

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 сталеваза

УДК 62-83:621.771.26.062

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б2	Муталов Фирдавс Иброхим угли		

Руководитель

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Розаев И.А.			

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 Электропривод и автоматика

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ _____

_____ А.С. Ивашутенко

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4Б2	Муталову Фирдавсу Иброхим угли

Тема работы:

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

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документации
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; синтез и анализ линеаризованной системы автоматического управления регулируемого электропривода; синтез и анализ нелинейной САУ РЭП; расчет статических и динамических характеристик, социальная ответственность проекта; финансовый менеджмент; заключение.
Перечень графического материала	- схема кинематическая; - схема электрическая принципиальная;

	-схема электрическая функциональная; - схема электрическая структурная; - демонстрационный лист; - технико-экономические показатели;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна
Социальная ответственность	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 / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Каракулов А.С.	к.т.н.		05.04.2019г.
Ассистент	Розаев И.А.			05.04.2019г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б2	Муталов Фирдавс Иброхим 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	Каракулов А.С.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Розаев И.А.			

СОГЛАСОВАНО:

И. о. руководителя ОЭЭ ИШЭ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 119 с., 25 рисунка, 28 таблиц, 15 используемых источников, приложение.

Перечень ключевых слов: стелевоз, электропривод постоянного тока, тиристорный преобразователь, система автоматического управления, статические и динамические характеристики, имитационное моделирование, показатели качества регулирования.

В данном дипломном проекте был произведен расчет и выбор силового оборудования для электропривода стелевоза грузоподъемностью 215 тонн.

Результатом расчета является выбор электродвигателя постоянного тока; токоограничивающий реактор; тиристорный преобразователь.

Для управления электроприводом принята одно-зонная САР, для которой рассчитаны параметры датчиков и регуляторов. Разработаны схемы управления и защит.

Расчет переходных процессов электропривода произведен с помощью ЭВМ.

В «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проекта произведен экономический расчет разработки и выполнения научно-технического проекта, и проведение монтажно-наладочных работ.

В разделе «Социальная ответственность» освещены вопросы охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности при работе с электрооборудованием стелевоза. Произведен расчет заземления.

Содержание

1. ПРОЕКТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	11
1.1 Техническое задание	11
1.2 Технологический процесс цеха, агрегата.....	12
1.3 Конструкция механизма, кинематическая схема	22
1.4 Технические данные механизма.....	24
1.5 Требования к электроприводу механизма.....	25
1.6 Обоснование выбора рода тока, типа электроприводаи способа регулирования координат.....	26
1.7 Механическая система электропривода.....	30
2 ПРОЕКТНО-РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	32
2.1 Расчет мощности и выбор электродвигателя.....	32
2.2 Выбор элементов электрооборудования	36
2.2.1 Выбор токоограничивающего реактора.....	36
2.2.2 Выбор тиристорного преобразователя	37
2.2.3 Выбор сглаживающего реактора	38
2.2.4 Расчетные параметры тиристорного преобразователя.....	41
2.2.5 Расчет параметров силовой цепи	42
2.2.6 Параметры механической системы.	43
2.3 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода	43
2.4 Расчет электромеханических характеристик разомкнутой системы преобразователь-двигатель	46
2.5 Структурная схема силового канала электропривода	49
2.6 Структурная схема системы автоматического регулирования электропривода.....	51
2.7 Оптимизация контура тока	53
2.8 Оптимизация контура ЭДС.....	55
2.9 Анализ нелинейных структур САУ РЭП. Моделирование нелинейных структур САУ РЭП.....	59

2.9.1 Расчет переходных процессов и определение динамических показателей качества нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный.....	62
2.10 Расчет статических электромеханических характеристик	66
ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	74
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	75
3.1 SWOT-анализ работы управляемым электропривода сталеваза	75
3.2 Организация работ технического проекта.....	78
3.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования.....	78
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП	80
3.3 Составление сметы затрат на разработку ТП.....	84
3.3.1 Расчет материальных затрат технического проекта	85
3.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы	85
3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	87
3.3.4 Накладные расходы.....	87
3.3.5 Формирование сметы затрат технического проекта	88
3.3.6 Определение ресурсоэффективности проекта	88
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	92
4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	93
Описание рабочего места обслуживающего персонала.....	93
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	95
4.2 Производственная безопасность.....	95
4.2.1 Анализ опасных и вредных факторов	95
4.3 Экологическая безопасность.....	103
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	108
THE CONCLUSION	109
Список использованных источников	110
ПРИЛОЖЕНИЕ А	112

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное производство стали на комбинате, началось в конверторном цехе номер 1. В декабре 1993г этот цех отметил свое 25-летие. Учитывая, что запуск котлов - охладителей конвертерных газов при минусовой температуре не рекомендуется, условия ввода в работу ККЦ 1 можно назвать экстремальным. Температура на улице и в здании цеха была 50 градусов ниже нуля. Крановые троллеи местами были покрыты льдом, которые электрики цеха очищали рукавицами и полами полушубков. Но обязательства ввести в работу цех в 1968г строители и эксплуатационный персонал выполнил! В состав ККЦ-1 входили два конвертора емкостью 100-130т каждый, а в декабре 1969г был введен в работу конвертер номер 3. Проектом производственная мощность была определена в 2,2млн. т стали в год. Решение по составу и конструктивному исполнению основного оборудования, которое монтировалось в цехе уже устарело. В 1977-78г была произведена замена конвертеров до 200 тонн, заменены сталевоозы и парк сталеразливочных ковшей, от удаления шлака из-под конвертера на шлаковые поля с помощью тепловозов перешли на самоходные шлаковозы.

Первой автоматизированной системой в ККЦ-1 была, информационная система взвешивания чугуна и стали. В 1981г внедрена автоматизированная система учета и хода производства. В последующие годы эти системы модернизировались с расширением их возможностей и охватом установок доводки металла в ковше. Системы построены на ЭВМ отечественного производства СМ-2М, СМ-1810. В 1985г в откорректированном техническом проекте комбината производительность ККЦ-1 была принята 3,5млн. т стали в год. Любая технология связана с увеличением расхода лома и другими разными изменениями в шихтовой стали, будет определять износ футеровки конвертера. Поэтому имеет большое значение создание на комбинате технология факельного торкретирования. Для этого была спроектирована и запущена в работу машина горизонтального торкретирования футеров конвертера. Работа

велась под руководством ЦИАМ и основных специалистов ККЦ-1: А.В. Лакуновым, Ю.Н. Борисовым, Л. М. Учителем. Технология факельного торкретирования конвертеров заинтересовала специалистов Японии, США, и других стран с развитой металлургией.

В последние три года ведутся работы по внедрению персональных компьютеров. В 1993г внедряются автоматические системы управления АСУ процессом торкретирования футеровки конвертера номер 4 с использованием контроллеров фирмы «Сименс» и автоматизированы рабочие места планирования производства. Разрабатывается комплексная система управления сталеплавильным производством с включением в систему слежения за металлом на комбинате и систему управления комбинатом.

Целью проекта является выполнение проверочного расчета существующего электрооборудования механизма передвижения сталеваза, анализ его работы.

1. ПРОЕКТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Техническое задание

Электропривод механизма передвижения сталеваза состоит из следующих основных элементов: токоограничивающий реактор типа ФРСОТ, комплектный тиристорный электропривод типа КТЭ 200/460 – 2Р – 1 МД, электродвигатели постоянного тока серии Д – 808 мощностью 26кВт.

Работа сталеваза непосредственно завязана в технологическом процессе цеха, выполняя операции с жидким металлом. Характер работы привода циклический.

Для электроприводов цеха применяют наиболее надежное электрооборудование, используя двигатели краново-металлургической серии в закрытом исполнении с применением кремне - органической изоляции. Электродвигатели сталеваза подвергаются низким температурам, особенно в зимнее время, так как механизм передвижения располагается под рамой, к которой и крепится. В качестве тормозных устройств используются электромагнитные тормоза постоянного тока. А также встроенные в двигатель дисковые тормоза.

Управление осуществляет оператор с пульта управления

Регулирование скорости осуществляется в диапазоне 5:1, при этом выполняют понижение при маневрах, во время слива стали для повышения точности приостановке сталеваза и безопасности в конце пути. Электропривод должен иметь высокую плавность пуска и торможения, высокую надежность, минимальное время разгона и остановки, постоянную величину разгона и замедления.

Время переходного процесса по технологии задается на 5 с.

1,2 Технологический процесс цеха, агрегата

Рабочий процесс механизма

В состав цеха входят главный (конвертерный) корпус и ряд отделений, тесно связанных с ним единым технологическим процессом и расположенных в отдельных зданиях. К ним относятся отделения: перелива чугуна, металлошихтовое, разливочное, шлаковое и дымососное.

Кроме того, цех обслуживают вспомогательные отделения – раздевания слитков, охлаждения, чистки и смазки изложниц, подготовки составов.

Жидкий чугун поступает в конвертерный цех в передвижных миксерах вместимостью 420 и 150т. Первые служат для доставки чугуна по внутризаводским путям из доменного цеха в конвертерный, вторые – по железнодорожной магистрали с соседнего завода. В отделении перелива чугун из миксеров сливается в заливочные ковши, которые самоходными чугуновозами грузоподъемностью 350т по чугуновозной траншее подаются в главный корпус. Здесь же выполняются вспомогательные операции – взвешивание металла на платформенных весах, взятие проб и замер температуры жидкого чугуна. Отделение оборудовано системами удаления газов и графита. Помимо специализированного отделения, в главном корпусе предусмотрен участок перелива чугуна из передвижных миксеров в заливочные ковши.

Шихтовое отделение магнитных материалов предназначено для приема и хранения шестисуточного запаса лома, заполнения совков, их взвешивания и установки на скраповоз. Лом доставляют железнодорожным транспортом, и разгружают в пять приемных бункеров. Разгрузочные и погрузочные операции выполняют четырьмя магнито-грейферными кранами грузоподъемностью 15\15т, перемещение совков – краном грузоподъемностью 180\50т, разворот порожних и груженых совков - краном с поворотной тележкой грузоподъемностью 190т. Взвешивают лом на двух платформенных весах. Шихтовое отделение связано с главным корпусом скраповой эстакадой

закрытого типа, по которой скраповоз доставляет груженные совки непосредственно на рабочую площадку конвертер.

Отделение сыпучих материалов представляет собой приемно-загрузочную конвейерного тракта подачи шлакообразующих материалов в главный корпус. Материалы доставляют в отделение автосамосвалами и разгружают в восемь бункеров вместимостью 116 метров куб. каждый.

Наклонный конвейерный тракт, по которому материалы поступают из шихтового отделения в расходные бункера главного корпуса, образован двумя параллельными ленточными конвейерами длиной по 48 метров, помещёнными в закрытую галерею. Для уменьшения выделения пыли при транспортировании извести предусмотрен предварительный отсев мелочи. Отделение снабжено системой удаления пыли и сбора мелочи и пыли в отдельный бункер с их отгрузкой цементовозом. Технологией производства предусмотрена подача в сталеразливочные ковши ферросплавов в твердом нагретом и жидком состояниях. Ферросплавы готовят на специализированном участке.

Здание разливочного отделения разделено на два однотипных разливочных пролета, в которых сталь разливают в изложницы, установленных на тележках. Подачу сталеразливочных ковшей со сталью на стелевозах из конверторного корпуса осуществляют по двум стелевозным траншеям, проложенным перпендикулярно пролёта. Для ведения разливки вдоль каждого пролёта устроены разливочные площадки, оборудованные передвижными консольно-поворотными кранами. В каждом пролёте установлено по два разливочных крана грузоподъёмностью 450+100/20т. Для подачи и отправки составов с изложницами вдоль пролётов проложены рельсовые пути с торцовыми и центральными въездами в здания. Вспомогательное оборудование состоит из стендов для установки шлаковых и сталеразливочных ковшей, установок для разогрева и охлаждения ковшей.

В шлаковом отделении осуществляют первичную переработку конверторного шлака. Состав чугуновозов подают локомотивом на эстакаду и кантованием ковшей шлак выливают на открытые площадки. Ковши с жидкой

сталью от конвертера в пролёт транспортируются на сталевозах.

Сталевозы также участвуют в подачи и уборке машины для установки конвертера, думпкаров для битого кирпича и мусора, несамоходных шлаковозов, а также для чистки рельсовых путей и плит под конвертером от выбросов металла и шлака. Ковш на сталевоз устанавливают и снимают разливочным краном. После охлаждения водой шлак разрабатывают рыхлителями и бульдозерами на базе гусеничных тракторов. Для погрузки и транспортирования шлака в отвал используют экскаваторы и автосамосвалы.

Процесс производства стали в конвертере, состоит из следующих основных периодов загрузки металлолома, заливки чугуна, продувки кислородом, взятие пробы и замер температуры, слива стали и шлака.

Подготовленный к плавке металлолом подается из шихтового отделения в загрузочный пролет в совках, установленных на тележках. С тележек совки снимаются заливочными кранами и подаются к конвертеру. Перед загрузкой металлолома конвертер поворачивается в сторону загрузочного пролета на 15-20°, носок совка вводится в горловину конвертор, наклоняется и металлолом сыпается в конвертор.

Заливка чугуна в конвертор осуществляется заливочным краном из ковшей, подаваемых в загрузочный пролет из миксерного отделения на чугуновозах.

В период продувки конвертор устанавливают в вертикальное положение, опускают фурму и включают кислород. В начале продувки в конвертор загружают основную массу шлакообразующих добавок. Остальную их часть загружают отдельными порциями в течение всего периода продувки. Шлакообразующие подаются в конвертор из расходных бункеров, установленных над конвертером, с помощью питателей, весов – дозаторов, ленточных транспортеров, промежуточных бункеров и желобов.

При подаче шлакообразующих и кислорода на поверхности ванны возникает шлак, состоящий из свободных или химических связанных окислов железа, магния, марганца, кремния, кальция алюминия фосфора и других элементов,

входящих в состав шихтовых материалов.

Шлак участвует в химических реакциях окисления и восстановления железа, дефосфорации и десульфации и других процессах, протекающих в металлической ванне. В металле, в зоне входа струи кислорода развиваются очень высокие температуры (2500*С). В этой зоне происходит интенсивное окисление железа, углерода и частичное окисление примесей металла. Образующимися при окислении углерода газообразными окислами СО, а также струей кислорода металл перемешивается и дробится на капли, шлак вспенивается и перемешивается с металлом. При этом значительная часть конвертора заполняется, металлом – шлаковой эмульсией. Взятие пробы и замер температуры металла осуществляется по окончании продувки. Для этого конвертор наклоняют в горизонтальное положение. Температуру измеряют с помощью защищенной графитовыми блоками термопары, а пробу металла берут специальной ложкой. Готовая сталь из конвертора сливается в сталеразливочный ковш, установленный под конвертором, на самоходном сталевозе. Одновременно со сливом стали, из приемной воронки по специальному желобу в сталеразливочный ковш подают добавки, раскислители и легирующие. Шлак из конвертора сливают в шлаковый ковш, установленный под конвертором на шлаковоз. Для этого конвертор наклоняют горловиной вниз. Продолжительность плавки мало зависит от вместимости конвертора и составляет примерно 35 – 40 мин. Шихтовые материалы для конверторного производства стали, состоят из металлической части, не металлической части (сыпучих материалов) и добавок (раскислителей и легирующих). Металлическую часть составляют жидкий чугун (основной компонент) и металлолом или скрап (20-30% массы чугуна).

Металлолом – это некачественные слитки, отлитые в сталеплавильных цехах, обрезь, образующаяся в процессе прокатки, отходы металлообработки и т.д. Металлолом в специальном скрапорзделающем цехе завода очищают от посторонних примесей и подготавливают для загрузки в конвертор. Металлолом подается в конвертор в специальных совках.

Сыпучие материалы разделяют на охладители и шлакообразующие. Охладители применяют для понижения температуры металла в процессе продувки, так как окисление кислородом примесей чугуна сопровождается выделением большого количества тепла. Основным охладителем является металлолом, однако, при избытке тепла, кроме металлолома в качестве охладителей могут быть использованы: железная руда, агломерат, окатыши и известняк.

Шлакообразующие шихтовые материалы применяют для наведения в конвертере шлака, участвующего в процессах окисления примесей чугуна. В качестве шлакообразующих материалов в кислородно-конверторном процессе, используют свежееобожженную известь и известняк.

Применение извести для плавки, вызвано, необходимостью в очень короткий срок получить шлак заданного состава. Это необходимо для быстрого удаления примесей серы и фосфора и получения качественной стали. Расход шлакообразующих составляет 5-9% от массы металлической шихты.

Для ускорения шлакообразования применяют разжижающие добавки, к которым относят боксит и плавленый шпат.

Добавочные материалы (раскислители и легирующие) вводят в сталь во время слива ее из конвертора в сталеразливочный ковш. Раскислители служат для удаления избыточного кислорода, содержащегося в стали в конце продувки, легирующие добавки: для получения стали требуемого химического состава. Эти материалы используют обычно в виде чистых металлов (алюминия, марганца, никеля, хрома, молибдена, кобальда, титана) или сплавов этих металлов с железом – ферросплавов (ферросилиция, ферромарганца, феррохрома, феррованадия, ферромolibдена, ферротитана и др.), или в виде сплавов этих металлов друг с другом (силикомарганец, силикоалюминий, силикокальций и др.)

Все добавочные материалы при введении в сталь не должны содержать влагу. Влага, резко ухудшает, качество стали, вследствие растворения в металле водорода. Поэтому гигроскопические материалы, способные поглощать влагу, перед введением в ковш сушат или прокаливают в печах.

Внепечная обработка стали в ковше

Обработка нейтральным газом обязательна для сталей всех марок. Для продувки металла в ковше применяются азот и погружные футерованные фурмы.

Продувка осуществляется при рабочем давлении газа 4.0 – 6.0 атм. и расходе 40 – 60 м³/час.

ПРИМЕЧАНИЕ. Замена продувочных фурм производится при укорочении их более, чем на 0.6 м (два кольца). При отгаре наконечника продувка продолжается с расходом 30 – 40 м³/час.

При поступлении ковша с металлом на аргонную установку оператор производит обязательную трехминутную предварительную продувку, замер температуры, окисленности стали и отбор пробы.

В зависимости от полученных данных о температуре, окисленности и химическом составе стали, определяется длительность основной продувки, необходимость в корректировке окисленности, доводки стали по химическому составу и температуре.

Температура металла после продувки в ковше должна быть в пределах, указанных в таблице 1.

Таблица 1.- Температура стали после продувки в ковше.

Марка стали	Температура стали, С ⁰
1) Ст1кп, Ст2кп, Ст3кп, Ст0кп, «метизная», Ст4кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, Св08, Св08А, Ст3пс, Ст3Гпс, 08пс, 10пс, Св08Г2С.	1545-1555
2) 10кп по ГОСТ 10702-78	1545-1550
3) Ст1сп, Ст2сп, Ст3сп, 10, 15, 20, 25, 09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 09Г2СД, 10Г2С1, 10Г2С1Д, 10ГТ, 12Г1Р, 14ГСП, 14Г2, 16Д, 20Х, 20Г2Р, 20Г.	1540-1550
4) 22С, 30Г1Р, 30Х, 45Х, 20ГС, 20ГС2, 26С2.	1535-1545
5) 25Г2С, 28С, 35ГС.	1530-1540
6) Ст5пс, Ст5Гпс, Ст5сп, Ст6сп, 30, 35, 40, 45, Д, 50, А12, А20, А30, А35.	1525-1535
7) А40Г, 50-65 канатная и для патентированной проволоки, 54ПП, 55ПП, 60ПП.	1520-1530
8) 70-85 канатная и для патентированной проволоки.	1515-1525
9) А75.	1500-1510
10) Легированные азотом (ТУ 14-1-5254-94)	1545-1555

ПРИМЕЧАНИЕ.

При разливке стали через коллектор диаметром 70 мм. Температура в ковше должна быть не выше среднего предела для указанной марки стали.

Средняя скорость падения температуры при продувке составляет 2.0-2.5 С в минуту.

При повышении температуры стали в ковше менее 20 С выше верхнего предела, разрешается охлаждать сталь присадкой извести в ковш под конвертором в количестве до 1 т.

При повышении температуры стали в ковше более 20 С выше верхнего предела, разрешается охлаждать сталь прокатной заготовкой из расчета, что

одна 4х-метровая «штанга» сечением 100*100 мм. снижает температуру расплава в ковше на 8 С.

Штанги устанавливают вертикально в пристенную зону ковша с металлом, по возможности разделив их между собой. После установки штанг ковш подается под продувку. Продувка стали в ковше после установки штанг должна быть не менее 4 мин. По достижении заданной температуры ковш с металлом выдается на разливку.

