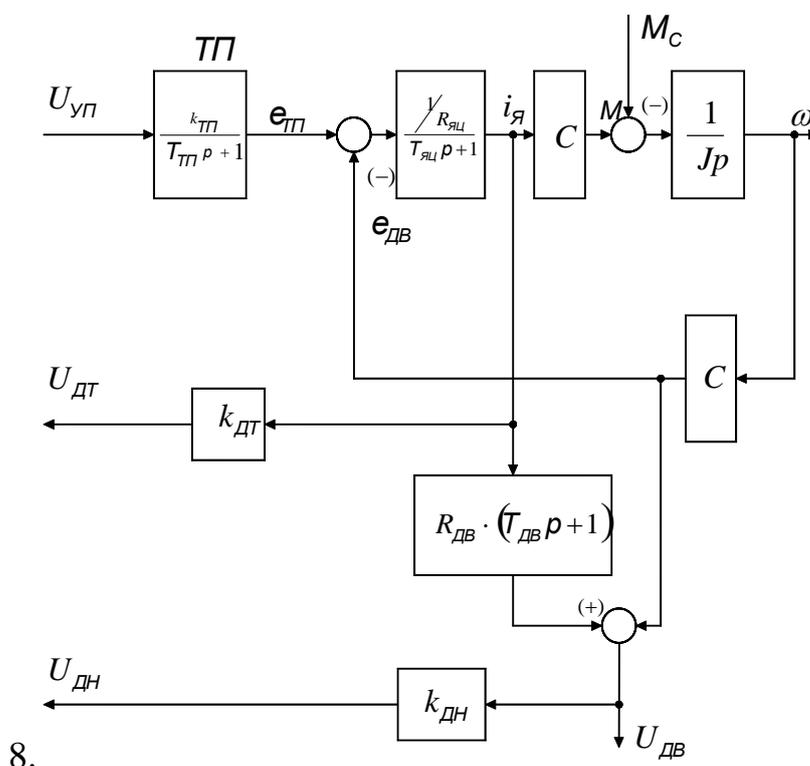


Рисунок. 8 Структурная схема силового канала

Структурная схема системы автоматического регулирования электропривода агломерационной машины представляет собой двухконтурную систему подчиненного регулирования, представленную на демонстрационном листе и рисунке 9.

На схеме приняты следующие обозначения:

$W_{\Phi}(p) = 1/T_{\Phi}p+1$ передаточная функция фильтра на входе РЭП;

$W_{p.эдс}(P) = K_{p.эдс}$ передаточная функция П – регулятора ЭДС;

$W_{p.т}(P) = K_{p.т} \cdot \frac{T_{p.т}p+1}{T_{p.т}p}$ передаточная функция ПИ – регулятора тока;

$W_{тп}(p) = \frac{K_{тп}}{T_{\mu}p+1}$ передаточная функция тиристорного преобразователя;

$K_{дт}, K_{от}$ коэффициенты датчика тока и обратной связи по току, соответственно.

$K_{дэ}, K_{оэ}$ коэффициенты датчика ЭДС и обратной связи по ЭДС, соответственно.

Структурная схема регулируемого электропривода (РЭП) представляет собой двухконтурную систему с внутренним контуром тока с ПИ-регулятором и внешним контуром ЭДС с П-регулятором. Обратная связь по ЭДС двигателя реализуется путем суммирования на входе датчика ЭДС двух входных сигналов, пропорциональных напряжению и падению напряжения в якорной цепи двигателя для измерения ЭДС, согласно [4].

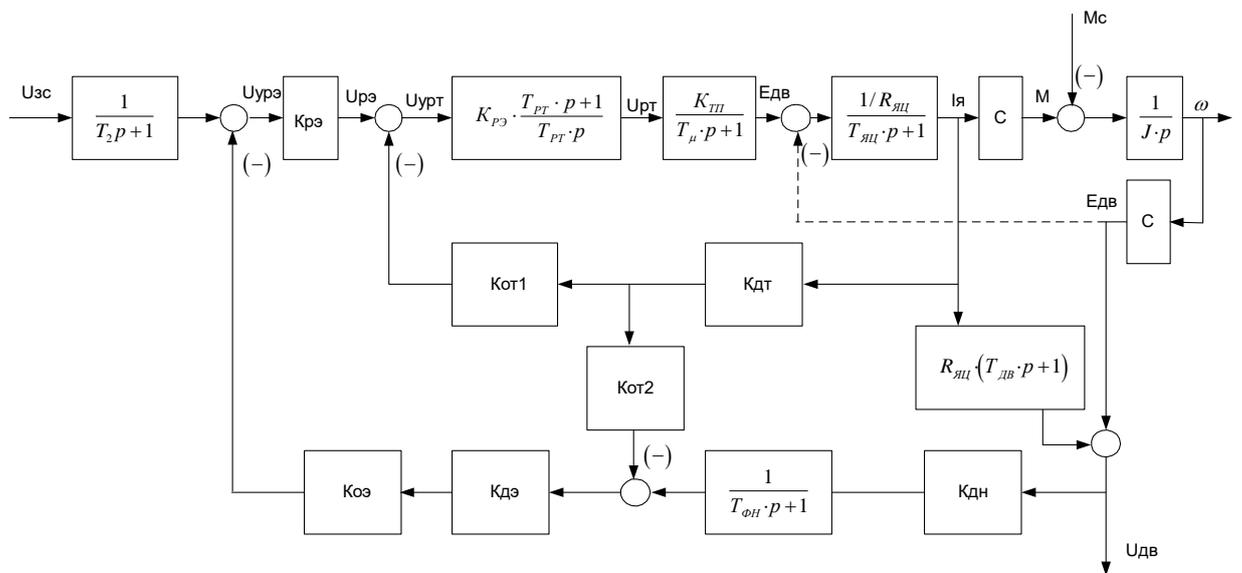


Рисунок 9 Структурная схема САР РЭП

2.10 Оптимизация контура тока

Контур тока (рисунок.10) настраивается в соответствии по МО с методикой, изложенной в [4]. Регулятор тока пропорционально-интегральный. Малая постоянная времени в контуре тока

$$T_{\mu T} = T_{ТП} = 0,00167 \text{ с}$$

Коэффициент оптимизации контура тока $a = 2$.

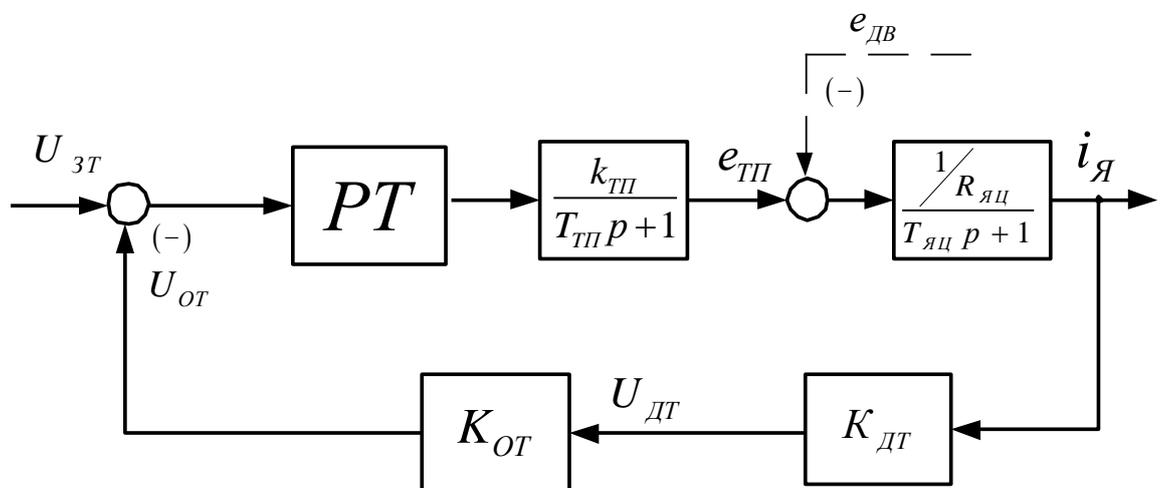


Рисунок 10 Структурная схема контура тока.

Прежде всего настройка контура производится без учета внутренней обратной связи по ЭДС двигателя. Тип регулятора и метод оптимизации контура выбираются в зависимости от соотношения $T_{яц}/4*T_{\mu}$ (табл.7.).

Таблица 7 Тип регулятора и метод оптимизации контура

$T_{яц}/4*T_{\mu}$	Тип регулятора	Метод оптимизации
≤ 1	ПИ	МО [СО]
≥ 1	ПИ	СО [МО]
$\gg 1$	П [ПИ]	МО [СО]

Контур тока настраивается на технический модульный оптимум при коэффициенте оптимизации $a_t = 2 [4]$.

Установка дополнительных сглаживающих фильтров в контуре тока весьма неблагоприятно сказывается на характере процессов в контуре (приводит к снижению быстродействия как контура тока, так и электропривода в целом), поэтому установка дополнительных фильтров в контуре тока может определяться только необходимостью снижения уровня помех, и должна быть отнесена к этапу ввода электропривода в эксплуатацию.

Поскольку отрицательная обратная связь по ЭДС двигателя при определенных соотношениях параметров электропривода может оказывать существенное влияние на характер протекания переходных процессов в контуре тока [4], следует оценить ее влияние.

Отношение

$$T_m/T_{яц}=0,1434/0,0152=9.437$$

достаточно велико, что говорит о незначительном влиянии отрицательной обратной связи по ЭДС двигателя, потому при оптимизации контуров не будем учитывать ЭДС двигателя (показано пунктиром на рисунке 9).

Параметры регулятора тока определяются из следующих выражений [4]:

Постоянная времени регулятора тока:

$$T_{рТ} = T_{яц} = 0.0152с;$$

Допустимое выходное напряжение регулятора ЭДС в режиме токоограничения принимаем 10 В.

Коэффициент обратной связи по току якоря

$$k_m = k_{\partial m} \cdot k_{oc} = \frac{U_{рс доп}}{I_{доп max}} = \frac{10}{525} = 0,0190476 \text{ В/А};$$

Коэффициент усиления регулятора тока:

$$K_{рТ} = \frac{T_{яц} \cdot R_{яц}}{K_{тп} \cdot K_T \cdot 2 \cdot T_{\mu}} = \frac{0,0152 \cdot 0,2168}{83,67 \cdot 0,0190476 \cdot 2 \cdot 0,00167} = 0,281$$

Коэффициент передачи датчика тока

$$K_{дт} = 0,01875.$$

Коэффициент передачи цепи обратной связи по току

$$K_{от} = K_T / K_{дт} = 0,0190476 / 0,01875 = 1,016.$$

Передаточная функция замкнутого контура имеет вид

$$W(p)_{т.зам} = \frac{1/K_m}{2T_{\mu t} \cdot p(T_{\mu t} \cdot p + 1) + 1}.$$

При оптимизации внешнего контура ЭДС передаточная функция замкнутого контура тока упрощается до первого порядка

$$W(p)_{т.зам} = \frac{1/K_m}{2T_{\mu t} \cdot p + 1} = \frac{1/K_m}{T_m \cdot p + 1},$$

где $T_m = 2T_{\mu t} = 2 * 0,00167 = 0,0034с,$

эквивалентная постоянная времени оптимизированного контура тока.

2.11 Оптимизация контура ЭДС

Оптимизация контура ЭДС ведется по методике, описанной в [4]. Если в структурной схеме системы упрощенно описать контур тока и выполнить условие, что

$$K_{OT2} \cdot K_{DT} = R_{ДВ} \cdot K_{ДН},$$

то они преобразуются к виду, показанному на рисунке 11., где в соответствии с передаточной функцией датчика ЭДС должно быть выбрано $T_{ФН} = T_{ДВ}$. Наличие апериодического звена в цепи обратной связи вызывает необходимость включения на входе системы такого же звена при $T_2 = T_{ДВ}$ для исключения повышенного перерегулирования тока при отработке возмущения по заданию.