Определение окисленности металла в ковше, рекомендуется, для полуспокойных и кипящих марок стали.

Замер окисленности осуществляется при погружении сменного блока (УКОС-Т) в расплав на глубину 0.5-0.7 м. и выдержке продолжительностью 17-25 секунд. Замеры активности кислорода в металле должны проводиться после прекращения продувки и подъема фурмы.

Окисленность стали в ковше должна быть в пределах указанных в таблице 2.

Таблица 2 - Окисленность стали.

Марка стали	Активность кислорода, % (окисленность)
Ст1кп, Ст2кп, св08, св08А, 10кп.	0.0150-0.0250
п.	0.0100-0.0140
Ст3пс (А400С, А500С), 10пс	0.0052-0.0100

Снижение окисленности металла, осуществляется, продувкой стали через фурму, или за счет ввода алюминия в свободную от шлака околофурменную зону.

Количество вводимого алюминия определяется по номограммам.

Длительность продувки, необходимой для достижения требуемого значения окисленности, определяется из расчета уменьшения окисленности металла, соответственно:

- а) при продувке кипящей стали на 0.0003-0.0006 %/мин.
- б) при продувке полуспокойной стали на 0.0002-0.0004 %/мин.

В случае невозможности достижения требуемого значения окисленности стали за счет продувки корректировку окисленности производить путем ввода чушкового алюминия из расчета снижения окисленности одной «чушкой» алюминия весом 15 кг. на 0.004-0.005%. Время растворения «чушки» составляет 40-60 сек.

Продолжительность продувки металла инертным газом после полного растворения алюминия должна быть не менее 2 минут, после чего производится замер температуры и окисленности.

По данным замеров окисленности возможно экспрессное определение содержания углерода в сталях Ст1кп, Ст2кп, Ст3кп, 10кп.

Доводку стали по химическому составу кусковыми ферросплавами, разрешается, производить на всех марках стали.

До операции по доводки отбирается проба металла пробоотборником. Результат химического анализа ковшевых проб сообщается на установку внепечной обработки.

Доводка стали по марганцу- осуществляется из расчета получения содержания марганца в готовой стали, превышающего нижний предел по НТД на 0.03% для спокойных и полуспокойных сталей. Для сталей 35ГС и 25Г2С корректировку производить из расчета получения рекомендованной суммы $(C+1/4Mn)$ с превышением на 0.01.

Доводка спокойной стали по кремнию, производится из расчета получения содержания кремния в готовом металле, превышающего нижний предел по НТД на 0.03%.

Определение количества вводимых в ковш ферросплавов для корректировки химического состава стали осуществляется из расчета, что содержание элемента увеличивается на 0.01% при вводе, соответственно, 30-35 кг. ферромарганца (FeMn70), 40-50 кг ферросилиция (FeSi65).

Ввод 30 кг ферросилиция снижает содержание активного кислорода в

стали на 0.001-0.0015% на полуспокойных сталях. Присадка 100 кг ферросплава дополнительно снижает температуру расплава на 1.5 С, при выдержке металла в ковше без продувки до 1.5 С/мин.

ПРИМЕЧАНИЕ: При получении температуры стали на нижнем температурном пределе, доводка по марганцу и кремнию не производится, а плавка выдается на разливку.

Количество и порядок присадки ферросплавов определяется сталеваром по внепечной обработке и согласовывается с мастером выплавки. Присадка ферросплавов осуществляется в свободную от шлака околофурменную зону порциями по 50-200 кг при заглублении фурмы на 0.5-1.5 метра (2-5 колец).

После окончания ввода ферросплавов производится усреднительная продувка длительностью не менее минуты.

Доводка по углероду осуществляется на спокойных и полуспокойных сталях.

Доводка осуществляется за счет вдувания углеродосодержащего материала через фурму с внутрифурменным эжектором или присадки в свободную от шлака околофурменную зону. В качестве углеродосодержащих материалов применяется пыль УСТК (коксовая мелочь, огарки).

Перед подачей углеродосодержащего материала рекомендуется шлак в ковше загущать известью.

Требуемое количество и способ подачи углеродосодержащего материала, определяется, после получения химического анализа стали.

Вдувание порошка осуществляется с интенсивностью 40-80 кг/мин. через фурму с внутрифурменным эжектором. Следует учитывать, что вдувание 20 кг углеродосодержащего материала увеличивает содержание углерода в стали на 0.01%.

Присадка углеродосодержащего материала на зеркало металла осуществляется во время продувки одной фурмой в свободную от шлака околофурменную зону.

Присадка осуществляется порциями по 40-80 кг при условии заглубления фурмы не более 1.0 м.

После окончания отдачи углеродосодержащего материала производится усреднительная продувка нейтральным газом длительностью не менее одной минуты.

Необходимо учитывать состояние шлака в сталеразливочном ковше, а также то, что присадка 30-40 кг углеродосодержащего материала в жидкий шлак и 20-30 кг в загущенный шлак увеличивает содержание углерода на 0.01%.

По окончании операции доводки стали по химическому составу, температуре и корректировки окисленности плавка выдается на разливку. К моменту окончания обработки металла на УВОС обязательно наличие свободного крана и состава у разливочной площадки.

1.3 Конструкция механизма, кинематическая схема

Конструктивно транспортный механизм выполнен в виде неповоротной платформы имеющей четыре приводных колеса. Привод колес осуществляется от двух механизмов передвижения, каждый из которых состоит из электродвигателя постоянного тока, трехступенчатого цилиндрического редуктора, а также муфт МЗ и МЗП. При выходе из строя одного механизма передвижения, второй должен обеспечить нормальную работу всего механизма в течение полного технологического цикла до остановки конвертора на перефутеровку.

Кроме механизмов передвижения, стелевоз оборудован скребком с приводом подъема, включающим электродвигатель типа АР-43-6, редуктор Ц2УН-125, два специальных конических винтовых редуктора и муфт. Токопровод к стелевозу присоединяется гибким кабелем.

Кинематическая схема механизма представлена на рисунке 1.

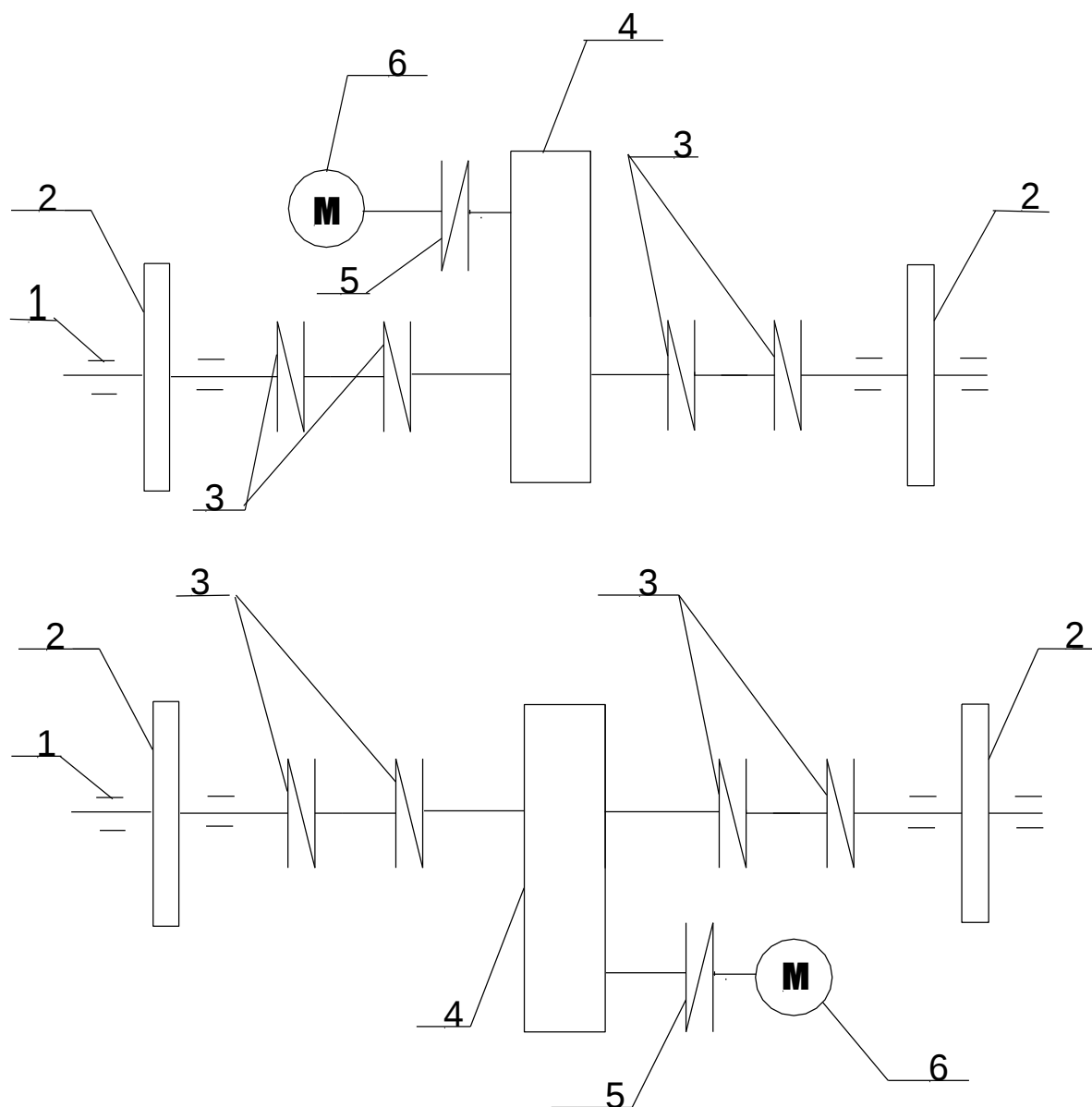


Рисунок 1- Кинематическая схема механизма

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:

- 1-Подшипники качения;
- 2-Ходовые колеса диаметром 1000мм;
- 3-Муфта типа МЗП-8;
- 4-Редуктор трехступенчатый ;
- 5-Муфта типа М 3-4;
- 6-Электродвигатель постоянного тока.

1.4 Технические данные механизма.

Грузоподъемность	$Q = 215\text{т};$
Масса порожнего механизма	$m = 80\text{т};$
Масса механизма с нормально наполненным ковшом	$m = 295\text{т};$
Скорость передвижения	$v = 0,83\text{м/с};$
Внутренний диаметр подшипников буксовых колес	$D_{\text{п}} = 18\text{см};$
Диаметр ходовых колес	$D_{\text{к}} = 1000\text{мм};$
Радиус шейки оси ходового колеса	$R_{\text{ш}} = 0,15\text{м};$
Передаточное число редуктора	$i = 52,32;$
Коэффициент трения в подшипниках ходовых колес	$p = 0,015;$
Коэффициент, учитывающий трение реборд ходовых колес о рельсы	$k = 0,015;$
Коэффициент сцепления ходовых колес о рельсы	$K_{\text{сц.}} = 0,25;$
Коэффициент трения качения ходовых колес $f = 0,0012;$	
Максимально допустимое ускорение при транспортировке металла, $\text{м/с}^2 a = 0,2;$	
Коэффициент полезного действия механизма	$\eta = 0,85\%$

1.5 Требования к электроприводу механизма.

В ККЦ-1 используются сталево­зы, выполненные в виде платформы с четырьмя приводными колесами. Колеса приводятся двумя механизмами передвижения, каждый из которых имеет электропривод. Сталевоз работает при двух основных скоростях передвижения: основной 1 м/с и пониженной 0,2 м/с. Торможение электропривода при нормальной работе рекуперативное электрическое. В нашем механизме как аварийное используется динамическое торможение и после снижения скорости до 0,1 м/с накладываются тормоза. При исчезновении напряжения тормоза накладываются мгновенно.

Электропривод передвижения сталевозом должен иметь следующие свойства:

- обладать высокой плавностью пуска и торможения, исключающей выплеск металла;
- регулирование скорости должно находиться в пределах 5:1;
- должно быть предусмотрено понижение скорости при маневрах во время слива стали, для повышения точности остановки сталевоза в конце пути;
- высокая надежность. Промедления, а тем более отказы в работе электропривода сталевоза недопустимы, так как слив стали в конвертер должен быть осуществлен в заданное время. Кроме того, при задержке подачи ковша на разливку снижается температура жидкой стали, и непрерывная разливка на МНЛЗ становится невозможной.

Рассматривая свойства привода, определим предъявляемые к нему требования:

- сталевоз должен обладать цикличностью в технологическом процессе, так как малейшие отклонения от заданного режима работы могут привести к сбоям в работе электрооборудования, участвующего в технологическом процессе;
- необходимость ведения процесса при отклонениях в работе электропривода;

- ограничение ускорения при маневрах в целях безопасного протекания технологического процесс.

Определив, требования к электроприводу механизма, рассмотрим задачи автоматизации конверторного цеха.

Предусматриваются три уровня автоматического управления:

- система управления отдельными механизмами (конверторами, фурмами, миксерами, МНЛЗ и др.) по переноске ковшей, сливу металла, подаче кислорода взвешиванию и подаче в конвертор заданной порции сыпучих материалов и т.д.
- система управления технологическим процессом отдельно в конверторе и на МНЛЗ. На этом уровне с помощью ЭВМ решаются задачи автоматизации управления процессом производства стали и литых заготовок;
- система управления конверторным цехом в увязке с другими цехами.

На этом уровне решается задача по оперативному планированию и управлению отделениями конверторного цеха, обеспечению его исходными материалами оперативному учету и анализу цеха по отчетной документации и т.д.

1.6 Обоснование выбора рода тока, типа электропривода и способа регулирования координат.

Выбор рода тока при проектировании механизма имеет очень важное значение, так как род тока будет определять какой двигатель будет установлен на механизме, переменного тока или двигатель постоянного тока. При этом нужно учесть все технико-экономические показатели, эксплуатационные расходы и удобство обслуживания и ремонта электрооборудования. В цехах металлургических предприятий находят применение крановые электродвигатели трехфазного переменного тока (асинхронные) и постоянного тока (последовательного или параллельного возбуждения). Они работают, как

правило, в повторно кратковременном режиме при широком регулировании частоты вращения, причем их работа сопровождается значительными перегрузками, частыми пусками. В ряде металлургических цехов они, помимо этого подвергаются воздействию высокой температуры (до 60-70*С), паров и газов.

В связи с этим по своим технико-экономическим показателям и характеристикам крановые электродвигатели значительно отличаются от электродвигателей общепромышленного исполнения.

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором применяется реже из-за несколько пониженного пускового момента и значительных пусковых токов хотя их масса примерно на 8% меньше, чем у двигателей с фазным ротором, а стоимость в 1,3 раза меньше, чем у двигателей при одинаковой мощности. Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором иногда применяют при легких и средних режимах работы. Преимуществом асинхронных электродвигателей перед двигателями постоянного тока являются их относительно меньшая стоимость, простота обслуживания и ремонта.

Привод сталевого требует широкое и плавное регулирование скорости, его работа сопровождается большим числом включений в час, иногда требуется регулирование скорости выше номинальной, поэтому целесообразно будет использовать двигатель постоянного тока. На стальных устанавливаются крановые электродвигатели постоянного тока типа Д.

Для выбора управления механизмом рассмотрим две системы управления электроприводом: систему Г – Д и систему ТП – Д и затем выберем самую экономичную и надежную, которая будет удовлетворять всем требованиям предъявляемые к электроприводу сталевого.

Рассмотрим систему Г – Д. В системе Г – Д якорь рабочего двигателя постоянного тока с независимым возбуждением получает питание от отдельного электромашиного генератора, также с независимым возбуждением. Генератор приводится во вращение с постоянной угловой скоростью двигателем,

включенным в сеть переменного тока (обычно синхронным). Обмотка возбуждения генератора получает питание от тиристорного выпрямителя. Управление рабочим двигателем в системе Г – Д осуществляется путем изменения величины и знака Э.Д.С. генератора.

Принципиально в системе Г – Д возможны все три тормозных режима, но практически используется лишь режим рекуперативного торможения.

К достоинствам электропривода по системе Г- Д можно отнести:

- весьма благоприятны механические характеристики электропривода, в системе Г - Д они отличаются высокой жесткостью
- плавное регулирование скорости;
- легко осуществляется двухзонное регулирование;
- достаточно большой диапазон регулирования скорости;

Несмотря на все достоинства рассмотренной системы, она имеет серьезные недостатки:

- наличие в преобразовательном агрегате вращающихся частей;
- необходимость в уходе;
- потребность в специальном помещении, в фундаменте;
- большая установленная мощность электрических машин;
- существенная инерционность системы управления.

Поэтому более совершенным является тиристорный электропривод постоянного тока по системе ТП – Д.

Управление двигателем постоянного тока осуществляется через тиристоры, путем изменения угла управления тиристора, а благодаря отрицательным обратным связям, используемым в электроприводе, можно получить практически любую жесткость механических характеристик, что является одним из достоинств системы ТП – Д

Отметим также, что:

- диапазон регулирования скорости также высок, как и в системе Г – Д 50:1 и более;

- большой срок службы – 15,20 лет;
- большая наработка на отказ в течение двухлетней гарантийной работы 4000 – 6500 ч;
- использование комплектных тиристорных электроприводов позволяет снизить трудоемкость разработок и изготовление электроприводов, снизить затраты на электромонтажные работы, повысить их заводскую готовность, сократить время и наладку приводов.

Поэтому используем систему ТП - Д, так как она обладает большими достоинствами, чем система Г – Д. Нами использован тиристорный электропривод серии КТЭ. В системе предусмотрено регулирование скорости, изменением напряжения на якоре двигателя, а так же предусмотрена стабилизация тока возбуждения электродвигателя за счет регулятора тока возбуждения.

Для регулирования скорости в механизме использована система подчиненного регулирования с однозонным регулированием скорости.

Выбрав тип электропривода, рассмотрим требования, предъявляемые к нему, и дадим краткую расшифровку системы.

Данный электропривод серии КТЭ предназначен для работы в закрытых помещениях при условиях работы:

- 1 – высота над уровнем моря 1000м
- 2 – отсутствие резких толчков и сильной тряски
- 3 – температура от +1 до + 40 град.цельс
- 4 – относительная влажность 80%

Электропривод (кроме двигателя) не предназначен для работы в передвижных установках, во взрывоопасных и пожароопасных помещениях, а так же в среде насыщенной водяным паром, а так же в средах с токопроводящей пылью.

Упрощенная электрическая схема электропривода сталевоза приведена на рисунке 2.

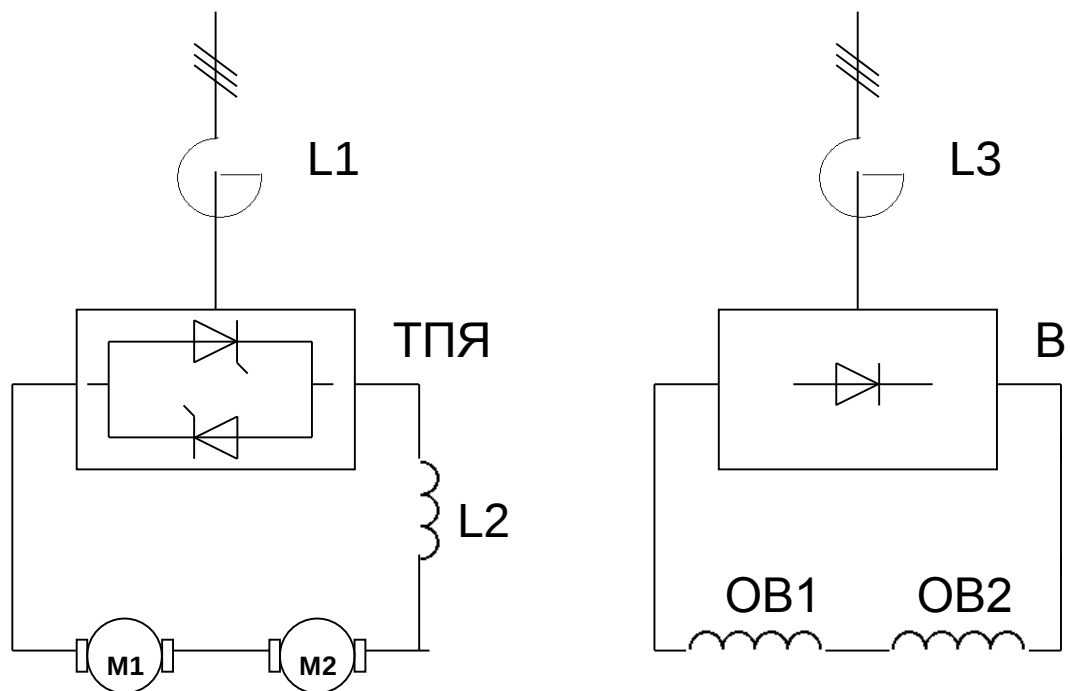
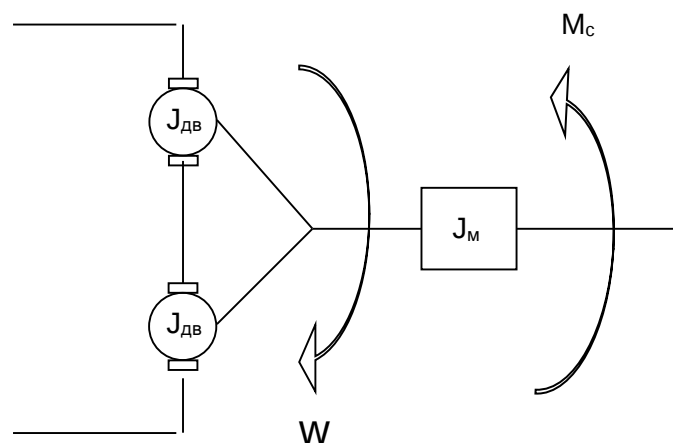


Рисунок 2-Упрощенная электрическая схема электропривода сталеваза.

1.7 Механическая система электропривода

Особенность схемы электропривода является два приводных двигателя, которые последовательно включены в электрическую цепь, питаются от одного преобразователя и работают на одну нагрузку.

Упрощенно механическую систему можно представить расчетной схемой (рисунок 3, а) и структурной (рисунок 3, б)



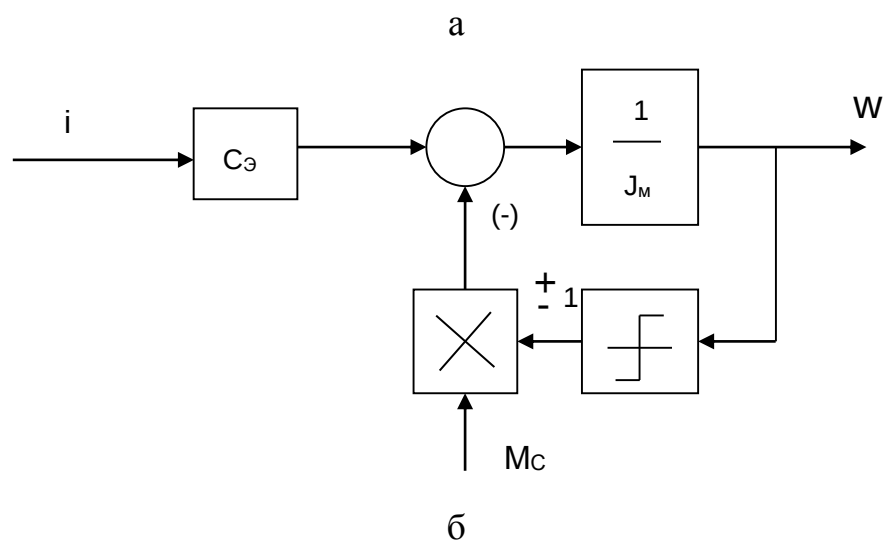


Рисунок 3-Механическая система электропривода сталеваза

2 ПРОЕКТНО-РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Расчет мощности и выбор электродвигателя

Рациональный выбор электродвигателей по мощности имеет важное значение.

Выбор электродвигателей завышенной мощности приводит к увеличению капитальных и эксплуатационных расходов, к недоиспользованию их активных материалов а, следовательно, и к снижению КПД, а у асинхронных электродвигателей еще и коэффициента мощности, важного технико-экономического показателя.

Выбор электродвигателей завышенной мощности приводит к сокращению срока их службы из-за преждевременного старения изоляции обмоток

Рационально выбранный электродвигатель при данном режиме работы должен удовлетворять трем требованиям:

- температура нагрева не должна превышать значений температуры, установленных гостом для электрических машин;
- двигатель должен иметь достаточный приводной момент для производственного механизма: пусковой и максимальный момент;
- механизм должен обеспечить запас по сцеплению при пуске и торможению.

Определим статические силы и приведенные к валу двигателя моменты сопротивления движения:

-при порожнем ковше

$$F_{мин} = \frac{k \cdot (m_0) \cdot g \cdot (m \cdot R_{ц} + f)}{R_k} = \frac{2 \cdot 80000 \cdot 9.81 \cdot (0,015 \cdot 0,15 + 0,0012)}{0,5} = 10830,24 \text{ Н*м},$$

где $k=2$ – коэффициент, учитывающий трение реборд ходовых колес

о рельсы (см технические данные на механизм);

$m = 0,015$ – коэффициент трения в ходовых колесах;

$m_0 = 80$ т – масса порожнего механизма;

$g = 9,8$ м/с² – ускорение свободного падения;

$R_k = 0,5$ м – радиус ходового колеса;

$f = 0,0012$ – Коэффициент трения качения.

Тогда приведенный момент сопротивления

$$M_{смин} = \frac{F_{смин} \cdot R_k}{i_{ред} \cdot \eta_m} = \frac{10830,24 \cdot 0,5}{52,32 \cdot 0,85} = 121,76 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

-при полной загрузке ковша

$$F_{макс} = \frac{k \cdot (m_0 + m_n) \cdot g \cdot (m \cdot R_{ц} + f)}{R_k} = \frac{2 \cdot 295000 \cdot 9,81 \cdot (0,015 \cdot 0,15 + 0,0012)}{0,5} \\ = 39895,8 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $m_n = 215$ т – масса груза,

тогда

$$M_{смакс} = \frac{F_{смакс} \cdot R_k}{i_{ред} \cdot \eta_m} = \frac{39895,8 \cdot 0,5}{52,32 \cdot 0,85} = 448,55 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определим статическую мощность при равномерном движении при полной загрузке ковша

$$P_c = \frac{F_{смакс} \cdot V_m}{\eta_m} \cdot 10^{-3} = \frac{39895,8 \cdot 0,83}{0,85} \cdot 10^{-3} = 38,96 \text{ кВт},$$

где $v_m = 0,83$ м/с – Линейная скорость механизма примем;

$\eta_m = 0,85$ - коэффициент полезного действия механизма.

Для обеспечения работы сталевоза с одним двигателем, выбираем каждый

двигатель на полную мощность. С учетом стандартного значения $ПВ = 40\%$ для двигателя, найдем его полную мощность

$$P_{\text{дврасч}} = P_c \sqrt{\frac{ПВ\%}{100}} = 38,96 \sqrt{\frac{40}{100}} = 24,6 \text{ кВт.}$$

Определим значение максимальной скорости движения при рабочей скорости $V_m = 0,83 \text{ м/с}$

$$\omega_{\text{дврасч}} = \frac{V_m}{R_k} \cdot i_{\text{ред}} = \frac{0,83}{0,5} \cdot 52,32 = 86,85 \text{ рад/с.}$$

Момент инерции нагруженного механизма, приведенный к валу двигателя определяется по выражению

$$J_{\text{мехгруз}} = 2 \cdot J_{\text{дв}} \cdot 1,25 + m \left(\frac{V_m}{\omega_{\text{дв}}} \right)^2 = 1,25 \cdot 2 \cdot 2 + 295 \cdot 10^2 \cdot \left(\frac{0,83}{86,85} \right)^2 = 31,94 \text{ кг м}^2.$$

Момент инерции порожнего механизма, приведенный к валу двигателя, определяется по выражению

$$J_{\text{мепорож}} = 2 \cdot J_{\text{дв}} \cdot 1,25 + m_0 \left(\frac{V_m}{\omega_{\text{дв}}} \right)^2 = 1,25 \cdot 2 \cdot 2 + 80 \cdot 10^2 \cdot \left(\frac{0,83}{86,85} \right)^2 = 12,3 \text{ кг м}^2.$$

По найденным значениям расчетной скорости и момента, с учетом принятого $ПВ = 40\%$, выбираем электродвигатель типа Д-808, справочные данные приведены в таблице 3.

Проверим двигатель на перегрузочную способность при работе с полной нагрузкой в режиме заданного максимального ускорения.

Динамический момент, необходимый для обеспечения ускорения $a = 0,2 \text{ м/с}^2$

$$M_{\text{динмакс}} = a \cdot \frac{i_{\text{ред}}}{R_k} \cdot J_{\text{э}} = 0,2 \cdot \frac{52,32}{0,5} \cdot 31,94 = 668,44 \text{ Н м.}$$

Таблица 3-справочные данные электродвигателя типа Д-808

Тип электродвигателя		Рн	Uн	Iн	nн	Роя	Рдп
		кВт	В	А	Об/ми н	Ом	Ом
Д - 808		26	220	134	825	0.034	0.02
n _{макс}	M _{макс}	Ф. ном	Число полюсов 2р		GD ²	Rв	Iв
Об/ мин	Н · м	Вб	—		Кг · м ²	Ом	А
1650	1175	0,0358	4		6	44,4	3.4

Полный момент двигателя в режиме пуска

$$M_{\text{пускмакс}} = M_{\text{срасч}} + M_{\text{динмакс}} = 448,5 + 668,44 = 1116,94 \text{ Н м}$$

Из условия $M_{\text{пускмакс}} < \lambda_{\text{дв}} \cdot M_{\text{двн}}$, следует, что двигатель по перегрузочной способности проходит и обеспечивает требуемое максимальное значение ускорения.

Расчетные параметры электродвигателя

По паспортным данным выбранного электродвигателя определим его основные параметры:

-номинальная угловая скорость

$$\omega_{\text{н}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{ном}}}{30} = 3,14 \cdot 825/30 = 86,35 \text{ рад/с}$$

где $n_{\text{ном}} = 825$ об/мин номинальная частота вращения выбранного электродвигателя;

-сопротивление двигателя в горячем состоянии при перегреве +95°C.

$$R_{\text{двгор}} = 1,38 \cdot (R_{\text{оя}} + R_{\text{он}}) = 1,38 \cdot (0,034 + 0,02) = 0,07452 \text{ Ом.}$$

- коэффициент ЭДС (В с/рад) и электромагнитного момента (Н м/) двигателя

$$C = \frac{U_n - I_{\text{двн}} \cdot R_{\text{двгор}}}{w_{\text{двн}}} = \frac{220 - 134 \cdot 0,07452}{86,35} = 2,43.$$

-максимальный допустимый ток двигателя

$$I_{\text{двмакс}} = 3 \cdot I_{\text{ном}} = 3 \cdot 134 = 402 \text{ А.}$$

-индуктивность электродвигателя

$$L_{\text{дв}} = \gamma \cdot \frac{U_{\text{дв.ном}}}{p \cdot w_{\text{дв.ном}} \cdot I_{\text{дв.ном}}} = 0,4 \cdot \frac{220}{2 \cdot 86,35 \cdot 134} = 0,0038 \text{ Гн,}$$

где, $p=2$ – число пар полюсов электродвигателя $\gamma = 0,4$.

2.2 Выбор элементов электрооборудования

2.2.1 Выбор токоограничивающего реактора

Токоограничивающие реакторы включают в цепь переменного тока при подключении тиристорного преобразователя к промышленной сети или общей сети питания нескольких тиристорных преобразователей.

Необходимое значение полного сопротивления обмотки фазы реактора

$$Z_{\text{ф.расч}} = \frac{U_{\text{кз}} \% \cdot U_{\text{фн}}}{100 \cdot I_{\text{ф.расч}}} = \frac{5,5 \cdot 220}{100 \cdot 114,67} = 0,1055 \text{ Ом,}$$

$$\text{где } U_{2\text{фн}} = \frac{U_{2\text{ли}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В;}$$

$U_{\text{кз}} \% = 5,5\%$ -относительное напряжение короткого замыкания реактора;

-расчетное фазное значение тока;

$$I_{\text{фрасч}} = k_i \cdot k_{i2} \cdot I_{\text{двн}} = 1,05 \cdot 0,815 \cdot 134 = 114,67 \text{ А}$$

$k_i = 1,05$ -коэффициент учитывающий отклонения формы тока от

синусоидальной;

$k_{i2} = 0,815$ -коэффициент характеризующий отношение $\frac{I_{2\phi}}{I_{\phi\phi}}$ для трехфазной мостовой схемы выпрямителя;

Предварительно, пренебрегая активным сопротивлением обмотки реактора, принимаем $X_{\phi.расч} = Z_{\phi.расч}$, тогда необходимое значение индуктивности обмотки фазы реактора

$$L_{\phi.расч} = \frac{X_{\phi.расч}}{\omega_c} = \frac{0,1055}{314} = 0,336 \text{ мГн.}$$

По расчетным данным выбираем токоограничивающий реактор типа РТСТ-165-0,2543 с техническими данными, приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

$U_{лн}$	$I_{ф.н}$	$L_{р.ф}$	$R_{р.ф}$	$X_{рф}$
В	А	Гн	Ом	Ом
410	165	$0,25 \cdot 10^{-3}$	0,013	0,0785

2.2.2 Выбор тиристорного преобразователя

Согласно требованиям, предъявляемые к электроприводу сталеваза, и опираясь на выбранный тип электропривода серии КТЭ, выбираем преобразователь исходя из следующих условий:

$$U_{д.ном} \geq 2U_{\phiв.ном} = 440 \text{ В};$$

$$I_{дн} \geq I_{\phiв.ном} = 134 \text{ А};$$

$$I_{дмакс} \geq I_{\phiв.макс} = 402 \text{ А},$$

где $I_{дн}$ -номинально выпрямленный ток преобразователя, А;

$U_{дн}$ -номинальное выпрямленное напряжение тиристорного преобразователя, В.

Выбираем тиристорный преобразователь КТЭ-200/460 с техническими параметрами, приведенными в таблице 4.

Таблица – 4. Техническая характеристика преобразователя КТЭ-200/460

Техническая характеристика	Единица измерения	Значения
Номинальный выпрямленный ток	А	200
Кратность перегрузки по току при 10 мс		2,25
Номинальное выпрямленное напряжение	В	460
Номинальное напряжение сети	В	380
Частота питающей сети	Гц	50
Колебания питающей сети, не более	%	+10 –15
Номинальное напряжение тиристорного возбудителя		220В

2.2.3 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.

Необходимая величина индуктивности сглаживающего дросселя из условия ограничения зоны прерывистых токов [5]

$$L_{\text{кн1}} = \frac{1}{\omega_c} \cdot \kappa_{\text{грmax}} \cdot \frac{U_{2\phi\phi}}{\kappa_{u2} \cdot I_{\text{д гр}}} =$$

$$= \frac{1}{314} \cdot 0.09356 \cdot \frac{220}{0.428 \cdot 16.08} = 0.0095 \text{ Гн.}$$

где

$$\kappa_{\text{грmax}} = 1 - \frac{\pi}{6} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{6} = 1 - \frac{3.14}{6} \cdot \text{ctg} \frac{3.14}{6} = 0.093;$$

$$I_{\text{д гр}} = (0.1 - 0.15) \cdot I_{\text{н}} = 0.12 \cdot 134 = 16,08 \text{ А- значение начально-}$$

непрерывного тока.

Индуктивность добавочного дросселя

$$L_{\text{др1}} = L_{\text{кн1}} - 2L_{\text{р.ф}} - 2L_{\text{дв}} =$$

$$= 0,0095 - 2 \cdot 0,00025 - 2 \cdot 0,0038 = 0,00137 \text{ Гн.}$$

где

$$2L_{\text{р.ф}} - \text{суммарная индуктивность обмоток реактора в контуре}$$

выпрямленного тока.

Необходимая величина индуктивности сглаживающего дросселя из условия ограничения пульсаций выпрямленного тока

$$L_{\text{кн2}} = \frac{E_{\text{д(1)max}} \cdot 100}{m_{\text{в}} \cdot \omega_c \cdot P_{(1)\%} \cdot I_{\text{д}}} =$$

$$= \frac{124,6 \cdot 100}{6 \cdot 314 \cdot 15 \cdot 134} = 0,0033 \text{ Гн.}$$

где

$$E_{d(1)\max} = \frac{U_{2\phi\phi} \cdot \sqrt{2} \cdot m_B}{\kappa_{u2} \cdot (m_B^2 - 1)} =$$

$$= \frac{220 \cdot \sqrt{2} \cdot 6}{0.428 \cdot (6^2 - 1)} = 124,6 \text{ В},$$

$E_{d(1)\max}$ -действующее значение первой гармоники пульсирующего выпрямленного напряжения при угле управления $\alpha = 90^\circ$ рассчитывается по выражению

$$P_{(1)\%} = 15\% \text{- допустимое действующее значение первой}$$

гармоники выпрямленного тока в процентах.

Индуктивность сглаживающего дросселя

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

$$= 0,0033 - 2 \cdot 0,00025 - 0,0076 = < 0$$

Для силовой цепи устанавливается дроссель с параметрами приведенными в таблице 5.

Таблица 5-Параметры сглаживающего реактора ФРОС-65/0,5 УЗ

Тип	Индуктивность, Гн $L_{др}$	Сопротивление, Ом $R_{др}$	Номинальный ток, А
ФРОС-65/0,5 УЗ	$1 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	320

2.2.4 Расчетные параметры тиристорного преобразователя

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

$$E_{d0} = \frac{U_{2\phi}}{k_{u2}} = \frac{220}{0,428} = 514 \text{ В.}$$

Коэффициент (максимальное значение) усиления преобразователя

$$K_{\text{тп}} = \frac{\pi \cdot k_{yo} \cdot E_{d0}}{2 \cdot U_{\text{оп макс}}} = \frac{3,14 \cdot 0,475 \cdot 514}{10} = 76,66,$$

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

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

Постоянная времени тиристорного преобразователя

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

Коэффициент передачи устройства согласования на входе СИФУ преобразователя.

$$K_{yo} = \frac{\alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{мин}}}{\alpha_0} = \frac{110 - 10}{180} = 0,555$$

Сопротивление силовой цепи преобразователя

$$R_{\text{тп}} = 2R_{\text{р.ф}} + R_{\text{к}} + R_{\text{др}} = 2 \cdot 0,013 + 0,075 + 0,0045 = 0,1055 \text{ Ом,}$$

где $R_{\text{к}} = \frac{m_{\text{в}} \cdot X_{\text{трф}}}{2\pi} = \frac{6 \cdot 0,0785}{2 \cdot 3,14} = 0,075 \text{ Ом}$ - сопротивление, вносимое за счет коммутации анодных токов, Ом.

Индуктивность силовой цепи преобразователя

$$L_{\text{тп}} = 2L_{\text{р.ф}} + L_{\text{др}} = 2 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} + 0,001 = 0,0015 \text{ мГн.}$$

Максимальный допустимый ток преобразователя

$$I_{d\text{макс}} = 2,25 \cdot I_{dн} = 2,25 \cdot 200 = 450 \text{ А.}$$

Выбираем максимальный допустимый ток электропривода

$$I_{\text{эп макс}} = I_{\text{дв макс}} = 402 \text{ А.}$$

2.2.5 Расчет параметров силовой цепи

Силовая цепь исследуемого электропривода состоит из: электродвигателя, токоограничивающего и сглаживающего реактора и тиристорного преобразователя.

Для токоограничивающего и сглаживающего реактора были определены необходимые значения индуктивности, их активные и индуктивные сопротивления.

Для тиристорного преобразователя так же определялись параметры его силовой цепи: средневывпрямленное значение ЭДС при угле управления равным нулю, а так же индуктивность тиристорного преобразователя $L_{ТП} = 0,5 \text{ мГн}$, и активное сопротивление преобразователя $R_{ТП} = 0,1 \text{ Ом}$.