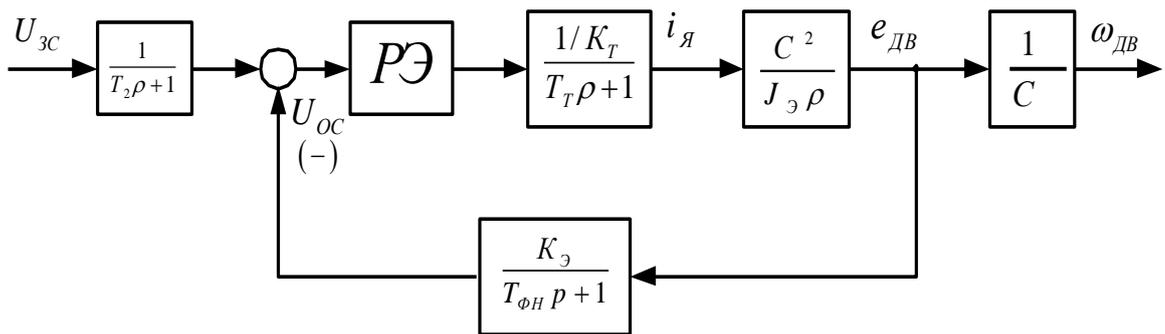


Рисунок 11 - Структурная схема линейризованной САУ РЭП
с обратной связью по ЭДС

Контур регулирования настраивается на модульный оптимум. Регулятор ЭДС – пропорциональный. Коэффициент оптимизации $a_э = 2$

Параметры регулятора находим следующим образом.

$$T_{\mu\text{Э}} = T_T = 0.0034 \text{ с};$$

$$K_э = K_{OЭ} \cdot K_{ДЭ} \cdot K_{ДН} = U_{3\text{МАКС}} / E_{ДВ\text{МАКС}} = 10 / 406.944 = 0.0245 \text{ В} \cdot \text{с}.$$

$$K_{дЭ} = 1;$$

$$K_{оЭ} = K_{Э} / K_{дЭ} \cdot K_{дН} = 0.0245 / 1 \cdot 0.02 = 1.225$$

Тогда

$$K_{рег \text{ ЭДС}} = \frac{J_{Э} \cdot K_{Т}}{K_{Э} \cdot C^2 \cdot a_{Э} \cdot (T_{Т} + T_{дВ})} =$$

$$= \frac{34.3 \cdot 0.0190476}{0.0245 \cdot 7.2^2 \cdot 2 \cdot (0.0034 + 0.01026)} = 18,82$$

Передаточная функция замкнутого контура ЭДС

$$W_{Э \text{ зам}} = \frac{1/K_{Э}}{a(T_{М} + T_{дв})P[(T_{М} + T_{дв})P + 1] + 1} = \frac{40,816}{0,00037P^2 + 0,0274P + 1}$$

Логарифмические частотные характеристики замкнутого контура ЭДС рассчитываются и строятся на основании приведённого выражения передаточной функций с использованием программы расчёта LACH и приведены на рисунке 12.

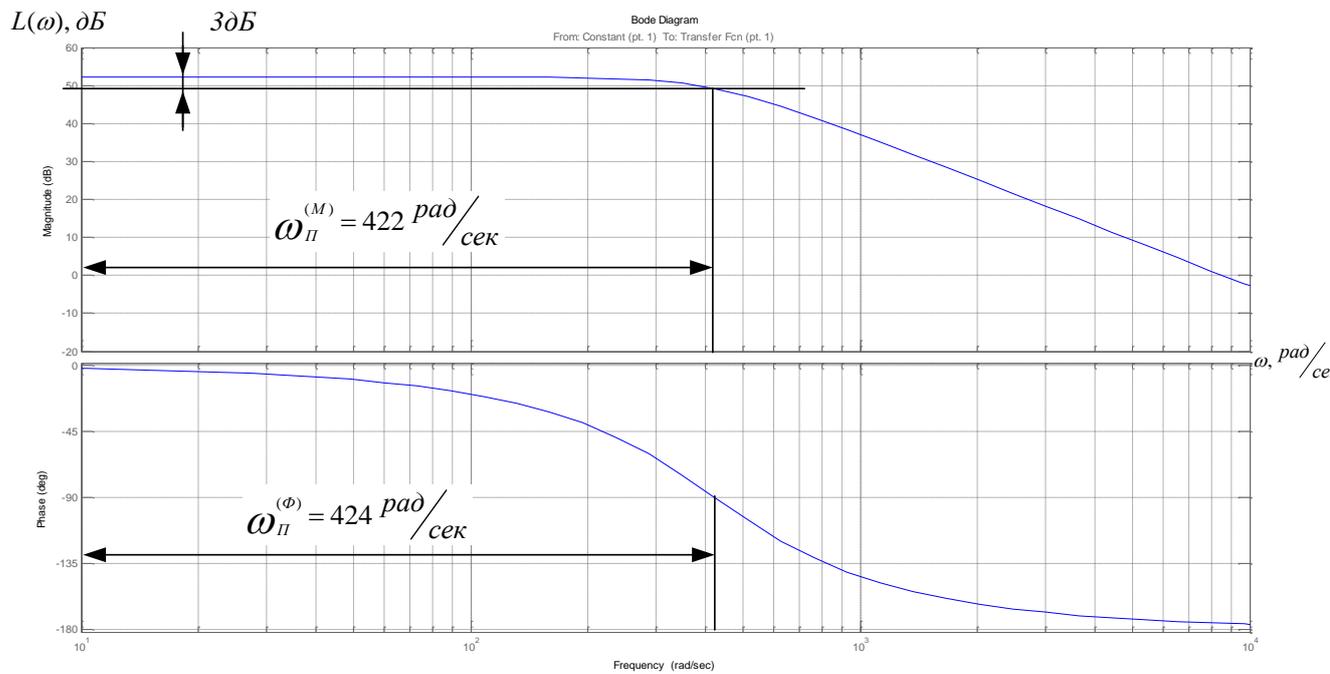


Рисунок 12 ЛАЧХ замкнутого контура ЭДС..

2.12 Расчет статических электромеханических характеристик

Данный двигатель постоянного тока управляется по цепи обмотки якоря уменьшением напряжения, следовательно, при постоянном потоке механические и электромеханические характеристики совпадают.

Механические характеристики при различном напряжении на якоре двигателя представлены на рисунке 13.

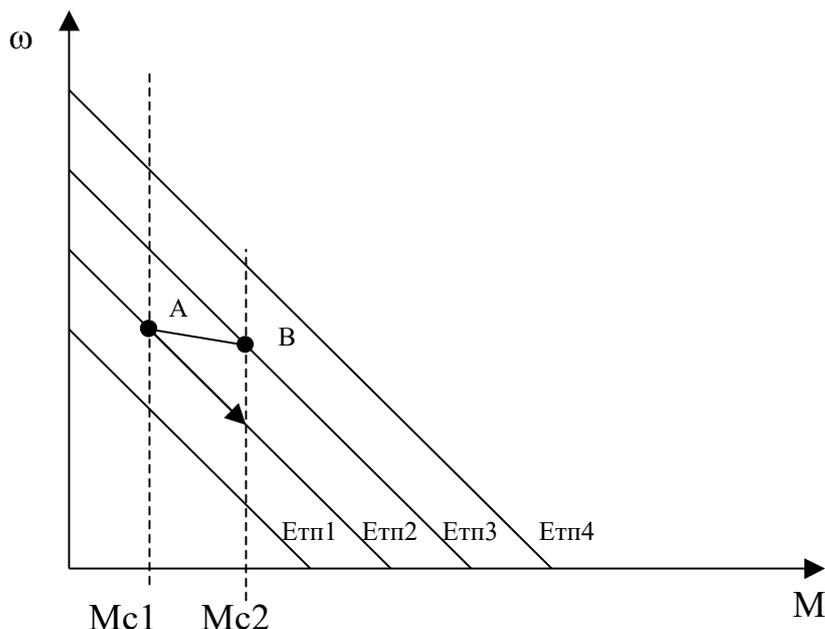


Рисунок 13 - Механические характеристики электродвигателя при различном напряжении на якоре.

Предположим что двигатель работает на характеристике $E_{тп2}$ и нагрузкой M_{c1} , то есть в точке А. Предположим, также, что нагрузка возросла и стала равной M_{c2} . В первый момент скорость двигателя падает. Уменьшается сигнал пропорциональный ЭДС двигателя (Едв.), так как:

$$E_{дв} = C * \omega \quad (1)$$

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

(Етп) можно определить:

$$E_{тп} = (U_{зс} - U_{оэ}) * K_{рэ} * K_{рт} * K_{тп} \quad (2)$$

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:

$$U_{урэ} = U_{зс} - U_{оэ} \quad (3)$$

$$U_{оэ} = (U_{дв} * K_{дн} - K_{дт} * K_{от2} * I_{дв}) * K_{дэ} * K_{оэ} \quad (4)$$

$$U_{рэ} = K_{рэ} * U_{урэ} \quad (5)$$

$$U_{урт} = U_{рэ} - U_{от} \quad (6)$$

$$U_{от} = K_{дт} * K_{от} * I_{дв} \quad (7)$$

$$U_{рт} = K_{рт} * U_{урт} \quad (8)$$

$$E_{тп} = K_{тп} * U_{рт} \quad (9)$$

$$U_{тп} = E_{тп} - I_{дв} * R_{тп} \quad (10)$$

$$U_{тп} = U_{дв} \quad (11)$$

$$U_{дв} = E_{дв} + I_{дв} * R_{дв} \quad (12),$$

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

Кдт – коэффициент передачи датчика тока;

Кот2 – коэффициент обратной связи по току в контуре регулятора ЭДС;

Идв – ток якоря двигателя;

Uдв – напряжение на якоре двигателя;

Кдн - коэффициент передачи датчика напряжения якоря двигателя;

Кдэ - коэффициент передачи датчика ЭДС;

Коз - коэффициент обратной связи по ЭДС;

Uрэ – выходное напряжение регулятора ЭДС;

Uот – напряжение обратной связи по току двигателя;

Кот1 - коэффициент обратной связи по току в контуре регулятора тока;

Uрт – выходное напряжение регулятора тока;

Uтп - выходное напряжение тиристорного преобразователя;

Rтп – эквивалентное сопротивление тиристорного преобразователя;

Едв – противо ЭДС обмотки якоря двигателя;

Кдв=1/C=0,139 - коэффициент передачи двигателя.

Структурная схема силовых цепей для режима стабилизации скорости приведена на рисунке 14.

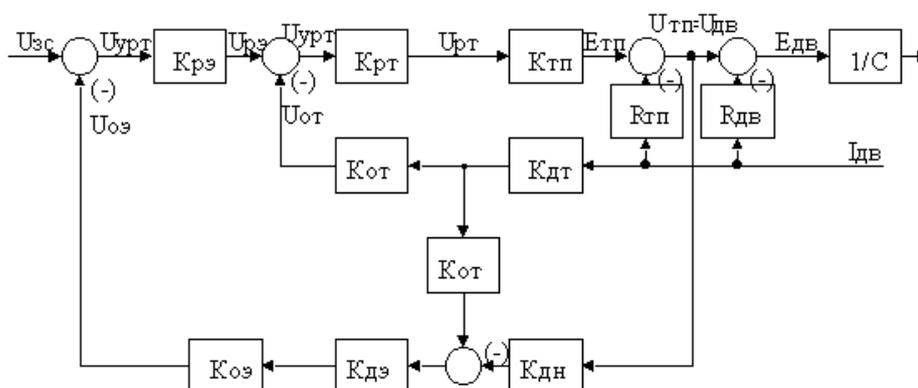


Рисунок 14 - Структурная схема силовых цепей для режима стабилизации скорости.

Решим систему уравнений (3 – 12) относительно угловой скорости двигателя:

$$\omega = \frac{K_{ДВ} * K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * U_{ЗС}}{1 + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДН}} -$$

$$- I_{ДВ} * K_{ДВ} * \left(\frac{R_{ЯЦ} + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДН} * R_{ДВ}}{1 + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДН}} \right) -$$

$$- I * K_{ДВ} * \left(\frac{K_{ТП} * K_{РТ} * K_{ДТ} * K_{ОТ1} - K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДТ} * K_{ОТ2}}{1 + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДН}} \right)$$
(13)

При увеличении нагрузки скорость двигателя падает и, как следует из (3), 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 15.

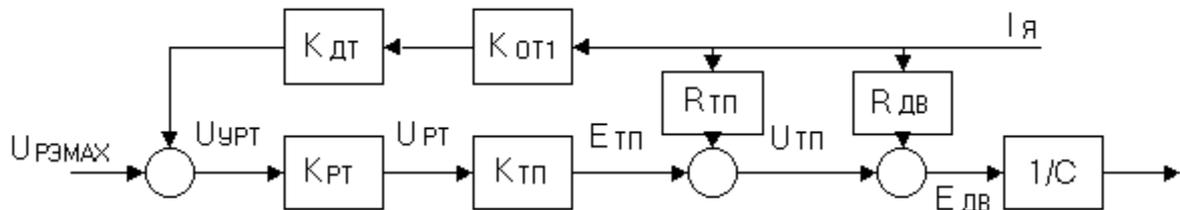


Рисунок 15 - Структурная схема силового канала электропривода для режима стабилизации тока.

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

$$U_{урэ} = U_{З} - U_{оэ} \tag{14}$$

$$U_{рэ} = U_{урэ} * K_{рэ} \tag{15}$$

$$U_{урт} = U_{рэ} - U_{от1} \tag{16}$$

$$U_{рт} = U_{урт} * K_{рт} \tag{17}$$

$$E_{тп} = U_{рт} * K_{тп} \tag{18}$$

$$U_{ТП} = E_{ТП} + I_{ДВ} * R_{ТП} \quad (19)$$

$$U_{ТП} = U_{ДВ} \quad (20)$$

$$U_{ДВ} = E_{ДВ} + I_{ДВ} * R_{ДВ} \quad (21)$$

$$E_{ДВ} = C * \omega_{ДВ} \quad (22)$$

Решим систему уравнений (14 – 22) относительно угловой скорости двигателя:

$$\omega = \frac{K_{ТП} * K_{РТ} * U_{рЭН}}{C} - I_{ДВ} * \frac{(R_{яц} + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{ДТ} * K_{от1})}{C} \quad (23)$$

Для определения тока стопорения двигателя решим (23) относительно тока, при $\omega = 0$. Получим:

$$I_{ст} = \left(\frac{K_{ТП} * K_{РТ} * U_{рЭН}}{C} \right) / \left(\frac{R_{яц} + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{ДТ} * K_{от1}}{C} \right) =$$

$$= \left(\frac{83,67 * 40000 * 10}{7,2} \right) / \left(\frac{0,2168 + 83,67 * 40000 * 0,01875 * 1,016}{7,2} \right) = 525 \text{ А} \quad (24)$$

Рассчитаем электромеханические характеристики электропривода для найденных ранее численных значений параметров и различных задающих напряжений. Результаты расчетов сведем в таблицу 8 .

Таблица 8

U _{зс} , В	ω_0 , рад/с	ω_n , рад/с
1	5,6	5,128
5	28,3	27,828
10	56,6	55,128

Графики электромеханических характеристик приведены на рисунке 16.

Графики рассчитаны при помощи прикладной программы Маhtсad 7.

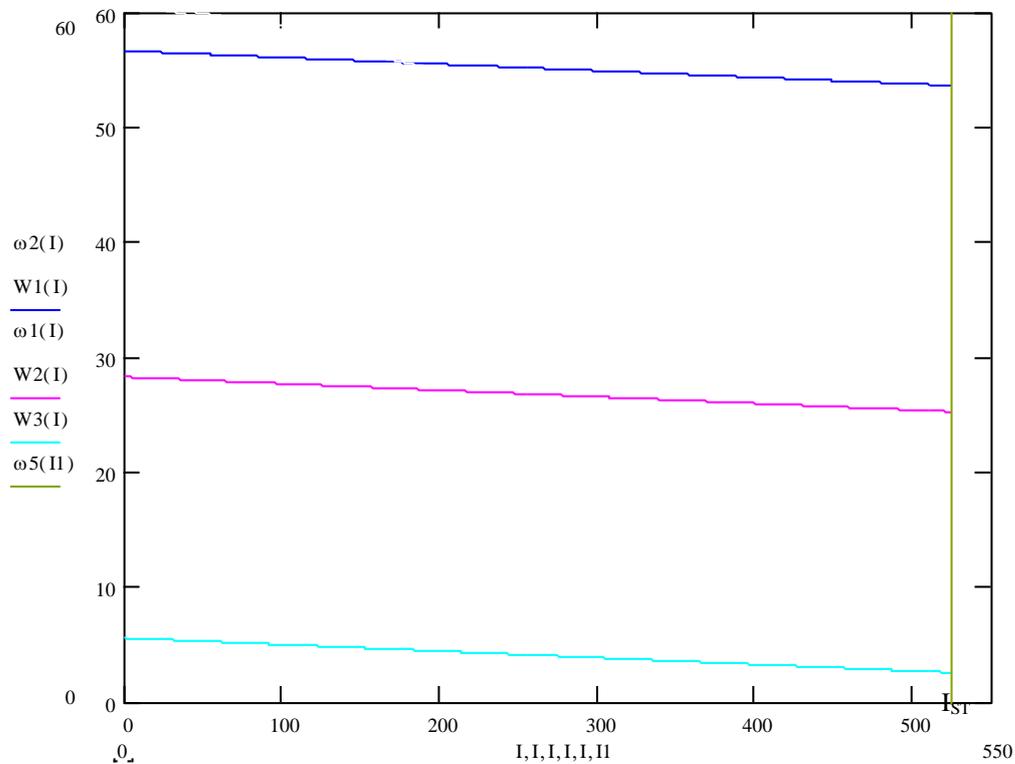


Рисунок 16 - Механические характеристики при различном напряжении на якоре двигателя

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

$$\delta = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0}$$

Результаты расчета сведем в таблицу 9.

Таблица 9

$U_3, В$	$\delta\%$
1	8,4
5	1,66
10	0,83

Из анализа результатов расчетов следует, что исследуемая система обеспечивает поддержание скорости в рабочем диапазоне нагрузок – не более 10%, что соответствует требованиям технического задания.

2.13 Анализ нелинейных структур САУ РЭП. Моделирование нелинейных структур САУ РЭП

Получение достоверных качественных и особенно количественных характеристик поведения реальной системы автоматизированного электропривода конкретного производственного механизма требует максимального учета особенностей работы как в целом электропривода, так и его отдельных элементов. В первую очередь это учет особенностей тиристорного преобразователя (дискретное полууправляемое устройство с конкретным способом управления и законом согласования регулировочных характеристик групп вентелей) и элементов систем электропривода с нелинейными характеристиками (СИФУ, регуляторы, обратные связи, нагрузки реактивного характера, кинематические цепи и т.д.), параметров электрической и механической систем, зависящих от времени и других параметров (индуктивность силовой цепи; момент нагрузки, момент инерции и т.п.).

Структурная схема нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный представлена на рисунке 17.

В структурной схеме приняты следующие обозначения:

$W(p)_{PЭ} = K_{PЭ}$ - передаточная функция П-РЭ;

$W(p)_{PT} = K_{PT} \frac{T_{PT}p + 1}{T_{PT}p}$ - передаточная функция ПИ-РТ;

$W(p)_{ТП} = \frac{K_{ТП}}{T_{mн}p + 1}$ - передаточная функция ТП;

$W(p) = \frac{C}{R_{яц} \cdot (T_{яц}p + 1) \cdot Jp}$ - передаточная функция передаточная функция

электродвигателя;

$W(p)_{ФЭ} = \frac{1}{T_{ФН}p + 1}$ - передаточная функция фильтра при $T_{ФН} = T_{дв}$.

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

$K_{дэ}$ - коэффициент датчика ЭДС;

$K_{дт}$ - коэффициент датчика тока;

$K_{от}$ - коэффициент обратной связи по току;

$K_{дн}$ - коэффициент датчика напряжения.

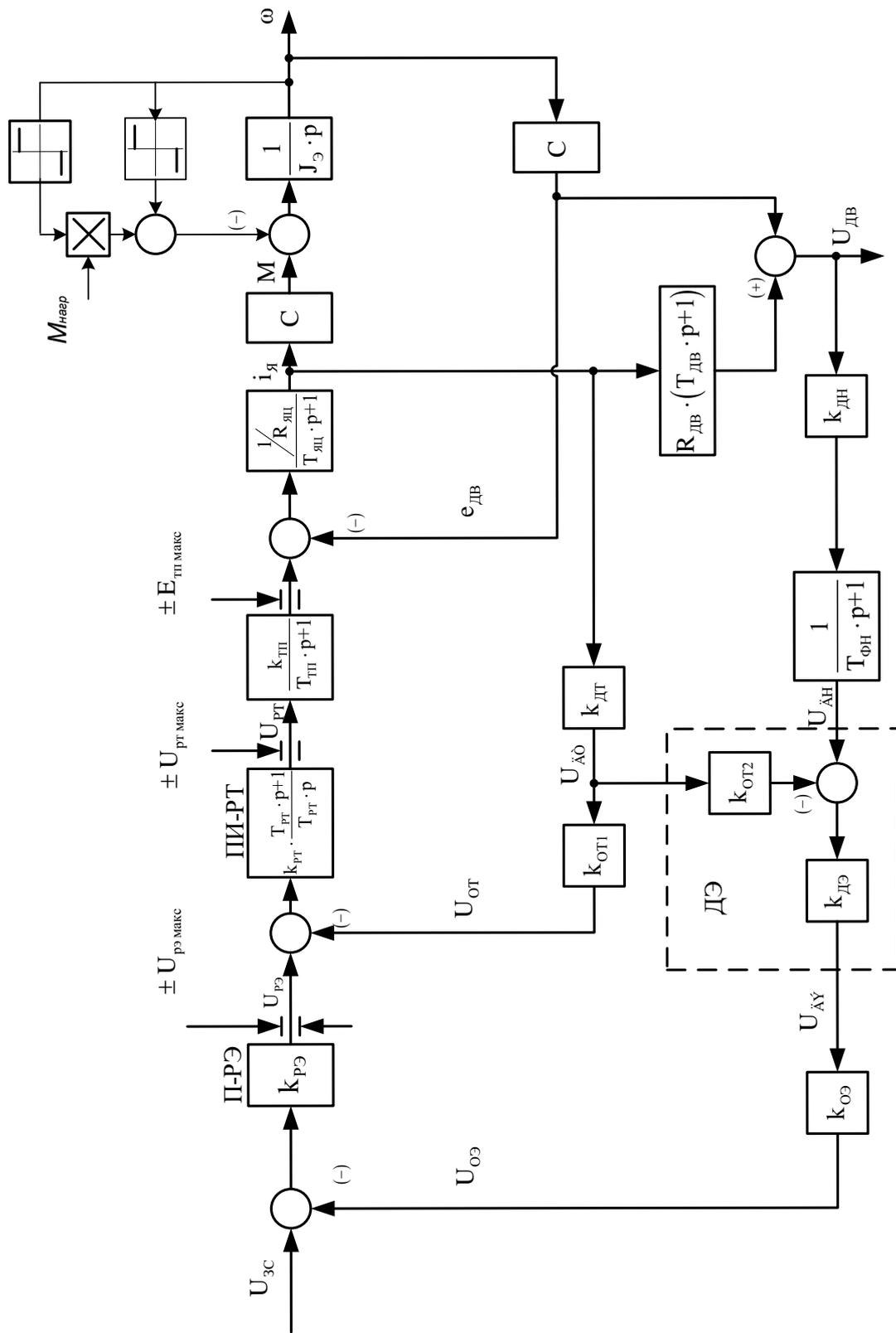


Рисунок 17 - Структурная схема нелинейной САР РЭП

2.13.1 Расчет переходных процессов и определение динамических показателей качества нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный

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

Переходные процессы нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный представлены на рисунках 18-22.