Для выбранного электродвигателя заранее были определены: сопротивление электродвигателя горячее $R_{дв.гор} = 0,07452 \text{ Ом}$, конструктивный коэффициент двигателя $c = 2,43$, номинальный момент электродвигателя $M_{ном} = 301 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Индуктивность якорной цепи

$$L_{яц} = 2 \cdot L_{дв} + L_{ТП} = 2 \cdot 0,0038 + 0,0015 = 0,0091 \text{ Гн.}$$

Сопротивление цепи двигателя

$$R_{идв} = 2 \cdot R_{дв.гор} + 0,1 \cdot 2 R_{дв.гор} = 2 \cdot 0,07452 + 0,1 \cdot 2 \cdot 0,07452 = 0,164 \text{ Ом}$$

Сопротивление якорной цепи

$$R_{яц} = R_{идв} + R_{ТП} = 0,164 + 0,1055 = 0,27 \text{ Ом}$$

Электромагнитная постоянная якорной цепи

$$T_{яц} = \frac{L_{яц}}{R_{яц}} = \frac{0,0091}{0,27} = 0,034 \text{ с.}$$

Коэффициент ЭДС эквивалентного двигателя равен $C = 2 \cdot C_{ог} = 4,86 \text{ В}$
с/рад

2.2.6 Параметры механической системы.

$$J_{\text{э мин}}=12,3 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$M_{\text{с мин}}=121,76 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$J_{\text{э макс}}=31,94 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$M_{\text{с макс}}=448,55 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Определим значение электромеханической постоянной времени

$$T_{\text{м}} = \frac{J_{\text{э}} \cdot R_{\text{яц}}}{c^2} = \frac{(12,3 \div 31,94) \cdot 0,27}{4,86^2} = 0,14 \div 0,365$$

2.3 Проверка обеспечения заданной области существования электромеханических характеристик электропривода

Заданная область существования электромеханических характеристик электропривода (замкнутой системы), ограниченная значением $\omega = \omega_{\text{max}}$ и зависимостью $\pm I_{\text{доп}}(\omega)$, должна полностью располагаться внутри области существования характеристик проектируемой системы преобразователь – двигатель. Последняя в свою очередь ограничена предельными характеристиками, соответствующими работе проводящей группы вентилей в режиме предельного инвертирования, а в выпрямительном режиме при минимальном угле управления. 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 $\omega = \omega_{\text{max}}$ и $I = I_{\text{Н}}$.

Минимальный угол управления преобразователем

$$\alpha_{\min} = \arccos \frac{C_{\varepsilon} \cdot \omega_{\max} + I_{\text{двн}} \cdot R_{\text{яц}}}{E_{d0}} = \arccos \frac{2 \cdot 2,43 \cdot 86,35 + 134 \cdot 0,27}{514} = \arccos 0,887$$

=27,52 град.

Принимаем $\alpha_{\min} = 10$ градусов с учетом возможного снижения напряжения сети.

Рассчитываем электромеханические характеристики разомкнутой системы при $\alpha_{\min} = 10$ градусов по выражению выпрямительном режиме:

$$\omega_{\max}(I_{\text{я}}) = \frac{1}{c} (\kappa_c \cdot E_{d0} \cdot \cos \alpha_{\min} - R_{\text{яц}} \cdot I_{\text{я}}) = \frac{1}{4,86} (514 \cdot \cos 10^\circ - 0,27 I_{\text{я}})$$

Результаты расчета электромеханической характеристики, при $\alpha_{\min}$, сведены в таблице 6., а сами характеристики представлены на рисунке 4.

Таблица 6- Расчетные параметры электромеханической характеристики при $\kappa_c=1$

$\omega, \text{с}^{-1}$	102	96,37	80,79
$I_{\text{дв}}$	0	134	402

Электромеханическая характеристика безопасного инвертирования при работе преобразователя в инверторном режиме

$$\omega_{\text{макс}}(I_{\text{я}}) = \frac{1}{c} \left[K_c \cdot E_{d0} \cdot \cos \delta - (R_{mn} - R_{\text{цдв}}) \cdot I_{\text{я}} \right] = \frac{1}{4,86} \left[514 \cdot \cos 6^\circ - (0,1055 - 0,164) I_{\text{я}} \right],$$

где; δ - угол, запаса при инвертировании принимаем $\delta = 6$ град.;

Расчет $I_{я} \leq 0$ электромеханической характеристики безопасного инвертирования при работе преобразователя в инверторном режиме сведен в таблице 7., характеристика представлена на рисунке 4.

Таблица 7 - Расчетные параметры электромеханической характеристики, при $\kappa_c=0,9$.

$\omega, \text{с}^{-1}$	105,2	106,8	110
$I_{дв}$	0	-134	-402

Значение максимального угла управления

$$\alpha_{\max} = \arccos \left[\frac{2 \cdot R_{mn} \cdot I_{\text{элмакс}}}{E_{d0}} - \cos \delta \right] = 146^\circ$$

Для найденного $\alpha_{\max}$, рассчитываем и построим электромеханическую характеристику разомкнутой системы электропривода при работе в инверторном режиме

$$\omega_{\max}(I_{я}) = \frac{1}{c} (-\kappa_c \cdot E_{d0} \cdot \cos \alpha_{\max} - R_{яц} \cdot I_{я}) = \frac{1}{4,86} (-514 \cdot \cos 146^\circ - 0,27 \cdot I_{я})$$

В таблицу 8 сведены результаты расчёта электромеханических характеристик.

Таблица 8 Расчетные параметры электромеханической характеристики, при $k_c=0,9$.

ω, c^{-1}	87,7	95,12	110
$I_{дв}$	0	-134	-402

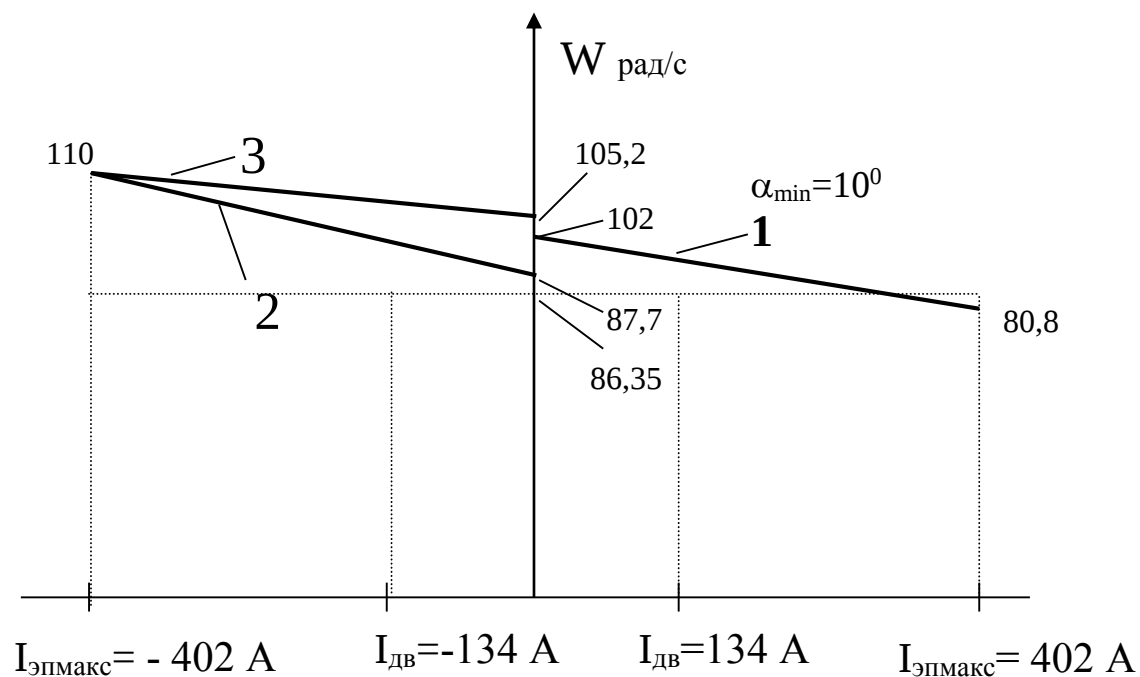


Рисунок 4-Область существования электромеханических характеристик

2.4 Расчет электромеханических характеристик разомкнутой системы преобразователь-двигатель

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:

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

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

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

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:

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

Значение ЭДС в относительных единицах в зависимости от угла управления

α в зоне прерывистых токов:

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

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

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 тиристоров α (в диапазоне 0...180) и угол проводимости λ (0...60), то получим семейство электромеханических характеристик в зоне прерывистых токов. Электромеханические характеристики системы УВ-Д построены в программе MathCad и представлены на рис. 5:

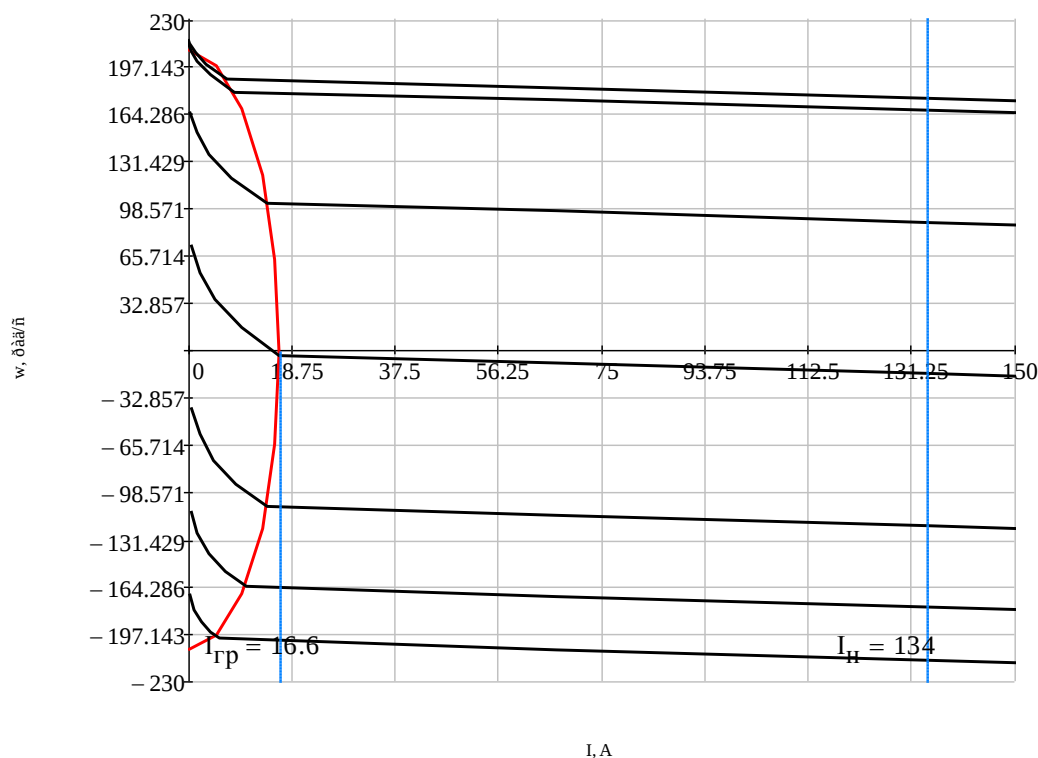


Рисунок 5 – Электромеханические характеристики системы УВ–Д с отдельным управлением

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

Как видно из графиков рисунка 13 отношение $\frac{I_{дгрmax}}{I_{дн}} = \frac{16,6}{134} = 0,124$, что

является приемлемым.

2.5 Структурная схема силового канала электропривода

Структурная схема силового канала электропривода приведена на рисунке 7.

Параметры элементов структурной схемы приведены в таблице 11.

Таблица 11-Параметры элементов силового канала.

$K_{тп}$	$T_{тп},$ с	$R_{яц},$ Ом	$L_{яц},$ Гн	$C_э$	$J_э$
76,66	0,00167	0,27	0,0091	4,86	12,3÷31,94
$T_{яц},$ с	$K_{дт},$ В/А	$K_{дн}$	$M_c,$ Н·м	$R_{дв},$ Ом	$T_{дв},$ с
0,034	0,02	0,02	121,76÷448,55	0,07452	0,051

Коэффициент передачи датчика тока с учетом коэффициента передачи шунта($\Delta U_{шн}=0,075$ В, $I_{шн}=500$ А) и коэффициента усиления типовой ячейки датчика тока

$$K_{дт} = \frac{U_{дт\max}}{I_{шном}} = \frac{10}{500} = 0,02 \text{ В/А.}$$

Датчик напряжения реализуем с использованием типовой ячейки датчика напряжения с входным делителем.

Коэффициент передачи датчика напряжения.

$$K_{дн} = \frac{U_{дн\max}}{U_{вх.\max}} = \frac{10}{500} = 0,02.$$

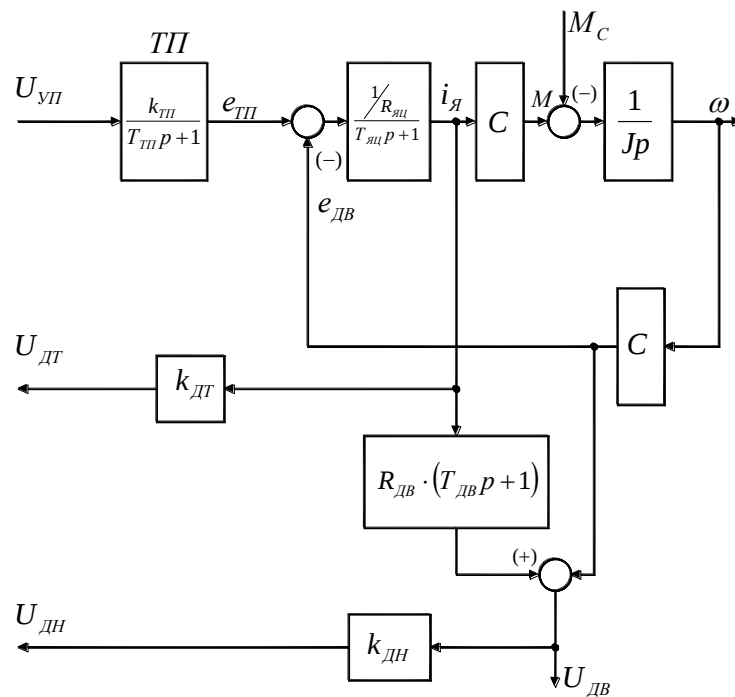


Рисунок 7 Структурная схема силового канала

2.6 Структурная схема системы автоматического регулирования электропривода

Так как к электроприводу сталеваза 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 сталеваза 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 системы автоматического регулирования электропривода сталеваза представлена на рисунке 8.

На схеме приняты следующие обозначения:

$V_{x.f}$ -фильтр на входе РЭП;

РЭ- регулятор ЭДС;

РТ- регулятор тока;

$$W_{TP}(p) = \frac{K_{TP}}{T_{TP}p + 1} - \text{передаточная функция тиристорного преобразователя};$$

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].

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

$$T_M/T_{яц}=(0,14\div0,365)/0,034=4,12\div10,74$$

достаточно велико, что говорит о незначительном влиянии отрицательной обратной связи по ЭДС двигателя, потому при оптимизации контуров не будем учитывать ЭДС двигателя

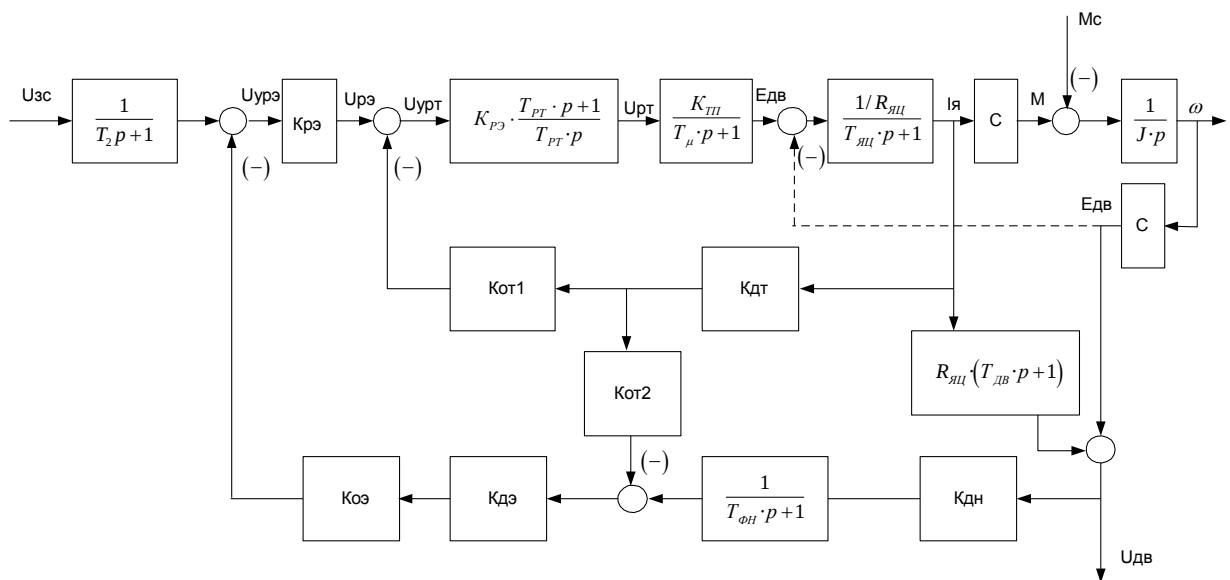


Рисунок 10 Структурная схема САР РЭП

2.7 Оптимизация контура тока

Структурная схема контура тока приведены на рисунке 11. Контур тока содержит два инерционных звена первого порядка, один с большой постоянной времени $T_{яц}$, которая должна быть компенсирована, и другое с малой постоянной времени, которая может быть принята как малая постоянная времени контура

$$T_{\mu t} = T_{\mu n} = 0,00167c.$$

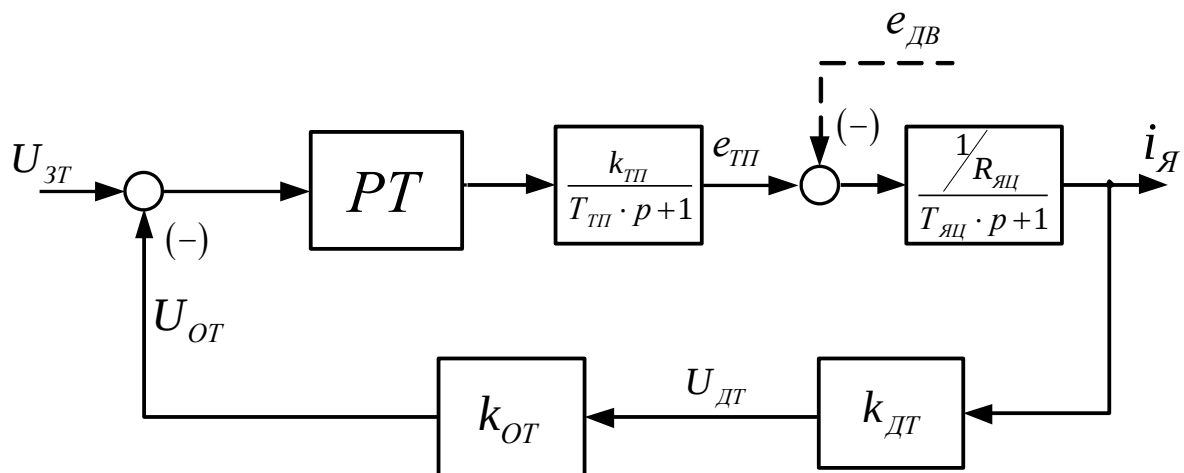


Рисунок 11-Структурная схема контура тока.

Прежде всего настройка контура производится без учета внутренней обратной связи по ЭДС двигателя. Тип регулятора и метод оптимизации контура выбираются в зависимости от соотношения $T_{яц}/4 \cdot T_{\mu}$ (таблица.12.).

Таблица 12 Тип регулятора и метод оптимизации контура

$T_{яц}/4 \cdot T_{\mu}$	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 МО при коэффициенте оптимизации $a_t = 2 [4]$, регулятор тока пропорциональный-интегральный (ПИ-РТ).

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.

Передаточная функция ПИ-регулятора тока имеет вид

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

Постоянная времени регулятора тока:

$$T_{PT} = T_{яц} = 0,034с;$$

Коэффициент усиления регулятора тока:

$$K_{\text{рТ}} = \frac{T_{\text{яц}} \cdot R_{\text{яц}}}{K_{\text{ТП}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot 2 \cdot T_{\mu}} = \frac{0,034 \cdot 0,27}{76,66 \cdot 0,0249 \cdot 2 \cdot 0,00167} = 1,44$$

где коэффициент обратной связи по току якоря;

$$k_m = \frac{U_{\text{рс доп}}}{I_{\text{доп max}}} = \frac{10}{402} = 0,0249 \text{ В/А};$$

Коэффициент передачи датчика тока

$$K_{\text{дт}} = 0,02.$$

Коэффициент передачи цепи обратной связи по току регулятора

$$K_{\text{от}} = K_{\text{т}} / K_{\text{дт}} = 0,0249 / 0,02 = 1,245.$$

Передаточная функция замкнутого контура по управлению имеет вид

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

$$\approx \frac{1/K_m}{2T_{\mu} \cdot p + 1} \approx \frac{1/K_m}{2T_m \cdot p + 1}$$

Где $T_m = 2 \cdot T_{\mu}m = 0,0034 \text{ с.}$

Погрешность отработки заданного значения тока $\Delta I_{\text{уст}} = 0$

2.8 Оптимизация контура ЭДС

Структурная схема контура ЭДС двигателя может быть упрощенно представлена в виде, приведенном на рисунке 12, если упрощенно описать контур тока усеченной до второго порядка передаточной функции и выполнить условие

$$K_{\text{от2}} \cdot K_{\text{дт}} = R_{\text{дв}} \cdot K_{\text{дн}},$$

Постоянную времени фильтра в цепи обратной связи выбираем равной

$T_{\Phi H} = T_{ДВ} = 0,051\text{с}$. Наличие апериодического звена в цепи обратной связи вызывает необходимость включения на входе системы такого же звена при $T_2 = T_{ДВ} = 0,051\text{с}$ для исключения повышенного перерегулирования тока при отработке возмущения по заданию.