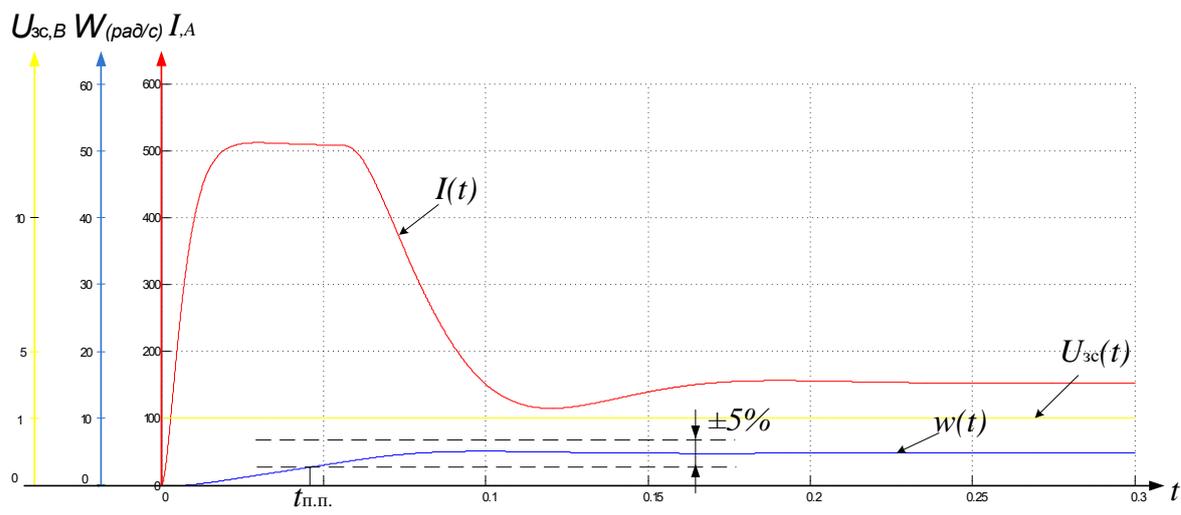


Рисунок 18

нок 18 Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $U_3=1 \text{ В}$ $t_{п.п.}=0.04 \text{ С}$

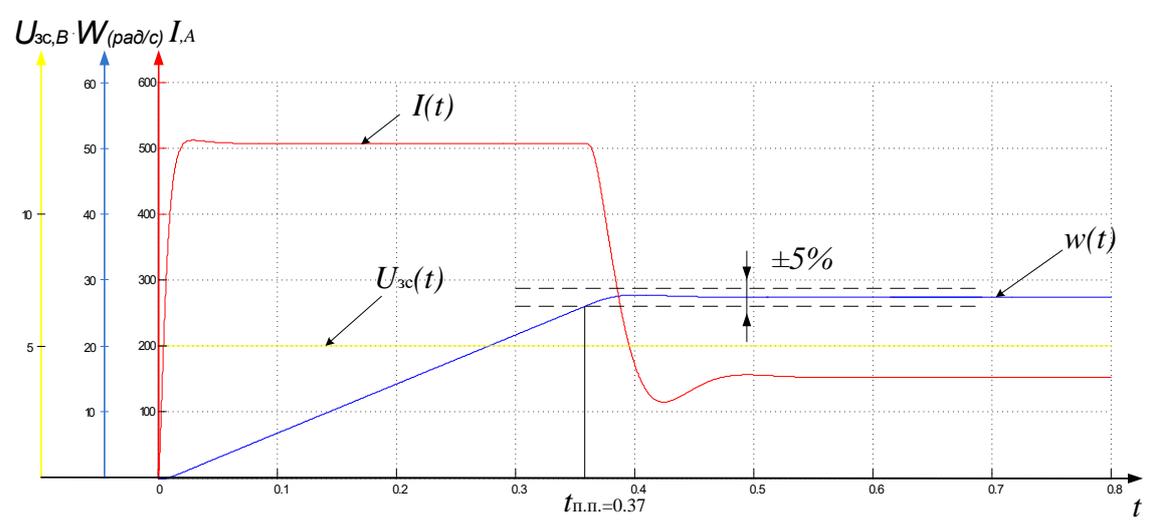


Рисунок 19 Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $U_3=5 \text{ В}$, $t_{п.п.}=0.37 \text{ С}$

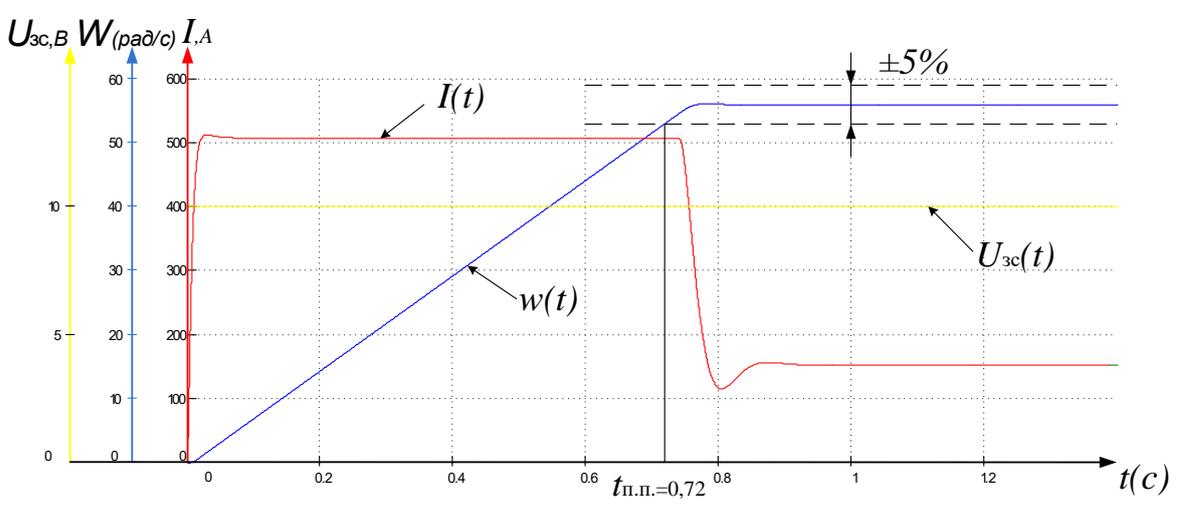


Рисунок 20 Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $U_3=10 \text{ В}$, $t_{п.п.}=0.82 \text{ С}$

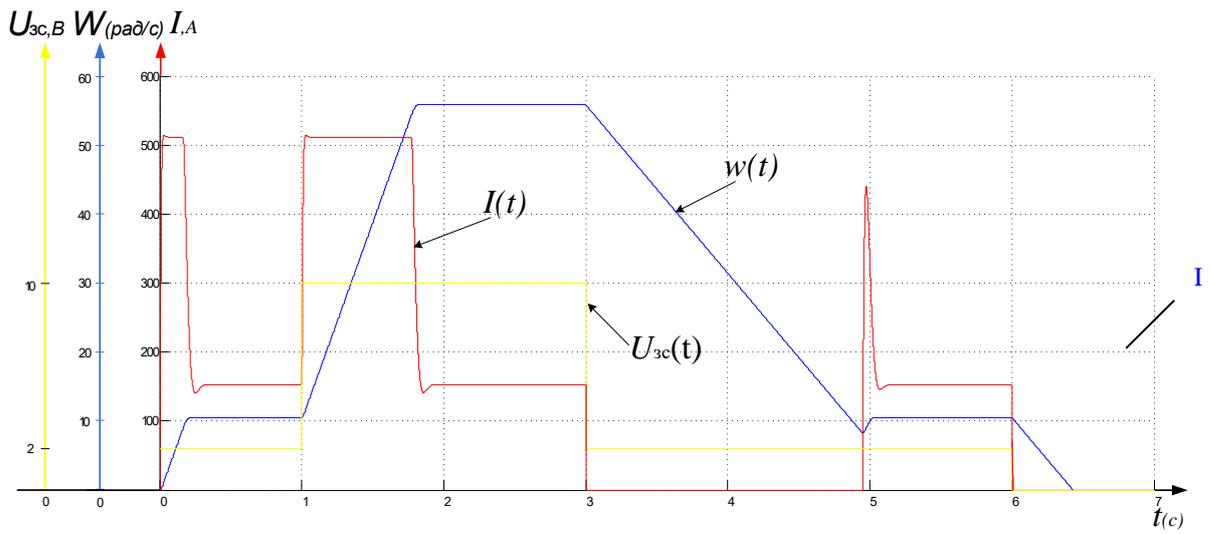


Рисунок 21 Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $U_3=2 \text{ В}$, увеличение $U_3=10 \text{ В}$, уменьшение $U_3=2 \text{ В}$ и торможении $U_3=0 \text{ В}$.

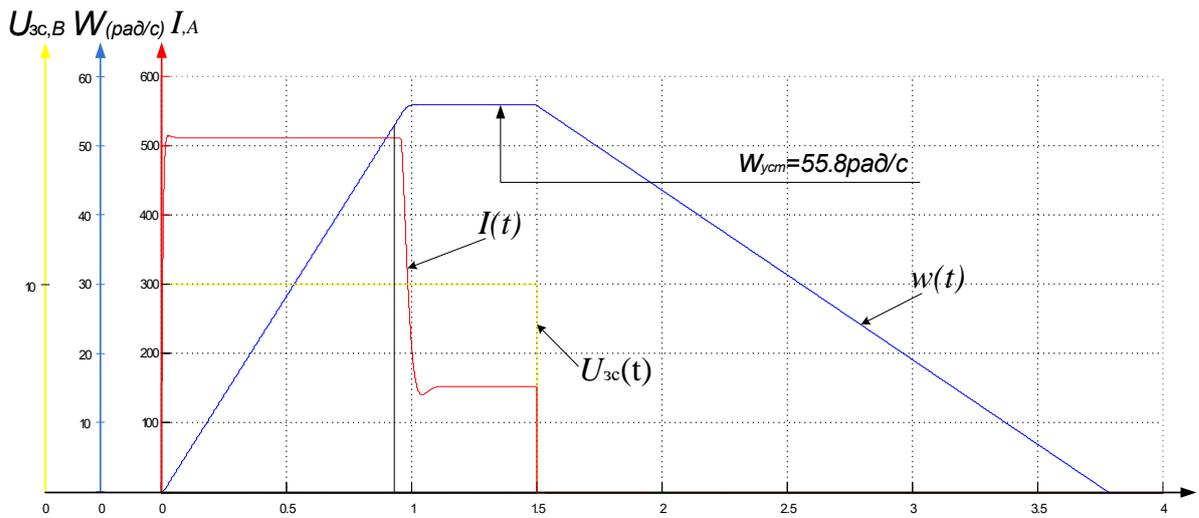


Рисунок 22 Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $U_3=10 \text{ В}$ и торможении $U_3=0 \text{ В}$

2.14 Принципиальная схема САР ЭП

На демонстрационном листе представлена принципиальная схема САР скорости двигателя. САР представляет собой комплексное устройство на типовых блоках УБСР – АИ (унифицированная блочная система регуляторов – аналоговая ветвь). Унифицированный сигнал в системе УБСР – АИ составляет 10В, напряжение питания постоянным током 15В и 24В, источники питания общие.

Для тиристорного электропривода постоянного тока, механизма агломашины, системы подчиненного регулирования организованы два контура регулирования. Внешний контур служит для регулирования скорости двигателя, построенный на П – регуляторе ЭДС, а внутренний – для подчиненного регулирования тока якоря. Объектом управления внутреннего контура является тиристорный преобразователь и якорная цепь электродвигателя, а внешнего контура – механическая часть ЭП.

Напряжение задания подается от командоаппарата на вход САР, Сигнал с регулятора ЭДС поступает на вход регулятора тока. На входе регулятора тока формируется сигнал управления для СИФУ, определяющий угол открывания тиристоров α .

В качестве контурных регуляторов в системе подчиненного регулирования применяются операционные усилители (ОУ). ОУ представляют собой совокупность усилителя постоянного тока (УПТ) и решающих цепей, придающих ему необходимую характеристику. УПТ характеризуется высоким коэффициентом усиления, большим входным и малым выходным сопротивлениями, высоким быстродействием.

2.15 Функциональная схема ЭП

На рисунке 23, а также на демонстрационном листе, представлена функциональная схема автоматизированного нереверсивного тиристорного электропривода постоянного тока механизма агломашины. Рассмотрим схему и назначение ее основных элементов.

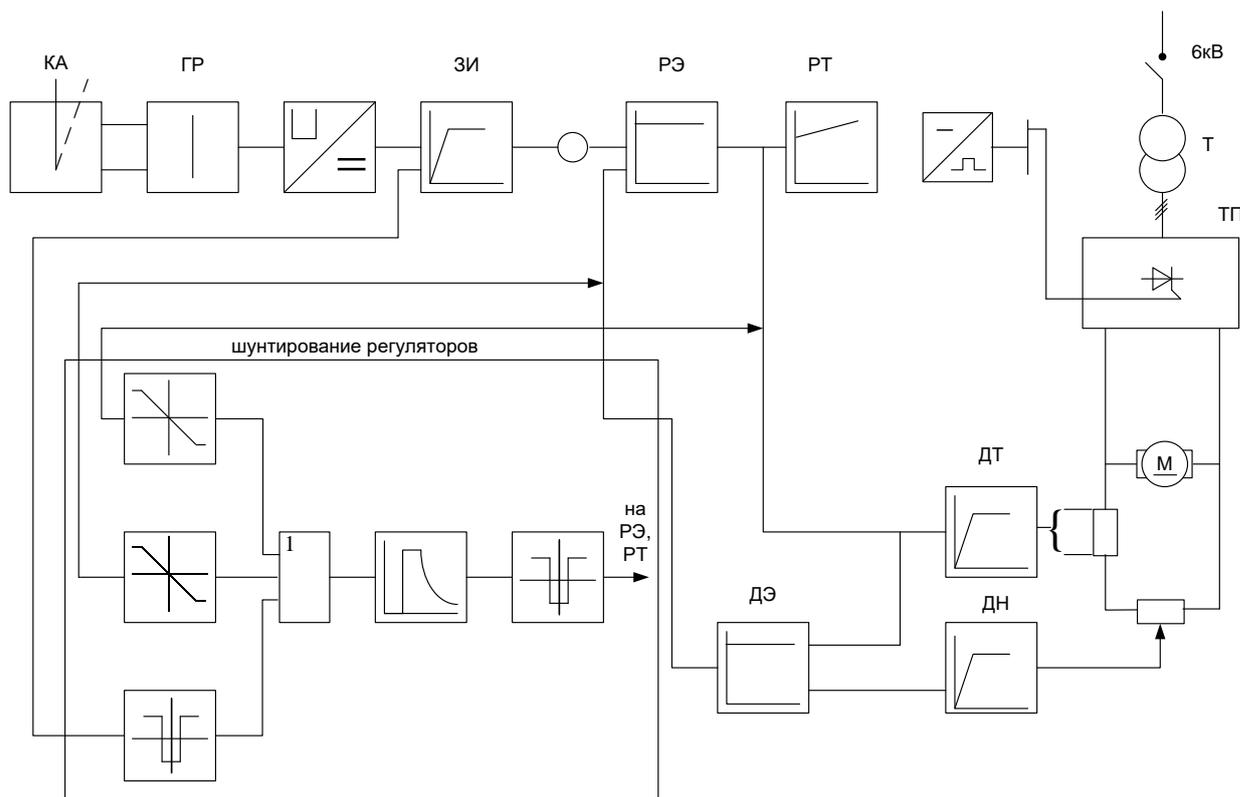


Рисунок 23 Функциональная схема

Электродвигатель М получает питание от нереверсивного тиристорного преобразователя ТП, который питается от трехфазной сети через автоматический выключатель QF1 и разделительный трансформатор Т1. Выключатель защищает блоки ТП от коротких замыканий.

Силовой тиристорный блок преобразователя выполнен по трехфазной мостовой схеме.

Система автоматического регулирования (АР) представляет собой

двухконтурную схему подчиненного регулирования скорости с отрицательной обратной связью по скорости. Внутренний контур – контур тока.

Система импульсно-фазового управления (СИФУ) генерирует управляющие импульсы для тиристоров силового блока и изменяет их фазу в зависимости от величины управляющего сигнала на ее входе с целью регулирования напряжения преобразователя и скорости электродвигателя. Величина входного сигнала СИФУ является функцией величин управляющего сигнала и сигналов обратных связей, поступающих в схему управления ЭП. Управление электродвигателем (пуск, регулирование скорости, торможение и др.) осуществляется с помощью бесконтактного командоконтроллера SA с поста управления.

Командоаппарат дает обычный ступенчатый сигнал управления, что вызывает соответственное ступенчатое увеличение скорости привода. Однако быстрое изменение скорости привода может вызвать чрезмерный бросок динамического тока, пропорционального производной по скорости. Поэтому в схеме принимаются меры по ограничению динамического тока при разгоне.

С этой целью на вход регулятора скорости РС вместо ступенчатого сигнала подается сигнал, изменяющийся линейно. Преобразование ступенчатого сигнала в сигнал, линейно изменяющийся во времени, осуществляется задатчиком интенсивности ЗИ.

С помощью датчика скорости реализована отрицательная обратная связь по скорости двигателя, а с помощью датчика тока ДТ реализована отрицательная обратная связь по току двигателя. Существующий сигнал с датчика скорости и задатчика интенсивности поступает на вход П – регулятора скорости, выходной сигнал с регулятора скорости РС поступает на вход регулятора тока РТ.

Сигналы задания скорости, обратной связи по скорости и заданного значения производной по скорости (dn/dt – ускорение) поступают на вход устройства шунтирования регуляторов. При наличии любого из перечисленных

сигналов по управлению, превышающих пороговое значение, на входе порогового устройства появляется положительное напряжение, которое через усилитель поступает на управление ключами, установленных в цепи регулирования уровня ограничения РС и на вход блокировки РТ. Т. е. На РС устанавливается необходимый уровень ограничения. При уменьшении всех сигналов на входе устройства до уровней меньших установленного порогового значения, напряжение на усилителе плавно уменьшается до определенного значения. При достижении этим напряжением нулевого уровня выходной сигнал РС равным нулю, т. к. становится равным нулю уровень ограничения РС, из-за отключения ключей в цепи задания уровня ограничения. При подаче сигнала задания скорости, расшунтирование регуляторов происходит после уменьшения входных сигналов до порогового значения.

РТ получает на входе сигнал задания с П – регулятора скорости и сигнал обратной связи по току. На входе РТ формируется напряжение управления для СИФУ, которая определяет угол регулирования α .

ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4Б2	Маматкулов Рустамжон Зикирали угли

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, финансовых и информационных	"Положению об оплате труда ТПУ". Приказ 25.05.2016 №5994
2. Продолжительность выполнения ТП	По приблизительной оценке, продолжительность ТП составляет 100 рабочих дня.

Тема 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

Тема графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта

Выдача задания для раздела по линейному графику

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
3-5Г4Б2	Маматкулов Рустамжон Зикирали угли		

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цель данного раздела обосновать целесообразность использования технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, используя планово-временные и материальные показатели процесса разработки.

Поставленная цель достигается выполнением следующих задач:

- Составление SWOT-анализа электропривода агломерационной машины;
- Планирование технико-конструкторских работ;
- Определение ресурсоэффективности проекта.

3.1 SWOT-анализ электропривода агломерационной машины

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента и представляет собой комплексное исследование технического проекта [10].

Задача анализа – описать ситуацию, для решения которой нужно принять какое-либо решение.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения [10]:

S – сильные стороны проекта;

Sl – слабые стороны проекта;

B – возможности;

U – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p><i>С1.</i> Высокий уровень защиты электрооборудования.</p> <p><i>С2.</i> Высококачественные материалы</p> <p><i>С3.</i> Высокая точность и производительность электрооборудования</p> <p><i>С4.</i> Большой межремонтный период</p> <p><i>С5.</i> Высококвалифицированный персонал</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p><i>Сл1.</i> Высокое потребление электроэнергии</p> <p><i>Сл2.</i> Высокая цена оборудования</p> <p><i>Сл3.</i> Необходимость нахождения источника переменного тока рядом с местом работы</p>
<p>Возможности:</p> <p><i>В1.</i> Увеличение производительности электрооборудования</p> <p><i>В2.</i> Автоматизация технологического процесса</p> <p><i>В3.</i> Снижение затрат на транспортировку готовой продукции</p> <p><i>В4.</i> Снижение затрат на техническом обслуживании</p>	<p><i>В1С1С2С3С4;</i></p> <p><i>В2С1С2С4;</i></p> <p><i>В3С1С3С5;</i></p> <p><i>В4С1С2С5.</i></p>	<p><i>В1Сл1Сл2;</i></p> <p><i>В2Сл2;</i></p> <p><i>В4Сл2.</i></p>
<p>Угрозы:</p> <p><i>У1.</i> Отсутствие спроса на технологии производства</p> <p><i>У2.</i> Ограничения на экспорт оборудования</p> <p><i>У3.</i> Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции</p> <p><i>У4.</i> Угрозы выхода из строя сложного рабочего органа</p>	<p><i>У1С1С5;</i></p> <p><i>У3С1;</i></p> <p><i>У4С1С2.</i></p>	<p><i>У1Сл1Сл3;</i></p> <p><i>У4Сл1Сл3.</i></p>

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).

Интерактивные матрицы возможностей и угроз представлены в таблицах 11 и 12, соответственно.

Таблица 11 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>
<i>B1</i>	+	+	-	+	-
<i>B2</i>	+	+	-	+	-
<i>B3</i>	+	-	+	-	+
<i>B4</i>	+	+	-	-	+
Возможности	Слабые стороны проекта				
	<i>Сл1</i>	<i>Сл2</i>	<i>Сл3</i>	-	-
<i>B1</i>	+	+	-		
<i>B2</i>	-	+	-		
<i>B3</i>	-	-	-		
<i>B4</i>	-	+	-		

Таблица 12 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>
<i>У1</i>	+	-	-	-	+
<i>У2</i>	-	-	-	-	-
<i>У3</i>	+	-	-	-	-
<i>У4</i>	+	+	-	-	-
Угрозы	Слабые стороны проекта				
	<i>Сл1</i>	<i>Сл2</i>	<i>Сл3</i>	-	-
<i>У1</i>	+	-	+		
<i>У2</i>	-	-	-		
<i>У3</i>	-	-	-		
<i>У4</i>	-	+	-		

При разработке технического проекта системы электроснабжения предприятия инженер нацелен на проектирование с возможно большим внедрением сильных сторон. Это влияет, прежде всего, на качество и востребованность спроектированной системы электроснабжения, что немало

важно для потребителей.

Несмотря на то, что для данного анализа сильных сторон, не исключен случай, когда какая-либо одна из слабых сторон окажется наиболее сильным фактором, негативно влияющим на работу системы электроснабжения, чем все вместе взятые сильные стороны. Для данного случая таким фактором может быть Сл2 - «Высокая стоимость производства». К примеру, при любом проектировании систем с использованием более простых универсальных электрических и конструктивных систем внутризаводской и внутрицеховой сети всегда будет присутствовать сложность в эксплуатации, ввиду наличия высокой ответственности и сложности технической системы для персонала и для потребителей. Но именно для этого разрабатываются и совершенствуются разработки универсальных, простых и безопасных систем с использованием автоматизированного управления, что позволит нам минимизировать влияние слабых сторон.

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.

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.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ,

представленные в таблице 13:

№ 1 – составление и утверждение технического задания– включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№ 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 – Проектирование системы внутризаводского электроснабжения – выбор конфигурации схемы электроснабжения, расчет суммарных электрических нагрузок, выбор высоковольтного оборудования;

№ 5 – Проектирование системы внутрицехового электроснабжения – расчет нагрузок по цеху с учетом загруженности всех электроприемников, выбор защитной аппаратуры;

№ 6 – Проведение графических построений – построение схемы внутризаводского электроснабжения с расчетом и нанесением картограммы нагрузок по заводу, построение схемы внутрицехового электроснабжения.

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

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

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

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

Таблица 13 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления технического проектирования завода	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
Расчеты и проектирование системы	3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Дипломник
	4	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Дипломник, научный руководитель
	5	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Дипломник, научный руководитель
	6	Проведение графических построений	
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник, Научный руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	8	Составление пояснительной записки	Дипломник
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	10	Подготовка к защите ВКР	Дипломник, Научный руководитель

3.2.2. Определение трудоемкости выполнения ТП

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула: [10]

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

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

t_{mini} – 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.

В таблице 14 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работ.

Таблица 14 – Расчёт продолжительность раб. дн.

№	Название работы	Трудоёмкость работ, рабочие дни					
		Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы		Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы		Ожидаемая трудоемкость 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	-	2	-	5	-	3
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	-	24	-	28	-	26
4	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	1	22	1	26	1	24
5	Расчеты системы внутрицехового электроснабжения	1	26	1	28	1	27
6	Проведение графических построений	-	1	-	2	-	2
7	Оценка эффективности полученных результатов	1	4	1	6	1	5
8	Составление пояснительной записки	-	5	-	12	-	8
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	1	-	1	-	1	-
10	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	2	3	2	4	2	3

Примечание: минимальное t_{\min} и максимальное время t_{\max} получены на основе экспертных оценок.

5.2.3 Разработка графика проведения технического проекта

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР [10]. На основе таблицы 5.5. строим план-график проведения работ (таблица 15).

Таблица 15 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп-ли	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	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	-												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	3	-												
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Дипломник	26	—————												
4	Проектирование системы внутризаводского электроснабжения	Руководитель	1							-						
		Дипломник	24	—————												
5	Расчет силовой части электроснабжения Предприятия	Руководитель	1												-	
		Дипломник	27								—————					
6	Проведение графических построений и обоснований	Дипломник	2												-	
7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1												-	
		Дипломник	5												———	
8	Составление пояснительной записки	Дипломник	8													—————
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель	1													-
10	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	Руководитель	2													-
		Дипломник	3													———

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 12 декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая первой декадой июня. Продолжительность выполнения технического в календарных днях заняла 100 дней. Из них:

98 – рабочий дни у инженера дипломника

7 – рабочий дни у научного руководителя

3.3 Составление сметы затрат на разработку ТП

Смета затрат включает в себя следующие статьи.