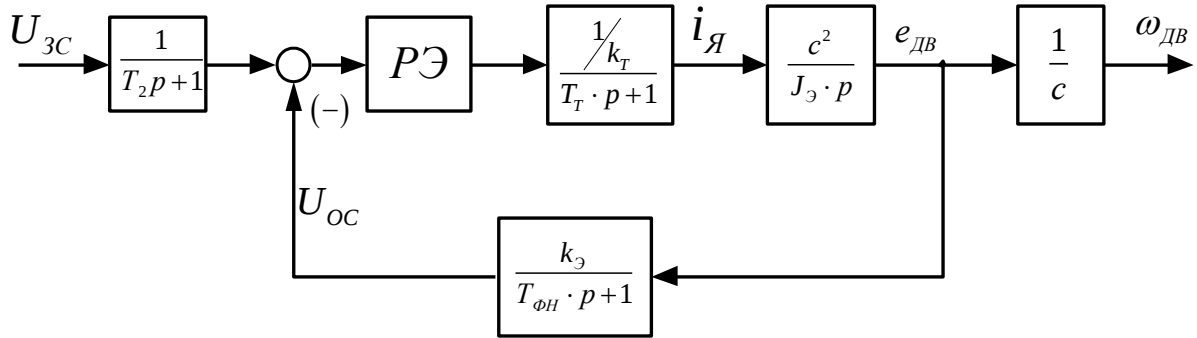


Рисунок 12- Структурная схема линейризованной САУ РЭП
с обратной связью по ЭДС

Контур регулирования настраивается на модульный оптимум.

Поскольку в контуре имеется интегрирующее звено выбираем регулятор ЭДС – пропорционального типа. Коэффициент оптимизации $a_э = 2$ Параметры регулятора находим следующим образом:

Тогда

$$K_{\text{рег эдс}} = \frac{J_э \cdot K_T}{K_э \cdot C^2 \cdot a_э \cdot (T_T + T_{ДВ})} =$$

$$= \frac{(12,3 \div 31,94) \cdot 0,0249}{0,0238 \cdot 4,86^2 \cdot 2 \cdot 0,5434} = 5,013 \div 13,02$$

где $T_{\mu э} = (T_T + T_{\Phi H}) = (2 \cdot 0,00167 + 0,051) = 0,05434$ -малая постоянная времени ЭДС;

$K_э = K_{ОЭ} \cdot K_{ДЭ} \cdot K_{ДН} = U_{3\text{МАКС}}/E_{ДВ\text{МАКС}} = 10/419,66 = 0,0238 \text{ В} \cdot \text{с}$.- коэффициент обратной связи по ЭДС

$$E_{\text{ов. макс}} = C_э \cdot \omega_{ЭП. \text{МАКС}} = 4,86 \cdot 86,35 = 419,66 \text{ В}$$
- максимальная ЭДС

двигателя при $\omega_{\text{ЭП.МАКС}}$.

$K_{\text{ОЭ}} = K_{\text{Э}} / K_{\text{ДЭ}} \cdot K_{\text{ДН}} = 0.0245 / 1 \cdot 0.02 = 1.225$ коэффициент передачи цепи обратной связи по ЭДС регулятора.

$$K_{\text{ДЭ}} = 1;$$

Передаточная функция замкнутого контура записанная относительно скорости двигателя.

$$W_{\text{Э зам}} = \frac{1 / K_{\text{Э}} \cdot C_{\text{Э}}}{a_{\text{Э}} (T_{\text{м}} + T_{\text{дэ}}) P [(T_{\text{м}} + T_{\text{дэ}}) P + 1] + 1} = \frac{1 / (K_{\text{Э}} \cdot C_{\text{Э}})}{a_{\text{Э}} \cdot T^2 \mu_{\text{Э}} \cdot p + a_{\text{Э}} \cdot T \mu_{\text{Э}} \cdot p + 1} =$$

$$= \frac{8,65}{0,0059 P^2 + 0,10868 P + 1}$$

Логарифмические частотные характеристики замкнутого контура ЭДС рассчитываются и строятся на основании приведённого выражения передаточной функций с использованием программы расчёта Matlab и приведены на рисунке 13.

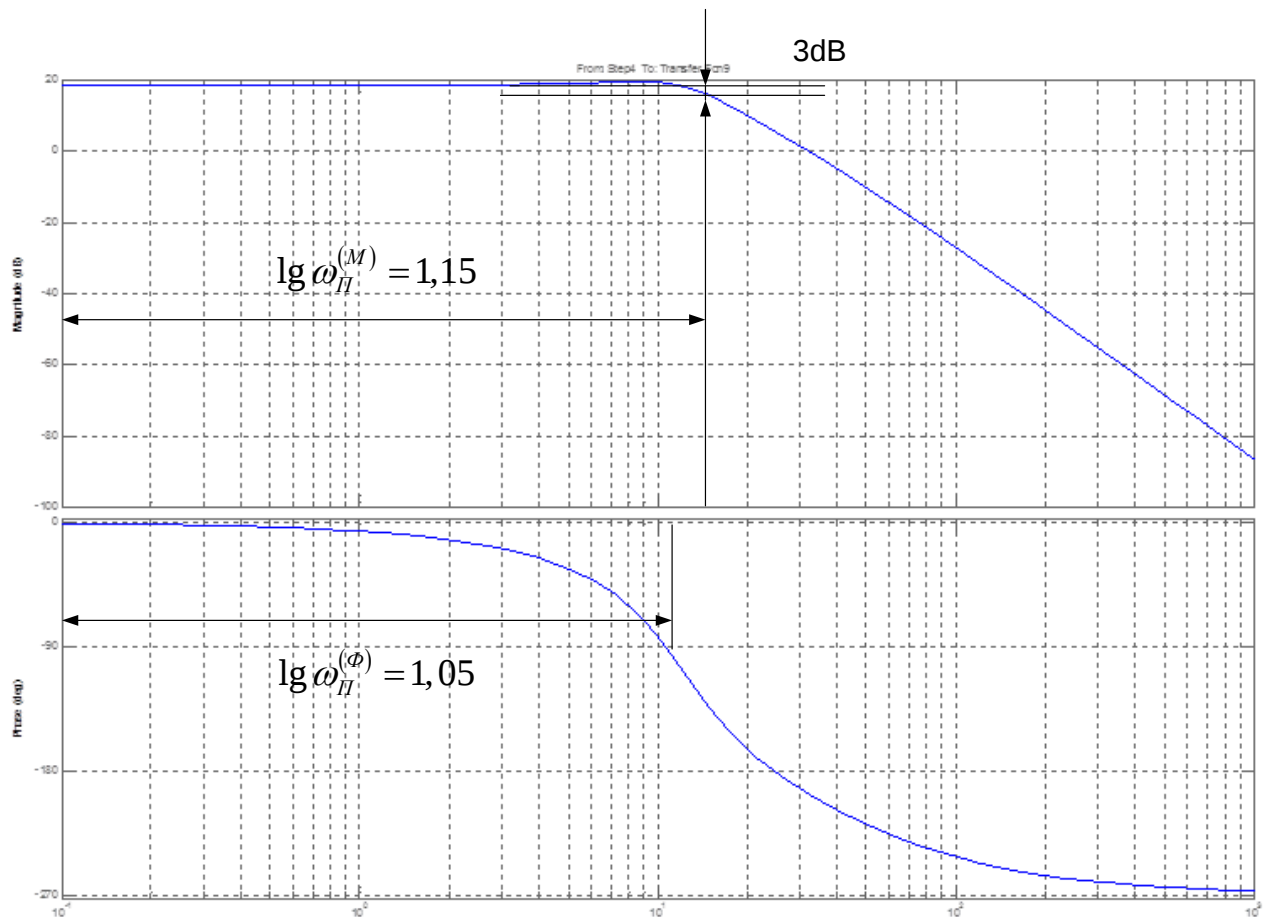


Рисунок 13 ЛАЧХ замкнутого контура ЭДС..

$$\omega_{\Pi}^{(M)} = 10^{1,15} = 14,13 \text{ рад/с}$$

$$f_{\Pi}^{(M)} = \frac{\omega_{\Pi}}{2\pi} = \frac{14,13}{6,283} = 2,25 \text{ Гц}$$

$$\omega_{\Pi}^{(\Phi)} = 10^{1,05} = 11,22 \text{ рад/с}$$

$$f_{\Pi}^{(\Phi)} = \frac{\omega_{\Pi}}{2\pi} = \frac{11,22}{6,283} = 1,79 \text{ Гц}$$

Ожидаемые ориентировочные показатели качества работы контура ЭДС (скорости) по управлению:

-статическая ошибка

$$\Delta\omega_{y.уст} = 0;$$

-полоса пропускания по фазе и модулю

$$\omega_n^{(м)} = \omega^{(ф)} = \frac{0,71}{T_{\mu\text{э}}} = \frac{0,71}{0,05434} = 13,06 \text{ рад/с};$$

-показатели отработки ступенчатого задания скорости

$\sigma = 4,3\%$ -перерегулирование,

-время первого и окончательного вхождения в 5% зону установившегося значения скорости

$$t_{py1}^{(5)} = t_{py2}^{(5)} = 4,1 T_{\mu\text{э}} = 4,1 \cdot 0,05434 = 0,22 \text{ с}$$

2.9 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 14.

В структурной схеме приняты следующие обозначения:

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

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

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

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

электродвигателя;

$$W(P)_{\Phi\Delta} = \frac{1}{T_{\Phi H} P + 1} \text{-передаточная функция фильтра при } T_{\Phi H} = T_{\Delta\Phi}.$$

$K_{\Delta\Phi}$ - коэффициент обратной связи по ЭДС

$K_{\Delta\Phi}$ - коэффициент датчика ЭДС

$K_{\Delta I}$ - коэффициент датчика тока

$K_{\Delta I}$ - коэффициент обратной связи по току

$K_{\Delta U}$ - коэффициент датчика напряжения

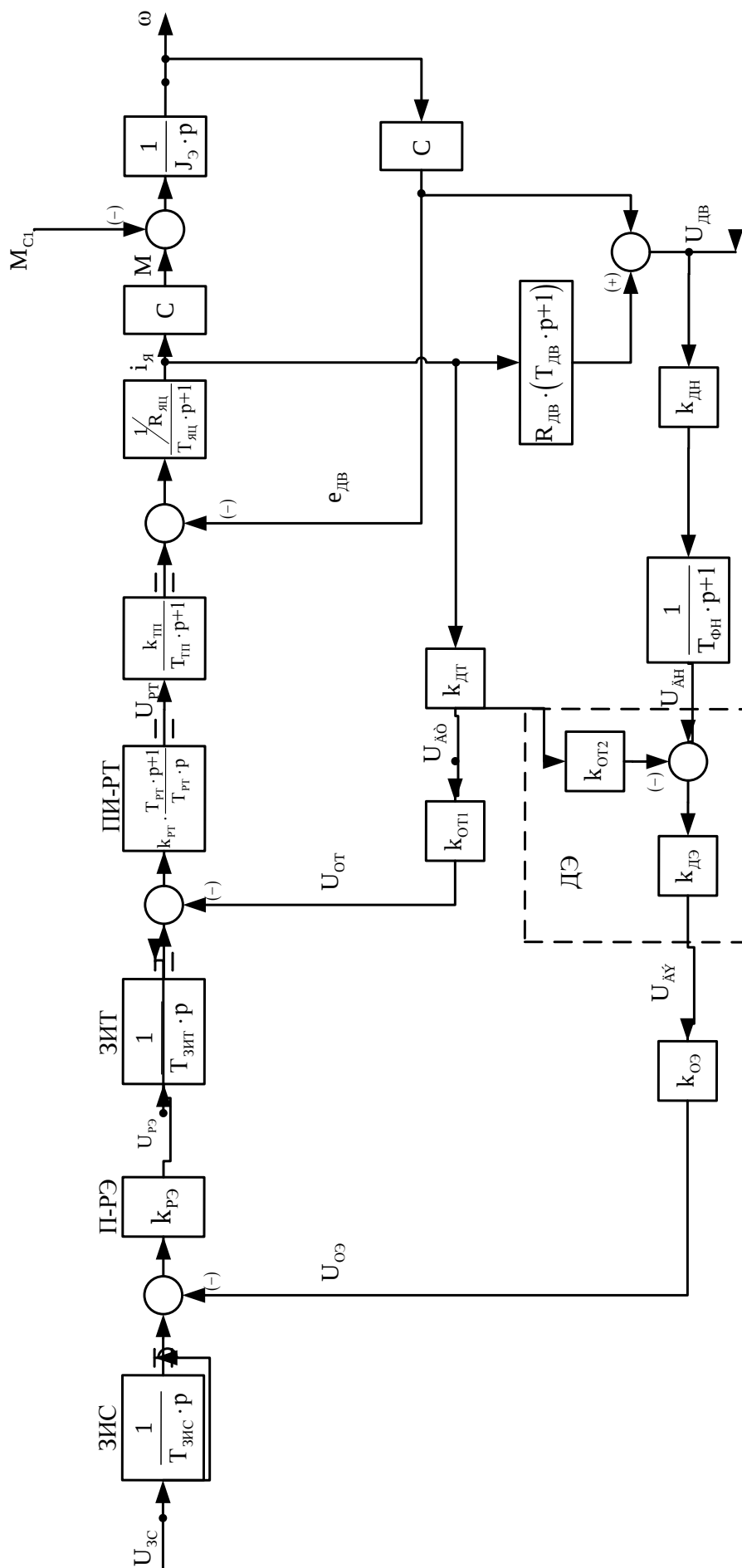


Рисунок 14 -Структурная схема нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный

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

Расчет переходных процессов в системах регулируемого однозонного 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.

Схема набора представлена на рисунке 15.

Переходные процессы нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный представлены на рисунках 16-19.

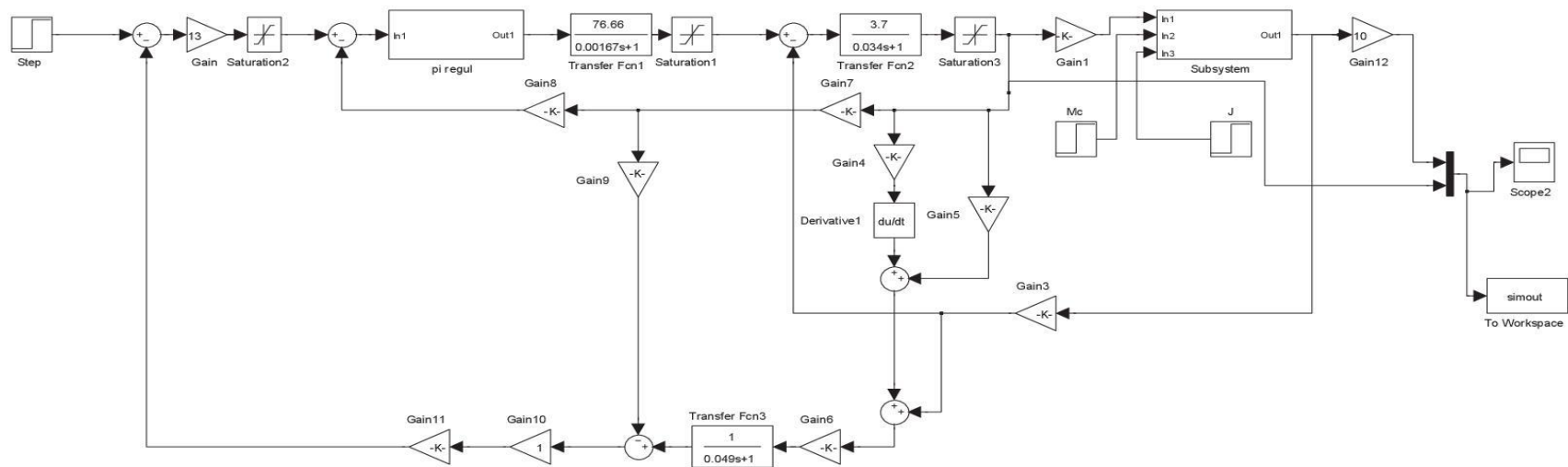


Рисунок 15-Схема набора в программной среде Matlab/

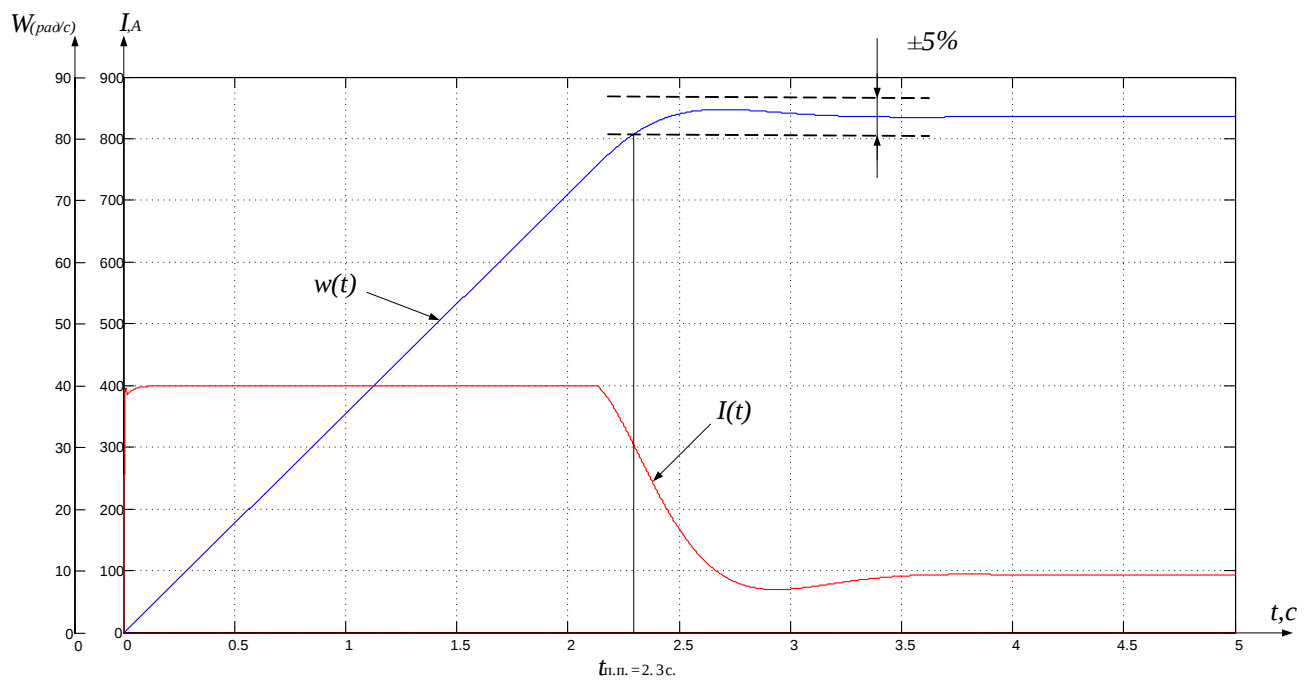


Рисунок 16- Переходные процессы пуск без задатчика интенсивности

$U_H = 10 \text{ В}; \omega_H = 86,35 \text{ рад/с}; I_{\text{макс}} = 402 \text{ А}; M_C = 449 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