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

3.3.1 Расчет материальных затрат

В материальные затраты включаются затраты на канцелярские принадлежности, и т.п.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

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

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

Значения цен на материальные ресурсы установлены по данным, размещенным на сайте канцелярского магазина ТД „Канцелярский мир”.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага	1	250	250
Ручка	2	84	168
Папка	1	50	50
Калькулятор	1	722	722
Линейка	1	22	22
Итого			1200

3.3.2 Расчет полной заработной платы исполнителей темы

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату и определяется как [10]:

$$Z_{полн} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) исполнителя рассчитывается исходя из трудоемкости работ и квалифицированных исполнителей по следующей формуле

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{дн} = \frac{Z_{тс} \cdot Z_{р.к.}}{F_d}$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{р.к.}$ – районная доплата, руб.;

F_d – количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе, 22 при 5-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 17.

Таблица 17 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$, руб.	$Z_{р.к.}$, руб.	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33664	10100	4376 4	1683	7	1178 1
Инженер	12300	3690	1600 0	615	98	6027 0
Итого						7205 1

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{полн}$, руб.
Руководитель	0,15	11781	1767	13500
Инженер	0,12	60270	7232	67500
Итого $Z_{осн}$, руб.		72051	9000	81000

3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) [14].

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 81,0 = 24,5 \text{ тыс. руб}$$

3.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов принимается в размере 16% от общей суммы затрат.

3.3.5. Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции [10].

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат %
Материальные затраты ТП	1,2	0,9
Затраты по полной заработной плате исполнителей темы	81,0	63,8
Отчисления во внебюджетные фонды	24,5	19,3
Накладные расходы	20,3	16,0
Итого	127,0	100,0

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 98 раб. дней для инженера и 7 для руководителя. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 127 тыс.руб, из которых более половины (64%) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

3.4 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле [10]:

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

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. Экономичность: оптимизация затрат на электрическую часть предприятия на стадии проектирования приводит к их уменьшению на доли

процентов, в абсолютном же измерении речь идет об экономии значительных средств.

2. Гибкость: возможность частых перестроек технологии производства и развития предприятия.

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 20.

Таблица 20 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Экономичность	0,15	4
2. Гибкость	0,10	4
3. Безопасность	0,15	5
4. Обеспечение надлежащего качества электроэнергии	0,18	5
5. Надежность	0,20	5
6. Простота и удобство в эксплуатации	0,07	5
7. Энергоэффективность	0,15	4
Итого:	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит [10]:

$$I_{p-учн1} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,07 + \\ + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 4,6$$

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 экономичности технического производства.

- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух 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 путем улучшения энергоэффективности, энергосбережения при внедрении более универсального оборудования, требующего меньше затрат.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Группа	ФИО
3-5Г4Б2	Маматкулов Рустамжон Зикирали угли

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

ные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	<i>Объектом исследования является электропривод конвейера агломерационной машины. Используется для получения агломерата путём спекания рудной мелочи и концентратов методом прососа воздуха через слой шихты, лежащей на колосниковой решётке, с частичным освобождением шихты от вредных примесей.</i>
---	---

ень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. 2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.	<i>Вредными факторами являются:</i> 1. Запыленность (металлической, токопроводящей пылью различных фракций); 2. Загазованность; 3. Повышенный уровень шума и вибрации. 4. Неудовлетворительный микроклимат. 5. Неудовлетворительный освещения. <i>Опасными факторами являются:</i> 1. Возможность получения травм в следствии: а) движения машин и механизмов; б) движение производственного материала; в) выброса горячего шлака из-под зажигательного горна. 2. 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:	-Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения. -Выбор наиболее типичной ЧС. -Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС. -Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. -Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б2	Маматкулов Рустамжон Зикирали угли		

4 Социальная ответственность

Ранее в предыдущем разделе ВКР был произведен расчет электропривод агломерационной машины: Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда. Произведен анализ вредных факторов таких как :запыленность, загазованность, шум и вибрация, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключая онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Основные вредные и опасные факторы агломерационного цеха

Вредные факторы: запыленность, загазованность, шум и вибрация, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны.

Запыленность - пыль агломерационного цеха в основном состоит из коксовой пыли и окислов железа. Для борьбы с пылью в цехе используются различного рода фильтры, оросители и пылесосы. Пыль по степени ее измельчения (дисперсности) делят на две группы: видимую, с

размером частиц более 10 мкм и микроскопическую, менее 10 мкм.

Загазованность - присутствие в атмосфере цеха вредных газов и аэрозолей обусловлено нарушениями технологического режима, неисправностью и несовершенством технологического оборудования.

Шум - технологические *агломерационного конвейера* при изготовлении и транспортировке агломерата сопровождается образованием шумов низкой и высокой частоты. Уровень шума составляет 75дБА, ПДУ согласно [14] уровень шума 80дБА. Снижение шума достигается путем динамической балансировки механизмов, звукоизоляции постов и кабин индивидуальным средств защиты берущей.

Вибрация - для борьбы с вибрацией предусмотрены виброгасящие фундаменты, виброизоляционные материалы из листов, стальных пружин и резиновых прокладок. Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012 – 2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [20], Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [21]. Вибрацию в рассматриваемом цехе можно наблюдать при работе большинства оборудования. Для снижения уровня вибрации производится тщательное наблюдение за узлами оборудования, и, в случае необходимости, настройка оборудования и замена изношенных частей установок.

Микроклимат - В обеспечении условий высоко производственного труда научно-технического персонала немаловажную роль играет микроклимат, т.е. факторы производственной среды, влияющие на физическое и эмоциональное состояние человеческого организма.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период

восьми часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Для рассматриваемого объекта установлены оптимальные величины показателей микроклимата. Для холодного периода года используется кондиционирование воздуха и отопление. Устройства систем вентиляции используются круглогодично. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

В таблице 21 приведены оптимальные нормы микроклимата на рабочем месте оператора:

Таблица 21 – Микроклимат на рабочем месте оператора

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость воздуха, м/с	
		опт	доп	опт	доп	опт	доп	опт	доп
холодный	Легкая	22-	20-25	21-25	19-26	60-	15-	0,1	0,1
теплый	Легкая	23-	21-28	22-26	20-29	60-	15-	0,1	0,2

Освещение - источники питания аварийного освещения соответствуют требованиям ПУЭ и удовлетворяют основным требованиям к производственному освещению, а это:

а) обеспечено достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности, а также в пределах окружающего пространства;

- б) на рабочей поверхности отсутствовать резкие тени;
- в) в поле зрения отсутствует прямая и отраженная блескость;
- г) величина освещенности всегда постоянная во времени.

Опасными факторами агломерационного цеха являются:

4.2.2 Анализ опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования

1. Возможность получения травм в следствии:

а) движения машин и механизмов - возможность получения механической травмы в результате контакта движущейся части механизма или машины с телом человека.

б) движение производственного материала - происходит при несоблюдении техники безопасности или несвоевременного обслуживания оборудования (замены роликов, подшипников и т.д.), в следствии чего возможно получить травмы как термические так и механические.;

в) выброс горячего шлака из-под зажигательного горна - при выбросе горячего шлака, есть возможность получения ожоговых травм. Выброс происходит в следствии конструктивных недостатков, неисправности системы. Работающие обязаны применять средства комплексной защиты и выполнять требования техники безопасности на рабочем месте.

2. Поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования:

Поражения электрическим током - при обслуживании электропривода агломашинны возможны факторы поражения электрическим током в результате прикосновения к токоведущим частям электрооборудования.

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются: 1) прикосновение к токоведущим частям электроустановки,

находящейся под напряжением; 2) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением; 3) ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала; 4) поражение шаговым напряжением и др.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

4.3 Экологическая безопасность

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.

Для очистки отходящих газов в аглоцехе используется центробежный пылеотделитель, в котором загрязненный воздух, подаваемый в кольцевое пространство между цилиндрами, получает вращательное движение, пылинки центробежной силой отбрасываются к стенкам наружного цилиндра, теряют скорость и соскальзывают по конической части вниз в бункер.

Для очистки сточных вод используют методы отстаивания, фильтрования, нейтрализация, озонирование и т.д. содержание загрязняющих веществ составляет на окончательном этапе 500-5000 мг/л и является не агрессивным. В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести систематизированное наблюдение за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях в цехе агломерации

Рассмотрим возможные чрезвычайные ситуации в агломерационном цехе на примере плана ликвидации аварии, на участке спекания агломерата, и запишем их в виде таблицы 22.

Таблица 22 - Возможные ЧС и меры их локализации.

Наименование аварии	При каких условиях возможны аварийные ситуации	Возможные развития аварии, в том числе за пределами цеха	Способы и средства предотвращения аварии	Меры по локализации аварии
1. Взрыв гремучей смеси в горне агломашины №1.	1. Остановка вентиляторов горна.	1. Разрушение конструкций горна, газопровода. 2. Отравление персонала коксовым м. 3. Остановка агломашины №1. 4. Остановка доменной печи.	1. Выполнение графика ППР. 2. Готовность резервного вентилятора. 3. Тренировка оперативного персонала. 4. Наличие резерва запасных частей, материалов, инструментов.	1. Запуск резервного вентилятора. 2. Остановка агломашины. 3. Перекрыть подачу газа в горн агломашины.

2. Загорание помещения силового управления приводом агломашины №1	1. Короткое замыкание в силовом (контрольном) кабеле. 2. Не срабатывание защиты при больших токах электроустановки. 3. Витковое замыкание в катушке контактора (реле).	1. Остановка дутьевых Вентиляторов. 2. Остановка агломашины №1. 3. Остановка доменной печи №1. 4. Отравление обслуживающего персонала коксовым газом. 5. Загорание кабельного полуэтажа. 6. Загорание машинного зала. 7. Загорание кабельной трассы примыкающей к ПСУ-78. 8. Вывод из строя металлоконструкций горна агломашины.	1. Выполнение графика ППР. 2. Наличие резервной аппаратуры. 3. Готовность резервной аппаратуры. 4. Наличие резервного питания в ПСУ-78. 5. Тренировка оперативного персонала.	1. Отключить установку из ПСУ – в случае загорания отдельно стоящей электроустановки. 2. Отключить все электрооборудование ПСУ из ТП-41”А” вводным автоматом – в случае загорания электропомещения и кабельных трасс. 3. Вызвать пожарную охрану. 4. Вызвать добровольный пожарный расчет цеха. 5. Приступить к тушению пожара используя первичные средства пожаротушения.
---	--	---	---	--

Пожарная безопасность цеха.

Согласно НПБ 105-03 агломерационный цех относится к категории производства В, как производство, характеризующиеся наличием горючих жидкостей с температурой вспышки паров выше 61⁰С, горючей пыли и волокон, нижний предел взрываемости которых более 65 г/м³ к объему воздуха; веществ способных только гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом.

Согласно СНИП 21-01-97 здания и сооружения первой степени огнестойкости выполняются из негорючих материалов, к каким относится агломерационная фабрика.

Количество эвакуационных выходов должно быть не менее двух. Эвакуация из зданий и помещений в случае возникновения пожара обеспечивается через эвакуационные выходы, которые должны вести:

- из помещений первого этажа непосредственно наружу или через вестибюль, коридор, лестничную клетку;

- из помещений любого этажа (кроме первого) в коридор ведущий на лестничную клетку;

- из помещения в соседнее помещение на этом же этаже, обеспеченное выходами согласно выше сказанному ..

Приступать к тушению пожара электроустановки можно только после снятия с нее напряжения. Для тушения пожара в электроустановках аглоцеха применяются углекислотные огнетушители типа УП-2М, который предназначен для тушения горящих твердых материалов, нефтепродуктов и электрических установок, где нежелательно применение воды.

Для быстрого извещения службы пожарной охраны о возникшем пожаре, в каком либо помещении или сооружении предприятия – служит электрическая пожарная сигнализация. В качестве пожарной сигнализации агломерационного цеха применяется приемная станция типа ТЛО-30/2М на 30 лучей, с оповещателями типа ПКИЛ-7.

Заключение

Целью данной выпускной квалификационной работы является расчет электропривода агломерационной машины.

В результате выполненной выпускной квалификационной работы спроектирован электропривод, полностью отвечающий требованиям технического задания. Так, электромеханические характеристики электропривода, ограниченные значениями $\omega = \omega_{\max}$ и $I = I_{\text{доп}}$, удовлетворяют номинальным значениям области существования характеристик проектируемой системы преобразователь-двигатель.

Статические характеристики привода при настройке с П-регулятором ЭДС при минимальной скорости имеют наибольшую погрешность удовлетворяющую заданным требованиям по точности поддержания скорости.

При исследовании переходных процессов установлено, что динамические показатели качества САУ РЭП во всём диапазоне регулирования скорости полностью удовлетворяют требованиям технического задания.

В результате выполнения поставленных задач в разделе «Финансовый менеджмент», 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 экономичности технического производства.

- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух 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.

В разделе безопасности и экологичности проекта освещены вопросы: промышленной безопасности; техники безопасности; анализ опасных и вредных производственных факторов; пожарная безопасность; рассмотрены мероприятия по охране окружающей среды.

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

Список использованных источников.

1. Машины и агрегаты металлургических заводов.,1978.
2. Фотиев М.М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов. М.: Металлургия, 1990.
3. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. - Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982.
4. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства. М.: Высшая школа, 1997.
5. Перельмутер В.М. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1988.
6. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1977.
7. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование автоматизированных тиристорных электроприводов постоянного тока: Учебное пособие по курсовому проектированию. Томск, 1991.
8. Копылов И.П. Справочник по электрическим машинам. М.: Энергоатомиздат, 1988.
9. Удут Л. С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 3. – Электрические машины постоянного тока в системах автоматизированного электропривода: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2004. – 152 с.
10. Коршунова Л. А., Кузьмина Н. Г. Технико-экономическое обоснование инновационного проекта. Методические указания по выполнению экономического раздела ВКР для студентов энергетических специальностей всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012.
11. СнИП 12.1.005.-88 Санитарные нормы промышленных предприятий.

12. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

13. Елгазин В.И. Расчет искусственного освещения.: Томск, 1971.

14. СНИП 2.04.03.-85 Канализация. Наружные сети и сооружения.

15. Удут Л. С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование электроприводов. Часть 4. – Тиристорные преобразователи для электроприводов постоянного тока: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2002. – 152 с.

16. Удут Л. С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 5. –Применение программы DORA-FUZZY в расчётах электроприводов постоянного тока: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2002. – 156 с.

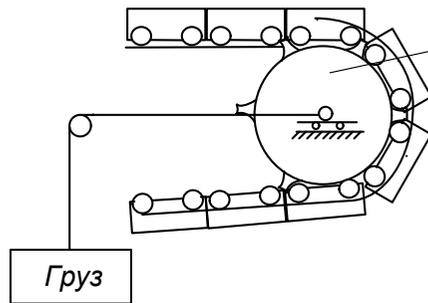
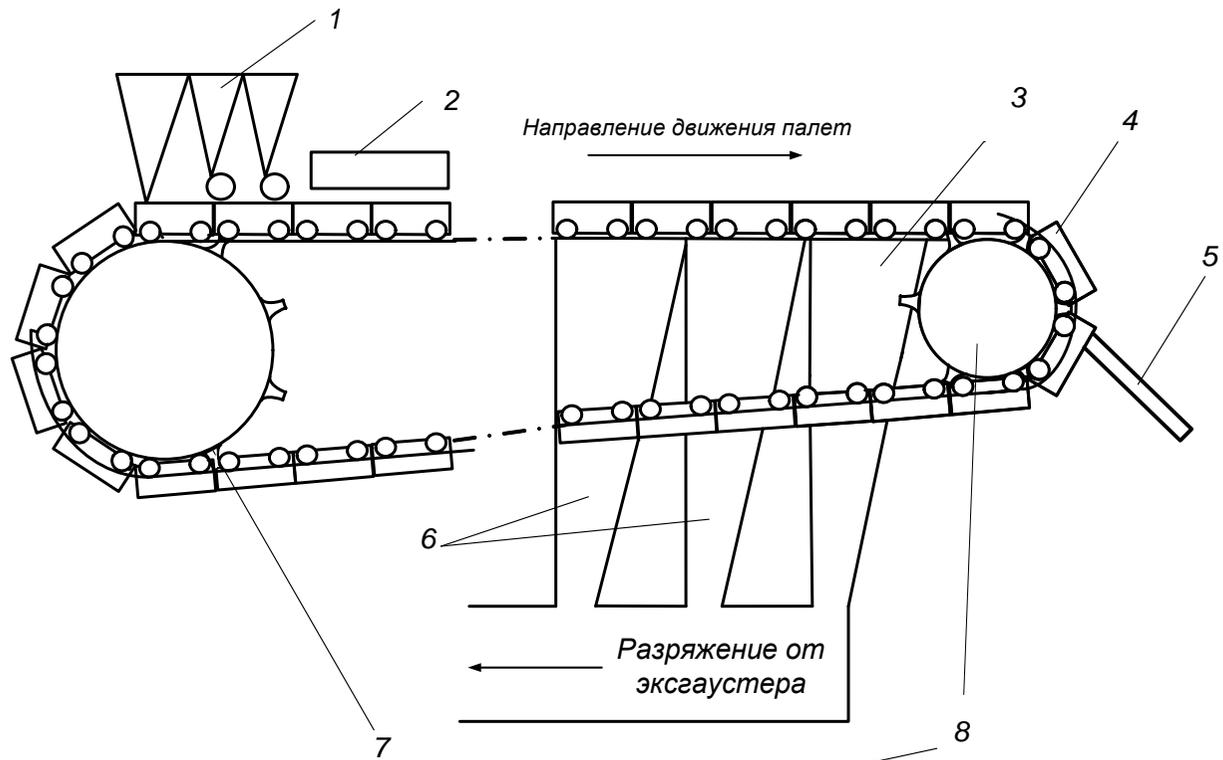
17.Справочник по электрическим машинам в 2т. Под общей редакцией И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т1. – М: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.: ил.

18.Электроприводы унифицированные трёхфазные серии ЭПУ1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ИГРФ.654674.001 ТО 1984.

19, Булычев А. Л., Галкин В. И., Прохоренко В. А. Аналоговые интегральные микросхемы. Справочник. – Минск: Беларусь, 1993. – 382 с.

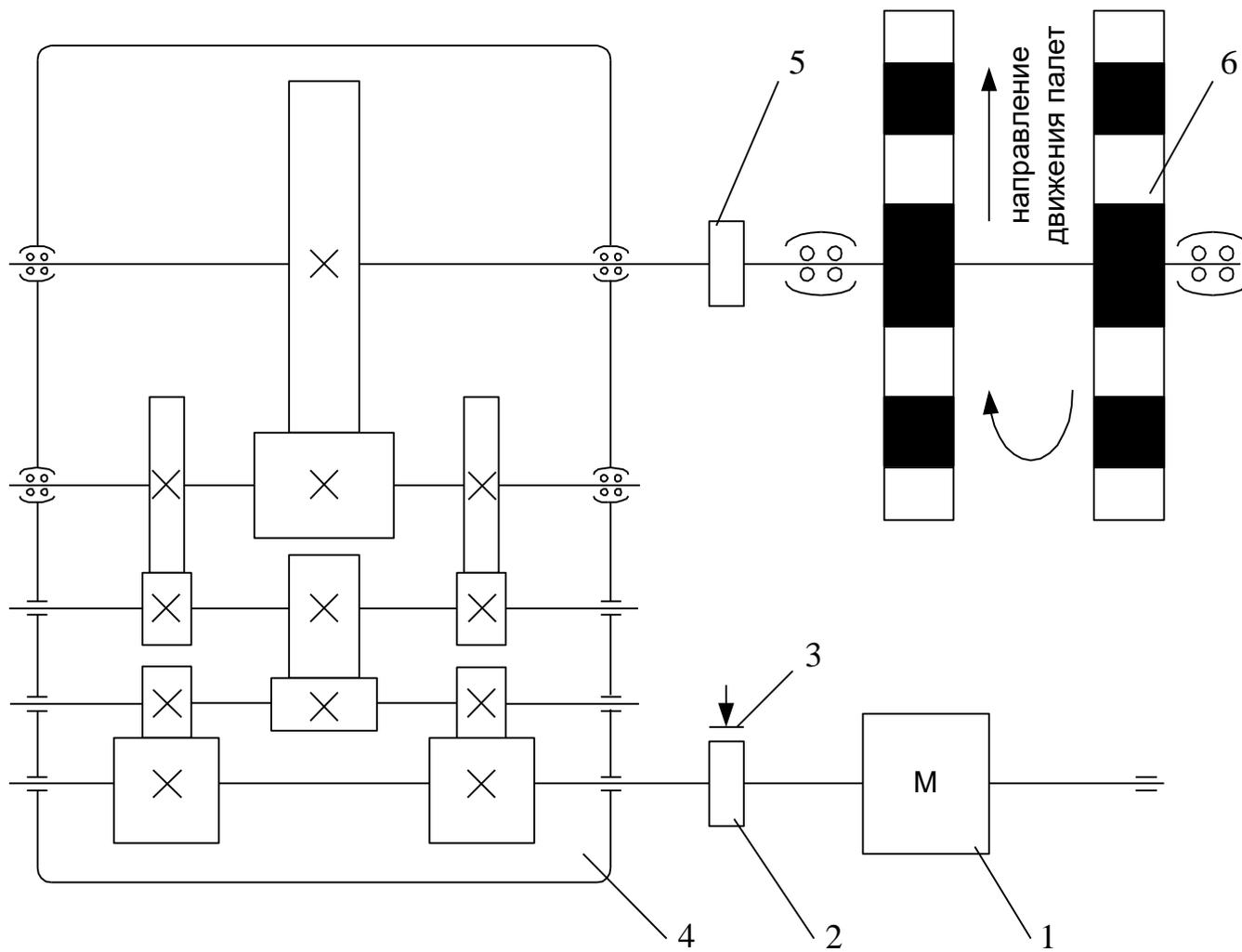
Приложение А
Графический материал.

Общий вид агломашины

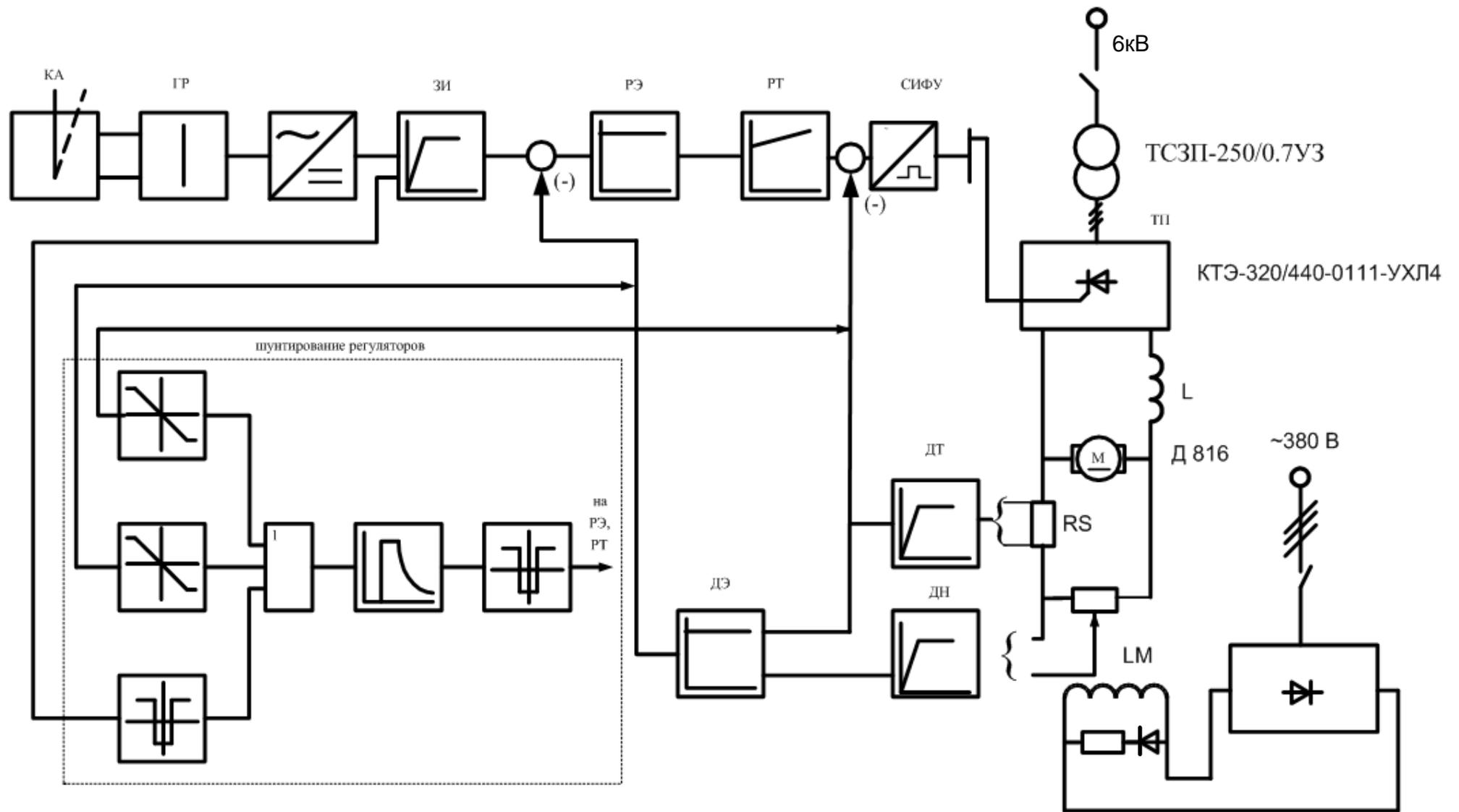


- 1-Бункера загрузки агломашины
- 2-Зажигательный горн
- 3-Газовый коллектор
- 4-Спекательная тележка (палета)
- 5-Приемная плита дробилки
- 6-Вакуум-камеры
- 7-Приводная звездочка
- 8-Разгрузочная звездочка