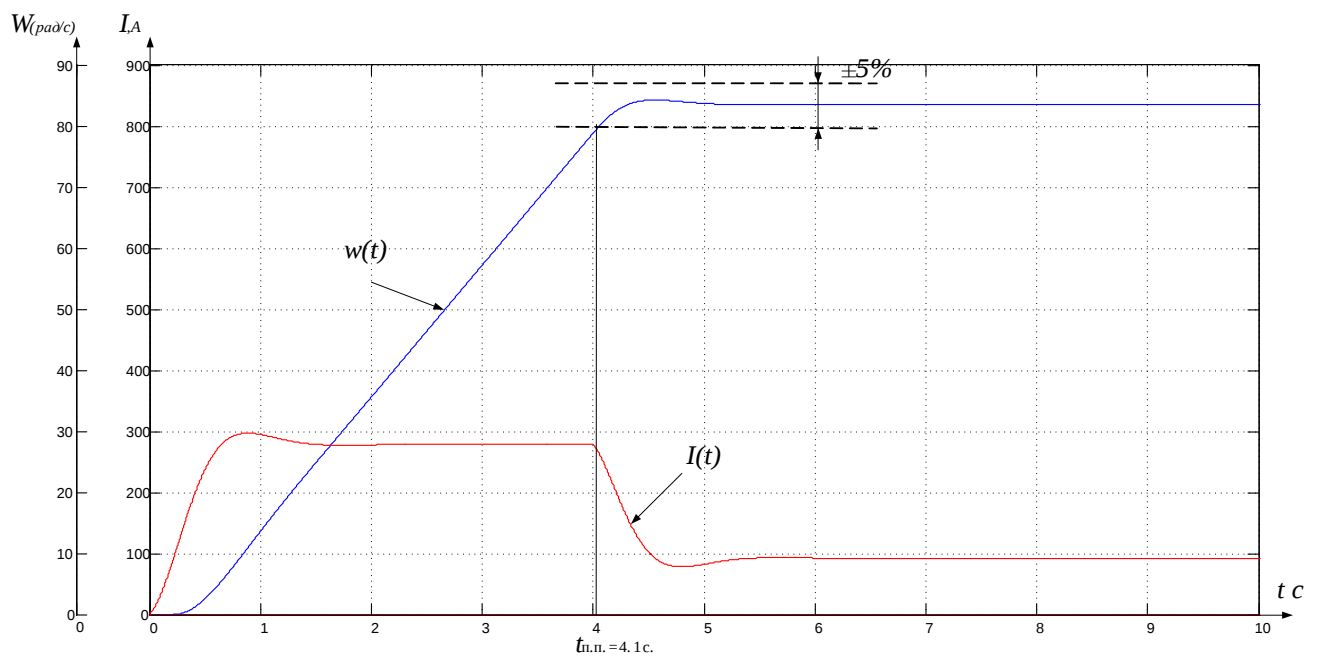


Рисунок 17-Переходные процессы пуск с задатчиком интенсивности

$U_H = 10 \text{ В}; \omega_H = 86,35 \text{ рад/с}; I_{\text{макс}} = 402 \text{ А}; M_C = 449 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

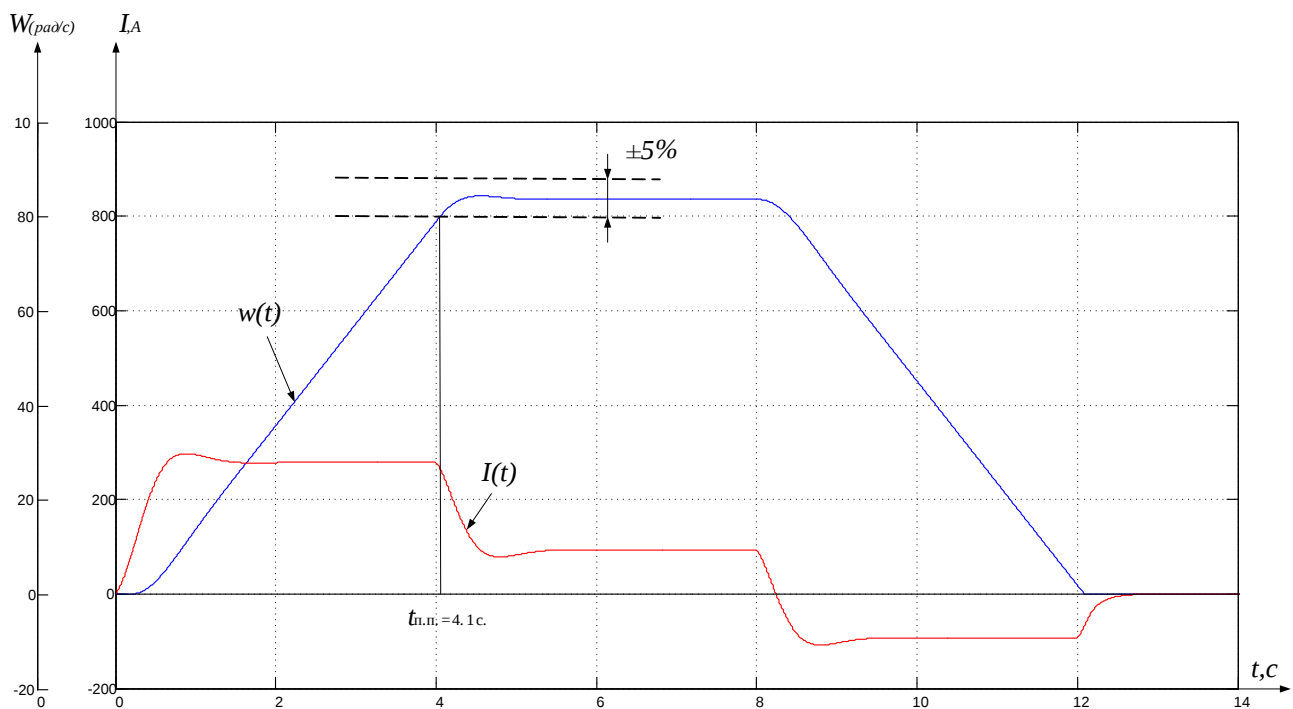


Рисунок 18-Переходные процессы пуск с задатчиком интенсивности

$U_H = 10$ В; и останов $U_H = 0$ В $\omega_H = 86,35$ рад/с, $I_{\text{макс}} = 402$ А; $M_c = 449$ Н ·

М.

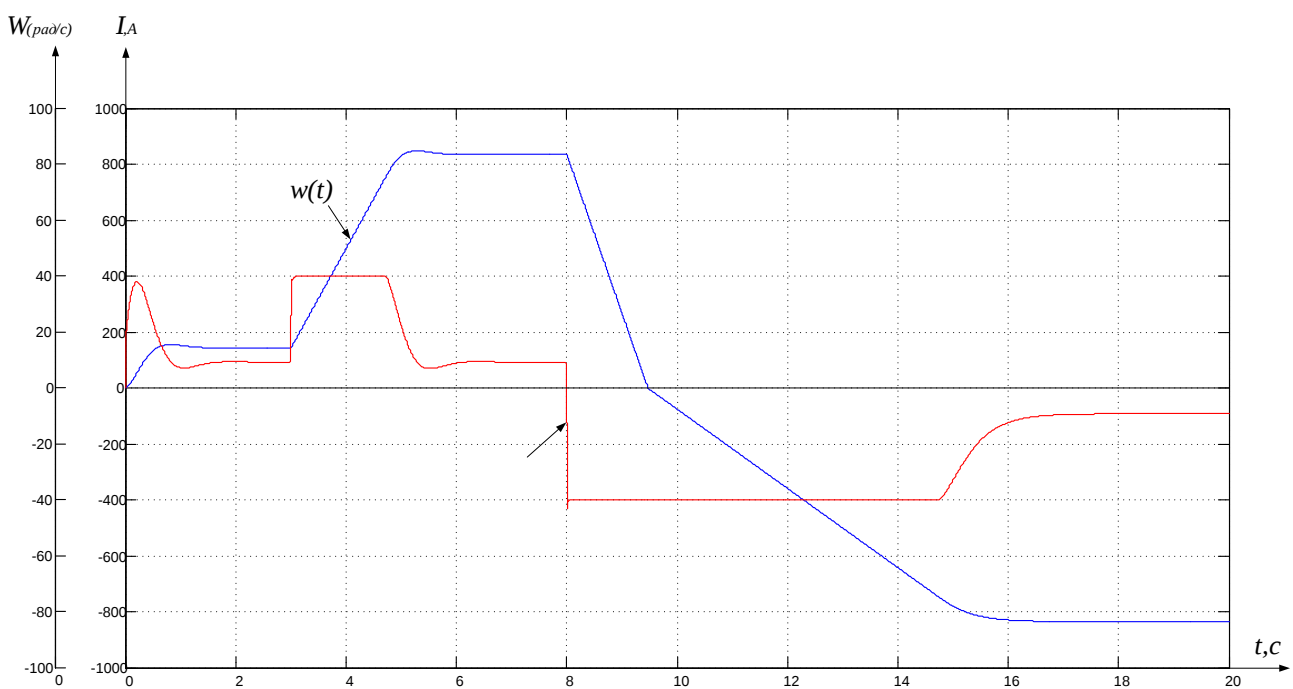


Рисунок 19-Переходные процессы пуск на пониженной скорости

$U_H = 2$ В; переход на номинальную скорость $U_H = 10$ В реверс $U_H = -10$ В,
 $\omega_H = 86,35$ рад/с, $I_{\text{макс}} = 402$ А; $M_c = 449$ Н·м.

2.10 Расчет статических электромеханических характеристик

Данный двигатель постоянного тока управляется по цепи обмотки якоря регулированием напряжения при постоянном потоке, следовательно, механические и электромеханические характеристики привода совпадают. Механические характеристики при различном напряжении на якоре двигателя представлены на рисунке 20.

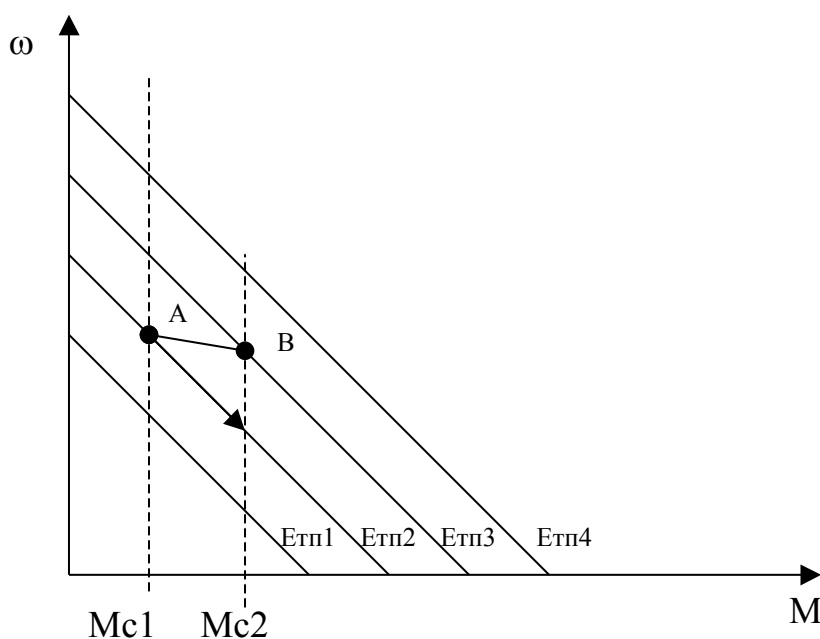


Рисунок 20 - Механические характеристики электродвигателя при регулировании напряжения на якоре

Предположим что двигатель работает на характеристике $E_{тп2} = \text{const}$ с нагрузкой M_{c1} , в точке А. Предположим, также, что нагрузка возросла и стала равной M_{c2} . В первый момент скорость

двигателя падает. Уменьшается сигнал пропорциональный ЭДС двигателя (Е_{дв.}), так как:

$$E_{дв} = C * \omega \quad (1)$$

где: С – 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 (Е_{тп}) 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_{тпз} 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;

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

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

$I_{дв}$ – ток якоря двигателя;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$K_{дв}=1/C=0,206$ - коэффициент передачи двигателя.

Структурная схема силовых цепей для режима стабилизации скорости приведена на рисунке 21.

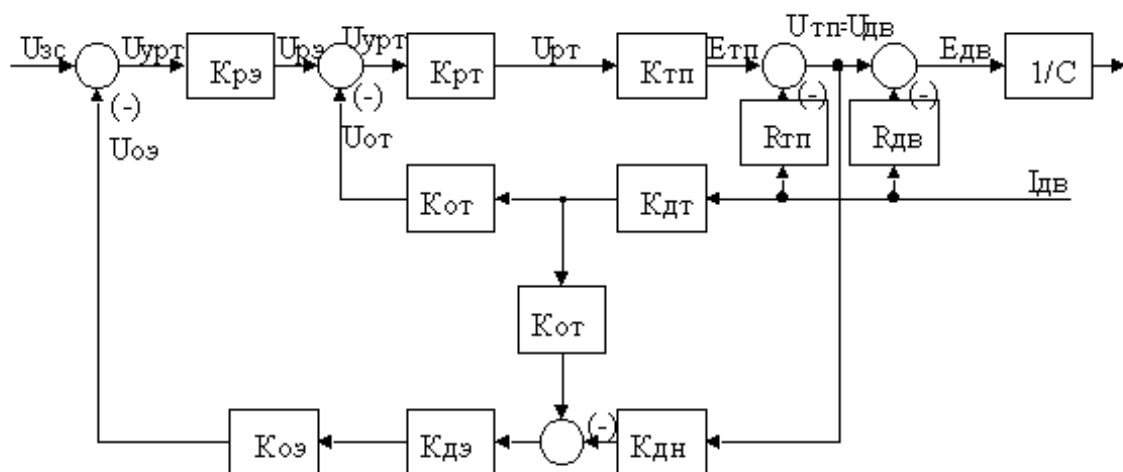


Рисунок 21 Структурная схема силовых цепей для режима стабилизации скорости

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

$$\begin{aligned} \omega = & \frac{K_{ДВ} * K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * U_{ЗС}}{1 + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДН}} - \\ & - I_{ДВ} * K_{ДВ} * \left(\frac{R_{ЯЦ} + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДН} * R_{ДВ}}{1 + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДН}} \right) - \\ & - I * K_{ДВ} * \left(\frac{K_{ТП} * K_{РТ} * K_{ДТ} * K_{ОТ1} - K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДТ} * K_{ОТ2}}{1 + K_{ТП} * K_{РТ} * K_{РЭ} * K_{ДЭ} * K_{ОЭ} * K_{ДН}} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

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 22.

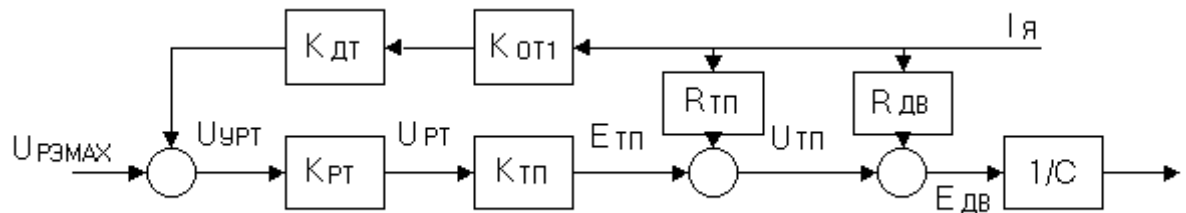


Рисунок 22 - Структурная схема силового канала электропривода для режима стабилизации тока

На рисунке 22 приняты следующие обозначения: $U_{РЭн}$ – напряжение насыщения регулятора ЭДС.

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

$$U_{урэ} = U_З - U_{оэ} \quad (14)$$

$$U_{рэ} = U_{урэ} * K_{рэ} \quad (15)$$

$$U_{урт} = U_{рэ} - U_{от1} \quad (16)$$

$$U_{PT} = U_{урТ} \cdot K_{PT} \quad (17)$$

$$E_{TP} = U_{PT} \cdot K_{TP} \quad (18)$$

$$U_{TP} = E_{TP} + I_{ДВ} \cdot R_{TP} \quad (19)$$

$$U_{TP} = U_{ДВ} \quad (20)$$

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

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

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

$$\omega(I) = \frac{K_{PЭ} \cdot K_{урТ} \cdot K_{TP}}{K_{PЭ} \cdot K_{урТ} \cdot K_{TP} \cdot K_{Э} \cdot C + C} \cdot U_{ЭЭ} - \frac{1 + \frac{K_T \cdot K_{урТ} \cdot K_{TP}}{R_{ЯЦ}}}{1 + K_{PЭ} \cdot K_{урТ} \cdot K_{TP} \cdot K_{Э}} \cdot \frac{R_{ЯЦ} \cdot 1}{C} = \omega_0(U_{ЭЭ}) - \Delta\omega(I), \quad (23)$$

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

$$I_{ст} = \frac{K_{TP} \cdot K_{PT} \cdot U_{урЭ}}{C} / \frac{R_{ЯЦ} + K_{TP} \cdot K_{PT} \cdot K_{ДТ} \cdot K_{ОМ1}}{C} =$$

$$= \left(\frac{76,66 \cdot 20000 \cdot 10}{4,86} \right) / \left(\frac{0,27 + 76,66 \cdot 20000 \cdot 0,02 \cdot 1,245}{4,86} \right) = 401,6 \text{ А} \quad (24)$$

Рассчитаем электромеханические характеристики электропривода для найденных ранее численных значений параметров и различных задающих напряжений. Результаты расчетов сведем в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчет электромеханических характеристик электропривода

$U_{зс}, В$	$\omega_0, \text{рад/с}$	$\omega_n, \text{рад/с}$
1	8,4	7,94
5	42	41,54
10	84	83,54

Графики электромеханических характеристик приведены на рисунке 23.

Графики рассчитаны и построены при помощи прикладной программы Mahtcad 12.

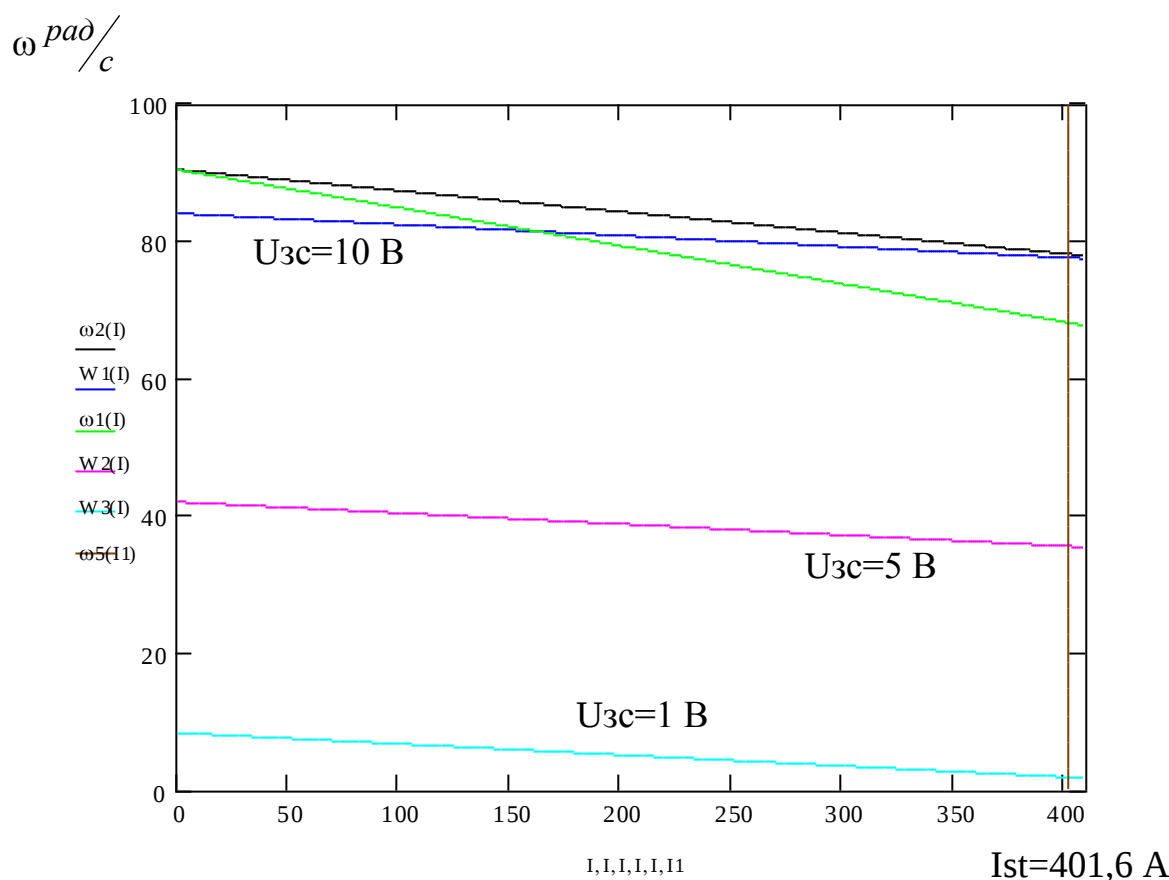


Рисунок 23 - Электромеханические характеристики при различном напряжении на якоре двигателя

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

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

Результаты расчета сведем в таблицу 14.

Таблица 14 – Погрешность расчетов

Uз, В	%
1	5,5
5	1,09
10	0,55

Из анализа результатов расчетов следует, что исследуемая система обеспечивает поддержание скорости в рабочем диапазоне нагрузок с погрешностью – не более 6%, что соответствует требованиям технического задания.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4Б2	Муталов Фирдавс Иброхим 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):	"Положению об оплате труда ТПУ".
2. Продолжительность выполнения ТП	По приблизительной оценке, продолжительность ТП составляет 102 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

выдачи задания для раздела по линейному графику	02.2019
---	---------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г4Б2	Муталов Фирдавс Иброхим угли		

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Составление SWOT-анализа работы управляемым электропривода сталевова
- Планирование технико-конструкторских работ
- Определение ресурсной эффективности проекта

3.1 SWOT-анализ работы управляемым электропривода сталевова

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

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

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл– слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Составление предварительной матрицы SWOT

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

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

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие) [13].

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 16 и 17, показывает, что сильных сторон. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

Таблица 16 – Интерактивная матрица возможностей

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

Таблица 17 – Интерактивная матрица угроз

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

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

- риск снижения спроса – одна из основных угроз проекта, которая коррелирует со всеми его слабыми сторонами;
- слабые стороны ликвидируемы за счет усовершенствования конструкции схемы;
- для минимизации угроз необходимо обратить внимание на недостатки данной конфигурации сети электроснабжения, а именно доступность токоведущих частей, низкая энергоэффективность и ремонтпригодность;
- кроме того, необходимо акцентировать внимание на сильные стороны

проекта, такие как экономичность, надёжность и эргономика;

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

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

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

3.2 Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

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 18:

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

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

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

№ 4 – Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН – выбор конфигурации схемы электроснабжения, расчет суммарных электрических нагрузок;

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

№ 6 – Расчет внутризаводской сети предприятия – построение схемы внутризаводского электроснабжения с расчетом и нанесением картограммы нагрузок по заводу, построение схемы внутрицехового электроснабжения.

№ 7 – Моделирование работы управляемым электропривода сталевого

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

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

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

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

Таблица 18 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Ознакомление с производственной документацией	Научный руководитель
Выбор направления технического проектирования завода	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
Расчеты и проектирование системы электроснабжения управляемым электропривода сталеваза	3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Дипломник, научный руководитель
	4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Дипломник, научный руководитель
	5	Выбор трансформаторов подстанций	Дипломник, научный руководитель
	6	Расчет внутризаводской сети предприятия	
	7	Моделирование электроснабжения	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник, Научный руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	9	Составление пояснительной записки	Дипломник
	10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	11	Подготовка к защите ВКР	Дипломник, Научный руководитель

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП

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

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$ используется следующая формула: [13]

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – 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.;

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

Таблица 19 – Расчёт продолжительность работ чел.-дн.

№	Название работы	Трудоёмкость работ, раб. 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	Диплом ник	Науч. рук-ль	Диплом ник	Науч. рук-ль	Дипло мник
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	7		5
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	1	19	1	23	1	21
4	Построение картограммы нагрузок и определения	1	17	1	25	1	20
5	Выбор трансформаторов подстанций	1	14	1	21	1	17
6	Расчёт внутризаводской сети предприятия	1	3	1	6	1	4
7	Моделирование работы управляемым электропривода сталеваза	1	14	1	18	1	16
8	Оценка эффективности полученных результатов	1	6	1	8	1	7
9	Составление пояснительной записки	-	3	-	12	-	7

10	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	1	-	1	-	1	-
11	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	1	2	3	4	2	3

Таблица 20 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исполнители	T _p i, р б. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Ознакомление с производственной документацией	Руководитель	1	—													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	5	—													
3	Проведение расчетов электрических нагрузок предприятия	Руководитель	1			—											
		Дипломник	2 1	—	—	—											
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Руководитель	1					—									
		Дипломник	2 0			—	—	—									
5	Выбор трансформаторов подстанций	Руководитель	1								—						
		Дипломник	1 7					—	—	—							
6	Расчёт внутризаводской сети предприятия	Руководитель	1									—					
		Дипломник	4							—	—						
7	Моделирование работы управляемым электропривода сталеваза	Руководитель	1										—				
		Дипломник	1 6								—	—	—				
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	1											—			
		Дипломник	7									—	—				
9	Составление пояснительной записки	Дипломник	7											—	—		
10	Проверка ВКР руководителем	Руководитель	1												—		
11	Подготовка к защите ВКР	Руководитель	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 проекта составит 118 календарных и 102 рабочих дней. Из них:

10 – рабочий дни у научного руководителя

100 – рабочий дни у инженера дипломника

3.2.3 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 [13]. На основе таблицы 19. строим план-график проведения работ (таблица 20).

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 технического проекта

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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

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

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

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

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 21.

Таблица 21 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (Зм), руб.
Бумага	Лист	150	2,5	375
Ручка	Шт.	1	60	60
USB накопитель	Шт.	1	305	305
Линейка	Шт.	1	85	85
Мульти фора	Шт.	10	2	20
Блокнот	Шт.	1	100	100
Корректор	Шт.	1	55	55
Итого:				1000

3.3.2 Полная заработная плата исполнителей темы

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

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

где: $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

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

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

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

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m}{D_{\text{мес}}}$$

где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

$D_{\text{мес}}$ – количество рабочих дней, раб. дн.

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	Месячный основной оклад работника. руб.	Средняя заработная плата работника, руб.	Продолжительность работ, выполняемых работником раб. дн.	Основная заработная плата одного работника. руб.
Руководитель	21760	28288	1088	10	10880
Бакалавр	12300	15990	615	100	61500
Итого $Z_{\text{осн}}$:					72380

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где: $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Таблица 23 – Расчет полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы, кдоп, руб	Основная заработная плата одного работника. Зосн, руб.	Дополнительная заработная плата, Здоп, руб.	Полная заработная плата , Зп, руб.
Руководитель	15%	10880	1620	12500
Бакалавр	12%	61500	7400	68900
Итого:		72380	9020	81400

3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot 81,4 = 24,6 \text{ тыс. руб}$$

3.3.4 Накладные расходы

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

3.3.5 Формирование сметы затрат технического проекта

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

Определение сметы затрат на технический проект приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Смета затрат технического проекта

Наименование разделы	Сумма, тыс. руб	Структура затрат, %
Материальные расходы	1,0	0,8
Затраты по полной заработной плате исполнителей ТП	81,4	63,9
Отчисления во внебюджетные фонды	24,6	19,3
Накладные расходы	20,3	16,0
Итого	127,3	100,0

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 100 раб. дней для дипломника и 10 раб. дней для научного руководителя. Составлен календарный график выполнения работ. Смета затрат на разработку технического проекта составляет 127,3 тыс.руб, из которых более половины (64%) составляют затраты на оплату труда. Все результаты проекта оказались ожидаемы и могут быть реализованы.

3.3.6 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле[13]:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

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

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

2. Ремонтопригодность: долговечности и увеличения срок эксплуатации электроустановки;

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

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

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

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

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

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 25.

Таблица 25 - Сравнительная оценка характеристик проекта

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

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

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

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

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства.
- при планировании технических работ был разработан график занятости для трех исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителя.
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта.
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному

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

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г4Б2	Муталов Фирдавс Иброхим угли

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	1. Объектом исследования является Электрическое оборудование и управляемый электропривод сталевого. Предприятие ОАО ЗСМК, Конвертерный цех.
--	---

Перечень 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	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов – механические опасности – поражения электрическим током - повышенный уровень шума и - вибрации - неудовлетворительное освещение - неудовлетворительный микроклимат
3. Экологическая безопасность:	1) Анализ воздействия гидросферу.атмосферу 2) Образование отходов, связанных с заменой комплектующих разрабатываемого оборудования, образование золоотвалов
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	Муталов Фирдавс Иброхим угли		

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Описание рабочего места обслуживающего персонала

Целью данной части выпускной квалификационной работы является выявление основных опасных и вредных производственных факторов при исследовании электрооборудования и управляемый электропривод сталеваза; создание мероприятий по недопущению опасных факторов и уменьшение влияния вредных факторов производства.

Электропривод перемещения создан на базе комплектного электропривода постоянного тока типа ЭПУ1-2, питающегося от трехфазной сети переменного тока 380В, 50Гц. Электропривод находится в генераторной станции в непосредственной близости от станка. Питание к станку подается по кабельным туннелям. Обслуживающий персонал поддерживает исправное состояние, безаварийную и надлежащую работу обслуживаемых устройств и электрооборудования.

- настройку, ремонт механического и электрооборудования.

- контроль работы основных и вспомогательных узлов станка в порядке текущей эксплуатации.

При пуско-наладочных работах для обслуживающего персонала опасность представляет не только электрооборудование станка, но и сам технологический процесс. Электрические установки, с которыми приходится иметь дело работающим на производстве, представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут определить ее наличие.

Безопасный путь перемещения рабочих к участку ККЦ 2 показан на рисунке 25.

Конвертерный цех размещен в закрытом здании, состоящий из миксерного отделения и отделения подготовки шихты, загрузочного, конвертерного и разливочного пролетов, а также участков подготовки изложниц и ремонта ковшей. Миксерное отделение, участки подготовки изложниц и ремонта ковшей расположены

в отдельном здании вблизи цеха. Здание цеха с 350т. конвертерами состоит из шести пролетов, не считая участка подготовки шихты: двух разливочных, подготовки ковшей, загрузочного, конвертерного и энергетического. Все пролеты соединены поперечными железнодорожными путями, проходящими, под конвертерами и используемыми для транспортировки стали и шлака. Планировка цеха и взаимное размещение различных участков технологического процесса соответствуют созданию нормальных санитарно-гигиенических условий и обеспечению безопасности труда.

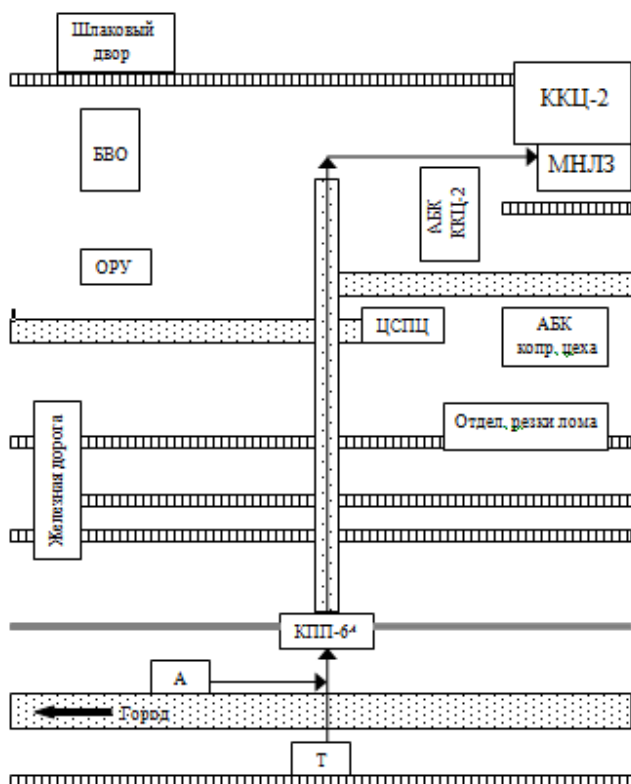


Рисунок 25- Схема безопасного прохода к рабочему месту

Территория предприятия не только удовлетворяет требованиям производства, но и всем санитарным нормам: она ровно хорошо освещена, имеет достаточной ширины проходы и проезды.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

- 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;

4.2 Производственная безопасность

В данном разделе рассмотрены следующие вопросы проанализированы условия труда с точки зрения наличия возможности появления вредных факторов и их воздействие на работающих, рассмотрены мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, а также мероприятия по противопожарной профилактике на рабочем месте электромонтера.

4.2.1 Анализ опасных и вредных факторов

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья, или смерти. Вредный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и (или) отрицательному влиянию на здоровье потомства. В зависимости от количественной характеристики (уровня,

концентрации и др.) и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

При выполнении своих профессиональных обязанностей персонал электрического цеха может столкнуться со следующими опасными производственными факторами:

1. Опасные факторы:

- механические травмы;
- поражения электрическим током;
- пожаровзрывоопасность

2. Вредные факторы:

- неудовлетворительное освещение
- шум;
- вибрации;
- неудовлетворительный микроклимат

Термические опасности.

Рабочее место пайки должно быть оборудовано местной вытяжкой вентиляцией, обеспечивающей концентрацию свинца в рабочей зоне не превышающую предельно-допустимой - 0.01мг/м³.

Механические травмы

Безопасные условия работы обеспечиваются правильной организацией работ, постоянным надзором за работающими со стороны производителя работ и соблюдением рабочими техники безопасности и регламентируются «Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» ПОТРМ-016-2001; РД 153 -34,0-03,150-00 [16].

В рассматриваемом цехе большая доля вероятности получить механическую травму, так как используется большое количество оборудования. При необходимости принимаются меры для уменьшения вероятности травмирования персонала - предупредительные плакаты, ограждения, сигнализация.

Вывод: Что надо быть осторожным при выполнения производственного процесса соблюдать требование установленные предприятие который по техническим требование, соблюдать технику безопасности.

Электробезопасность

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [14] устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, Правила устройства электроустановок [15] и Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок” (вступил в силу 4 августа 2014 года).

В отношении опасности поражения электрическим током рассматриваемый электрический цех относится к помещению с повышенной опасностью, так как в цехе расположена трансформаторная подстанция. В цехе отсутствует токопроводящая пыль и повышенный влажность, но есть возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям здания, имеющего соединение с землей, технологическим аппаратам и механизмам с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

1. Для работы с электроустановками выше 1000 В применяются:

а) Основные защитные средства:

- изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, устройства и приспособления для ремонтных работ;

- изолирующие устройства и приспособления для работ на ВЛ с непосредственным прикосновением электромонтера к токоведущим частям (изолирующие лестницы, площадки, изолирующие тяги, канаты, корзины телескопических вышек, кабины для работы у провода и др.

б) Дополнительные защитные средства:

- диэлектрические перчатки;
- диэлектрические боты;
- диэлектрические ковры;
- индивидуальные экранирующие комплекты;
- изолирующие подставки и накладки;
- диэлектрические колпаки;
- переносные заземления;
- оградительные устройства;
- плакаты и знаки безопасности.

2. Для работы с электроустановками ниже 1000 В применяются

а) Основные защитные средства:

- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения;
- диэлектрические перчатки;
- слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

б) Дополнительные защитные средства:

- диэлектрические боты;
- диэлектрические ковры;
- переносные заземления;
- изолирующие подставки и накладки;
- оградительные устройства;
- плакаты и знаки безопасности.

Конструкция электроустановок должна соответствовать условиям их эксплуатации и обеспечивать защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями, а оборудования от попадания в внутрь посторонних тел и воды.

В соответствии с классификацией помещений по степени опасности поражения людей электрическим током, Кузнечно-термический цех, в котором расположен станок с проектируемым приводом, относится, относится к особо опасным

помещениям. Проектируемый привод является электроустановкой до 1000 В для II - группы, а работы, связанные с ремонтом и обслуживанием этого электропривода не исключают как возможности поражения электрическим током персонала, так и возможности получения механической травмы. Поэтому соблюдение правил техники безопасности при работе с электроприводом и станком является важнейшей обязанностью, как самого обслуживающего персонала, так и лиц, организующих эти работы.

Шум и виброакустические вредные факторы

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», Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

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.

Шум

Шум наносит большой ущерб, вредно действует на организм человека и снижает производительность труда. Утомление рабочих из-за сильного шума увеличивает число ошибок при работе, способствует возникновению травм.

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума, нормирование уровня звука. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значения которых приведены в ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности». Поэтому для рабочих мест цеха допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 80 дБ, а допустимый эквивалентный уровень звука 85 дБА. При данном производственном процессе уровень шумов не выходит за нормативы. [СанПиН 2.2.4.1191-03 СП 52.13330.2011]

Шум в рассматриваемом цехе может возникать только при использовании

некоторых видов оборудования, поэтому применяются индивидуальные средства защиты от шума, а так же звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными конструкциями и укрытия в кожухи источников шума. В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Освещение

Искусственное освещение в производственных помещениях должно удовлетворять нормам, предусмотренным СП.52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Для безопасного продолжения работы, или выхода людей из помещений при внезапном отключении должно быть предусмотрено аварийное освещение. Длительное снижение напряжения у наиболее удаленной лампы не должно быть более 5%. Питание аварийного освещения должно быть надежным и от независимого источника. Для аварийного освещения должны применяться светильники, отличающиеся от светильников рабочего освещения типом или размером, или на них должны быть нанесены специальные знаки.

На электрическом цехе предусмотрено четыре системы освещения: общее, аварийное, эвакуационное и ремонтное. При этом аварийное освещение представляет около 10% от общего освещения.

В цехе предусмотрено четыре системы освещения: общее, аварийное, эвакуационное и ремонтное. Норма освещенности для рассматриваемого цеха приведена в таблице 26.

Таблица 26 – Норма освещенности для рассматриваемого цеха

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Наименьший объект различения, мм	Освещённость (комбинированная система), Лк	Освещённость (общая система), Лк
IV	Средней точности	в	0,5-1,0	400	200

Вдоль всех главных коридоров, лестничным клеткам и над пожарным краном, предусмотрены эвакуационные светильники показывающие выход. Данные светильники оборудованы аккумуляторными батареями и приборами автоматики,

так что при исчезновении напряжения в сети, автоматически включаются с помощью собственного источника питания.

Ремонтное освещение предусматривается в технических помещениях, и осуществлено переносными светильниками напряжением питания 36 В. Светильники подключаются с помощью штепсельной розетки, которая размещена в отдельном корпусе вместе с трансформатором 220/36В.[СП52.13330.2016]

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 электрического цеха установлены допустимые величины показателей микроклимата. Используется кондиционирование воздуха и отопление. Устройства систем вентиляции используются круглогодично. Теплозащитные экраны применяются по необходимости, в основном в теплый период.

Таблица 27 – Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категор ия работ	Температура воздуха, °С		Температур а поверхности й, °С	Относительная влажность, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон оптимальных t _{опт}	ниже величин			Если t°< t° _{опт}	Если t°> t° _{опт}
Холодный	Па	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0	15 - 75	0,1	0,3
Теплый	Па	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0 - 28,0	15 - 75	0,1	0,4

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.

Таблица 28 – Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, φ%	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Па	19,0-21,0	18,0 - 22,0	60 - 40	0,2
Теплый	Па	20,0-22,0	19,0 - 23,0	60 - 40	0,2

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.

Вредные вещества

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 вредные вещества разделяют на 4 класса опасности:

В рассматриваемом цехе используются умеренно опасные ($ПДК = 1,10 \text{ мг/м}^3$) вредные вещества (бензин, азотная и соляная кислоты). Основной мерой защиты с вредным веществам является применение системы вентиляции.

Производственная вентиляция

Нормы производственной вентиляции установлены согласно СНиП 2.04.05-91 [19].

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее $60 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается на входе тепловыми завесами, а охлаждается с помощью приточно-вытяжной вентиляции. Механическая вентиляция обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды окружающей предприятие.

4.3 Экологическая безопасность.

Влияние электрических сетей на окружающую среду определяется воздействием электрического поля, использованием земельных ресурсов, нарушением природных ландшафтов.

Для исключения влияния на окружающую среду возможных разливов при авариях с маслonaполненным оборудованием в которые также могут поступать воды из маслоприемников содержащие следы масла.

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-86 (Основные положения) [28], ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) [29] и ГОСТ 17.11.02-86 (Гидросфера) [30].

Для работающих на промышленных предприятиях, непосредственной окружающей средой является воздух рабочей зоны.

Охрана окружающей среды на предприятии предусматривает мероприятия, предотвращающие загрязнение воздушного бассейна. С этой целью загрязненный воздух, удаляемый из производственных помещений, пропускается через специальные очистительные фильтрующие и обезвреживающие устройства, которые обеспечивают вытяжному воздуху то же качество, что и на входе.

В самом процессе производства не образуются сточные воды. Сточные воды появляются в результате мойки оборудования и текущей уборки и специальными сливами отводятся в технологическую канализационную сеть. Предварительная обработка этой воды перед выливанием в общие сети достигается отведением в бассейн для нейтрализации.

Твердые отходы, к которым относятся первичная упаковка сырья, отработавшие фильтры, и т.д. сжигаются в собственных устройствах. Если правила допускают, эти отходы выносятся на свалки. Твердые отходы, которые представляет вторичная упаковка, можно сортировать и отправлять на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

Также для поддержания экологического равновесия в природе, на заводе проводятся мероприятия по озеленению территории предприятия.