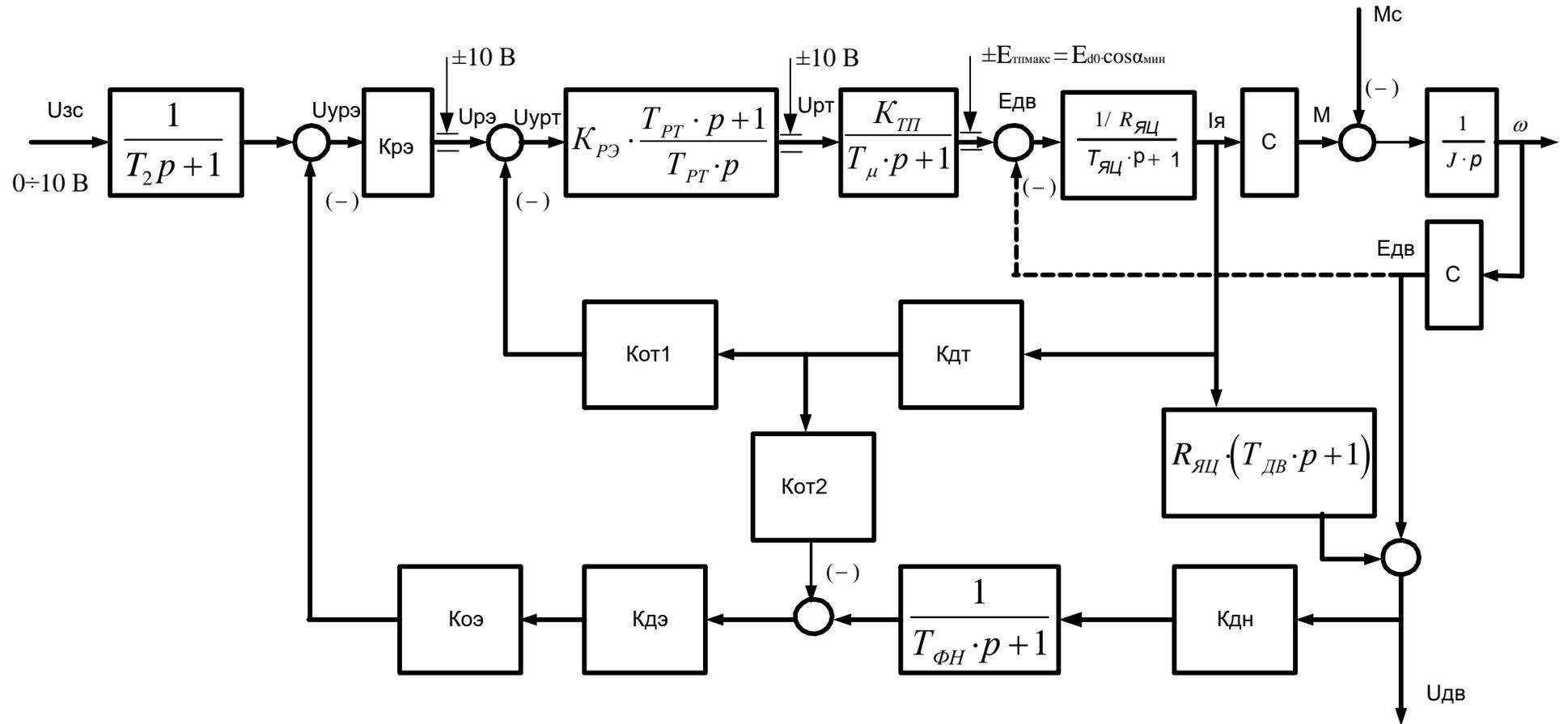
Кинематическая схема механизма агломашины

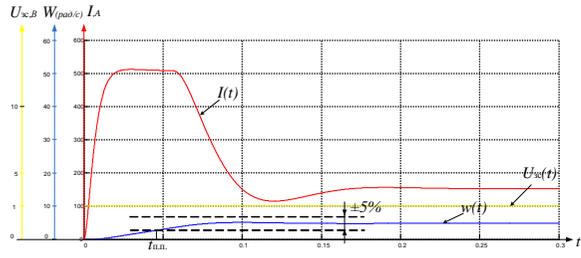


ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА АГЛОМЕРАЦИОННОЙ МАШИНЫ

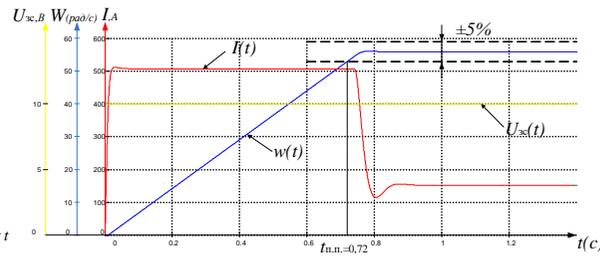


Структурная схема электропривода агломерационной машины

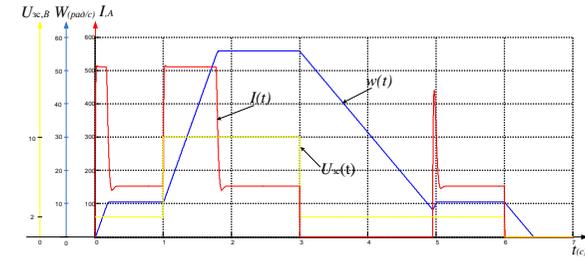




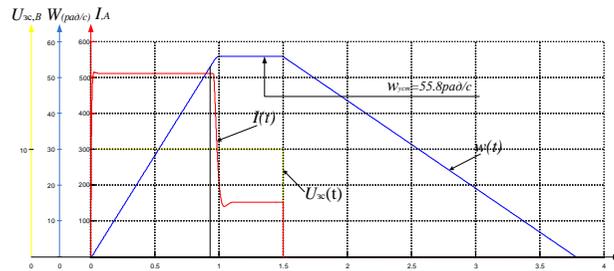
Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н*м}$, $U_3=1 \text{ В}$, $t_{п.п.}=0.04 \text{ с}$



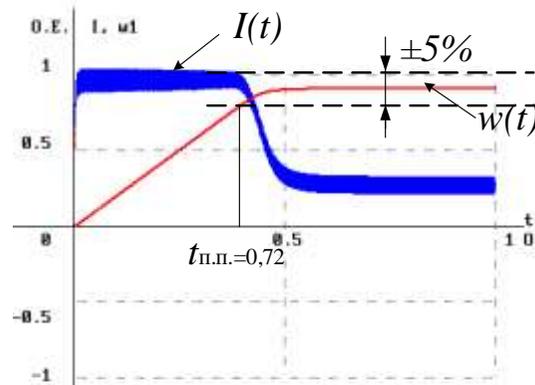
Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н*м}$, $U_3=10 \text{ В}$, $t_{п.п.}=0.82 \text{ с}$



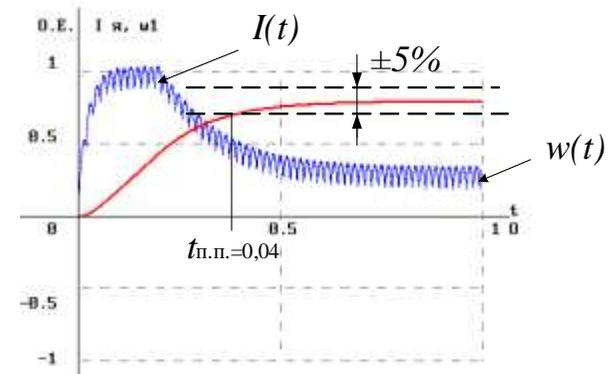
Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н*м}$, $U_3=2 \text{ В}$, увеличение $U_3=10 \text{ В}$, уменьшение $U_3=2 \text{ В}$ и торможении $U_3=0 \text{ В}$.



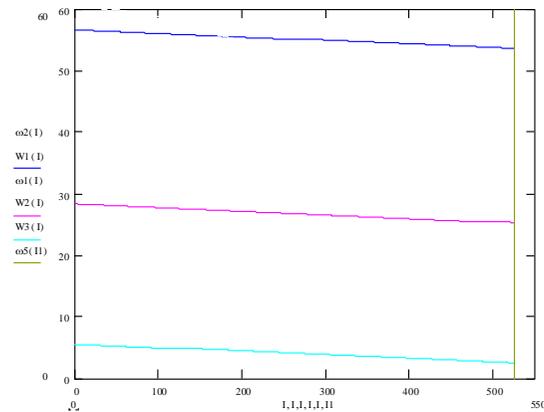
Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н*м}$, $U_3=10 \text{ В}$ и торможении $U_3=0 \text{ В}$



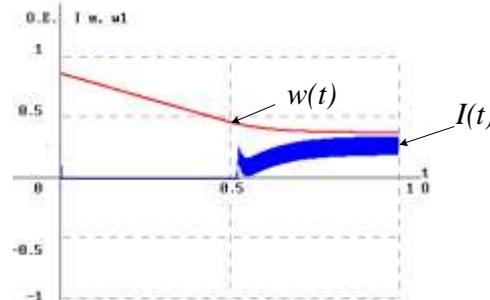
Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н*м}$, $U_3=10 \text{ В}$, $t_{6a3}=2 \text{ с}$, $\omega_{6a3}=60 \text{ рад/с}$, $I_{6a3}=525 \text{ А}$.



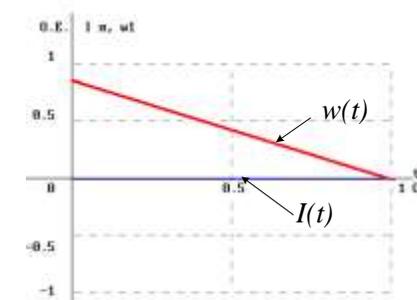
Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н*м}$, $U_3=1 \text{ В}$, $t_{6a3}=0,1 \text{ с}$, $\omega_{6a3}=6 \text{ рад/с}$, $I_{6a3}=525 \text{ А}$.



Электромеханические характеристики при различном напряжении на якоре двигателя



Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н*м}$, торможение с $U_3=10 \text{ В}$ до $U_3=5 \text{ В}$, $t_{6a3}=2 \text{ с}$, $\omega_{6a3}=60 \text{ рад/с}$, $I_{6a3}=525 \text{ А}$.



Переходные процессы при $M_c=1100 \text{ Н*м}$, торможение с $U_3=10 \text{ В}$ до $U_3=0 \text{ В}$, $t_{6a3}=2,7 \text{ с}$, $\omega_{6a3}=60 \text{ рад/с}$, $I_{6a3}=525 \text{ А}$.

График занятости исполнителей при выполнении пуско-наладочных работ