Атмосфера

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. Технологический процесс производства черных металлов сопровождается образованием большого количества различной пыли и сажи, загрязняющих атмосферу. Для того чтоб избежать этого в цехе производят очистку выбрасываемой в атмосферу пыли и сажи с помощью пылеотделителей различной конструкции. Например, пылеосадочная камера бункерного типа, где принцип осаждения пыли основан на резком снижении скорости движения загрязненного воздуха в камере, где пылинки, теряя скорость, под действием силы тяжести, оседают на дно.

Гидросфера

На электрическое оборудование и управляемый электропривод сталево­за водоснабжение достигает больших объемов. 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. Помимо очистки, сточные воды подвергаются охлаждению и перед спуском в реки, и перед повторным использованием в производственных нуждах.

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. Полученная информация позволяет быстро выявить причины повышения концентрации вредных веществ в окружающей среде и активно их устранить.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Таким образом возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности. К примеру, замыкание электропроводки - в большинстве случаев тоже человеческий фактор.

Опасными событиями, которые могут оказать влияние на безопасность обслуживающего персонала это пожары и аварии на электрооборудовании. Характер

объекта не предполагает хранение, обращение и использование взрывчатых веществ, легковоспламеняющихся, ядовитых и радиоактивных веществ и материалов.

Проектом соблюдены требования пожарной безопасности в соответствии со СНиП 21.01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»:

- расположение эвакуационных выходов соответствует нормам;
- отделочные материалы имеют необходимый предел огнестойкости. Класс ответственности сооружения – II.

Степень огнестойкости - III

Ограждающие и несущие конструкции ДЭС выполнены не ниже II степени огнестойкости.

Сечение проводов и кабелей выбрано с учетом токовых нагрузок согласно ПУЭ. Выбор кабелей и проводов, а также способ прокладки соответствует условиям окружающей среды и конструкции сооружения.

Автоматические выключатели предусматриваются согласно расчетных токов.

Все электрооборудование выбрано согласно среды и характеристики помещения в соответствии с номинальным напряжением сети и рабочему току.

Принятое проектом электрооборудование имеет сертификат пожарной безопасности. Заземление и защитные нормы безопасности выполнены в соответствии с ПУЭ.

Пожаротушение предусматривается от существующей сети водопровода из пожарных гидрантов.

Проектом предусмотрены следующие мероприятия по пожарной безопасности:

- у бытовых помещений установить щиты с противопожарным инвентарем, ящиком с песком, бочки с водой.

В случае возникновения пожара, лица уполномоченные владеть, пользоваться или распоряжаться имуществом, руководители и должностные лица организаций, лица, в установленном порядке назначенные ответственными за обеспечение пожарной безопасности, по прибытии к месту пожара должны:

- сообщить о возникновении пожара в пожарную охрану, поставить в известность руководство и дежурные службы объектов;

- в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого имеющиеся силы и средства;
- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещение людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
- при необходимости отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), остановить работу транспортирующих устройств, агрегатов, аппаратов, перекрыть сырьевые, газовые, паровые и водяные коммуникации, остановить работу систем вентиляции в аварийном и смежном с ним помещениях, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымления помещений здания;
- прекратить все работы, кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;
- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;
- сообщать подразделениям пожарной охраны, привлекаемым для тушения пожаров и проведения, связанных с ними, первоочередных аварийно-спасательных работ, сведения о перерабатываемых или хранящихся на объекте опасных (взрывоопасных), взрывчатых, ядовитых сильнодействующих веществах, необходимые для обеспечения безопасности личного состава.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной работе было проведено проектирование и разработка электропривода передвижения сталевого грузоподъемностью 215 тонн.

В результате выполнения проекта спроектирован электропривод, полностью отвечающий требованиям технического задания и всем указанным выше особенностям. Так электромеханические характеристики электропривода, ограниченные значениями $\omega = \pm \omega_{\max}$, $I = \pm I_{\text{доп}}$, полностью располагаются внутри области существования механических характеристик проектируемой системы тиристорный преобразователь-двигатель.

Погрешность поддержания скорости статических характеристик полностью удовлетворяет требованиям технического задания. При исследовании логарифмических частотных характеристик разомкнутого и замкнутого контуров было установлено, что спроектированная САУ обеспечивает необходимый запас устойчивости, полосу пропускания по модулю и по фазе.

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 и экономичности технического производства.
- при планировании технических работ был разработан график занятости для трех исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителя.
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта.
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,6 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

В разделе «Социальная ответственность» освещены вопросы охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности при работе с электрооборудованием сталевого. Произведен расчет заземления.

THE CONCLUSION

The purpose of the given degree project was the performance of verifying account of an electric equipment the oxygen - converter of shop № of 1 open joint-stock company " the West - Siberian metallurgical combine ", and also research of various modes of operations of the electric drive steelcart on imitating models. In the basic part of job the parameters of a power(force) circuit are designed, are chosen the electric motor, converter, transformer smoothing peaktop, the check of performance of the given area of job of the electric drive is made, the electromechanical characteristics with the account a current of mode of operations тиристорного of the converter, and also adjusting characteristics of the converter are designed. The electromechanical characteristics of system to the full fill the converter - engine the given area of job of the characteristics of the researched electric drive in a plane of coordinates? (I). The static characteristics of the closed system of the electric drive with P - regulator EMF and PI-regulator provide the given accuracy of maintenance of speed and meaning(importance) of the maximal allowable current. The transients in the program Matlab are investigated, the dynamic parameters of quality AED at improvement of influences on management and indignation in all range of regulation of speed completely meet the requirements of the technical project. The electric drive сталевоза is supplied with system of protection and signal system ensuring trouble-free and safe job.

In an economic part of the project the questions of planning, financing and realization of starting-up and adjustment works of the electric drive сталевоза are considered. The estimate of expenses on realization SAJ is made and the linear diagram of realization SAJ is constructed.

In section safety and ecology of the project the analysis of the basic harmful and dangerous factors menacing to the attendants is given the measures under the safety precautions, industrial санитарии and fire safety and are developed. The measures and on protection of an environment are considered.

The electric drive сталевоза to the full corresponds(meets) to the requirements of technological process and safety precautions.

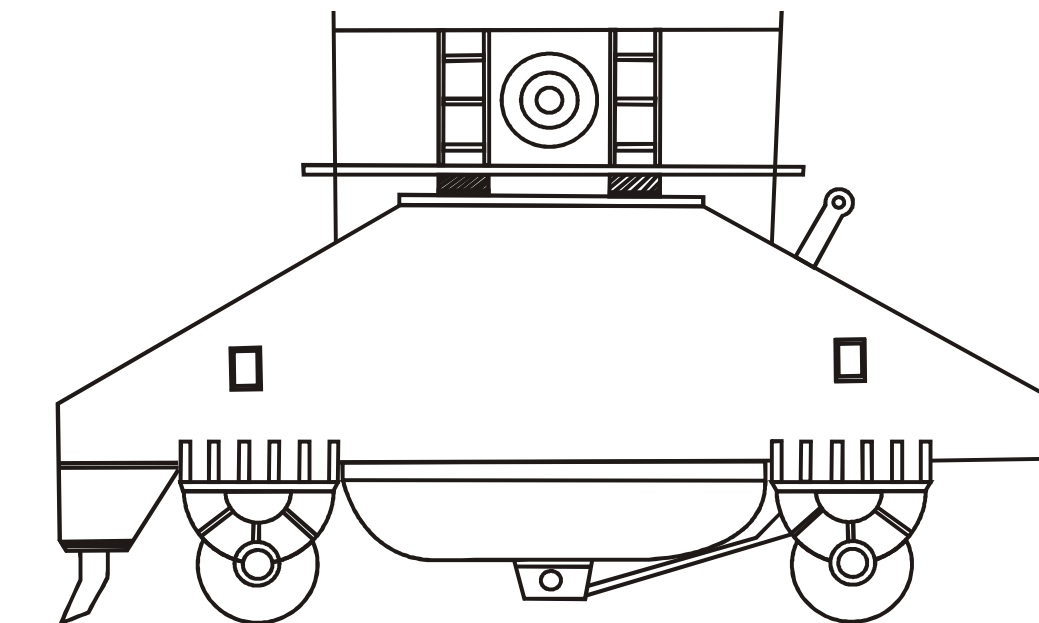
Список использованных источников

1. Башарин А.В. и др. Управление электроприводами. Л.-энергоиздат 1982г.
2. Вишеневский С.И. Характеристики двигателей в электроприводе.-М.-Л.: Энергия: 1966г.
3. В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 109/В80 Сост. И. Н. Алексеева. – М.: Патриот, 1991.- 80с.
4. Выплавка и разливка стали в конверторном цехе №1. Технологическая инструкция ТИ 107-СТ.КК 1-01-97 г. Новокузнецк 1997г.
5. Ключев В. И. Терехов В. М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов.
6. Крупович В. И. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами.
7. Ловрчиновский Э. В. Вагин В. С. Машины и механизмы сталеплавильного производства.
8. ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ Новокузнецкое отделение. Технический отчет. ККЦ№1. Электроприводы сталевого и шлакового. Реконструкция. Техническая помощь при наладке. Том – Расчетно-пояснительная записка, том 1 - 8.
9. Фотиев М. М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов.
10. Удут Л.С. Мальцев О.П. Колин Н.В. Проектирование автоматизированных тиристорных электроприводов постоянного тока. Учебное пособие. Томск 1991г.
11. Типовое положение о ТО и Р электрооборудования предприятий горной металлургии. – Харьков, 1988.
12. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

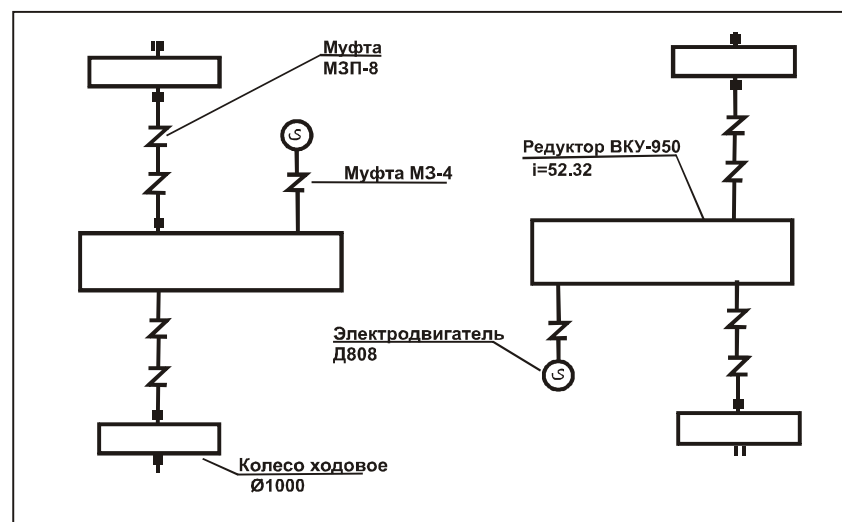
13. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Издательство Томского политехнического университета 2014, 36 стр.
14. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
15. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
16. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ
17. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
18. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности.
19. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графический материал

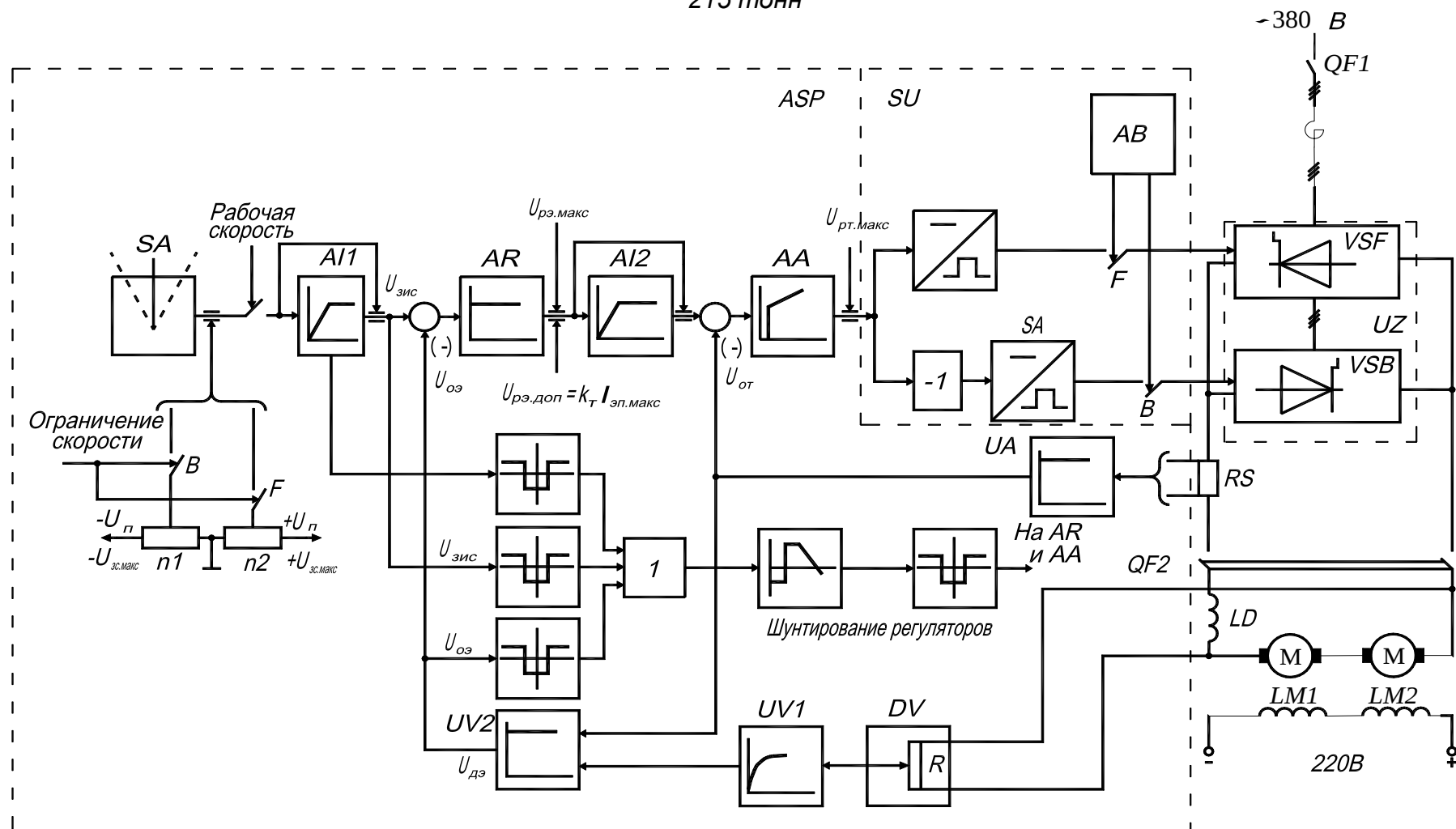


Внешний вид сталевого

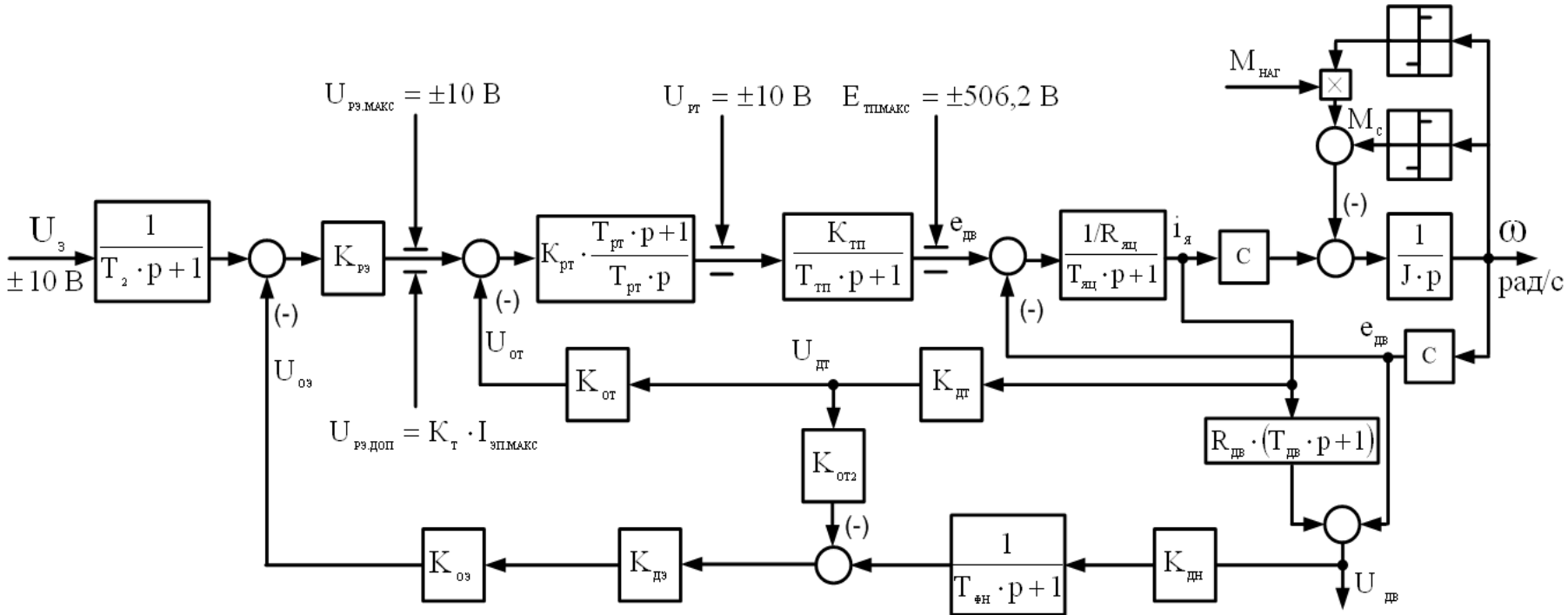


Кинематическая схема механизма передвижения сталевого

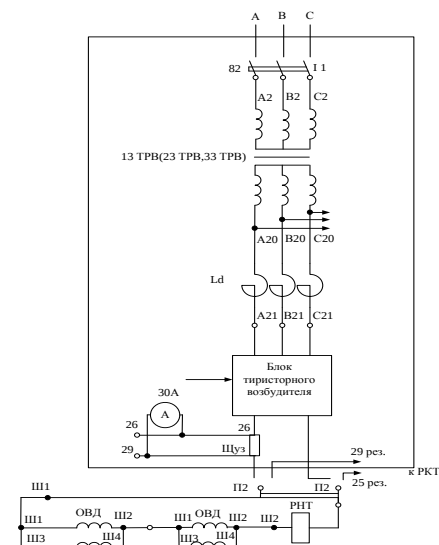
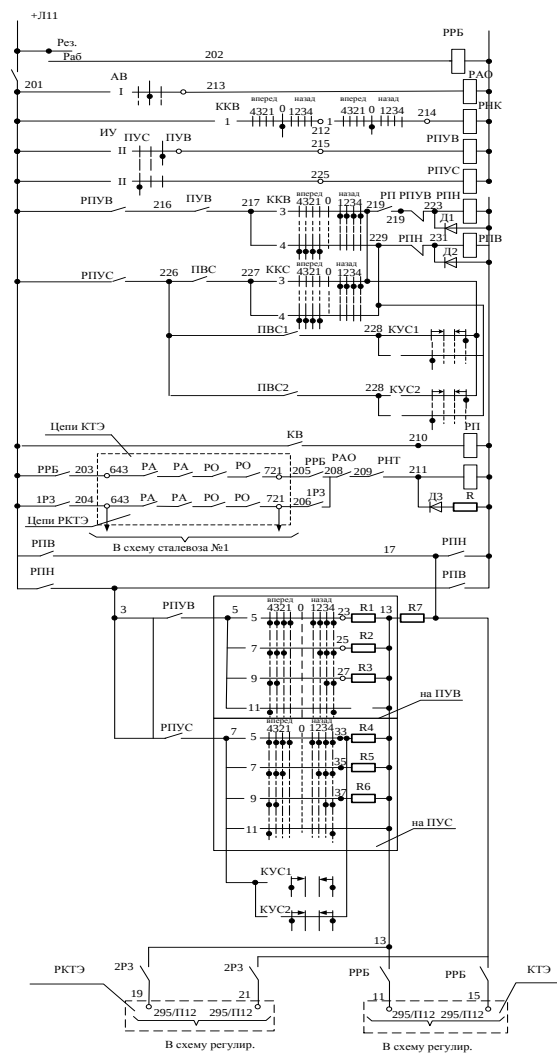
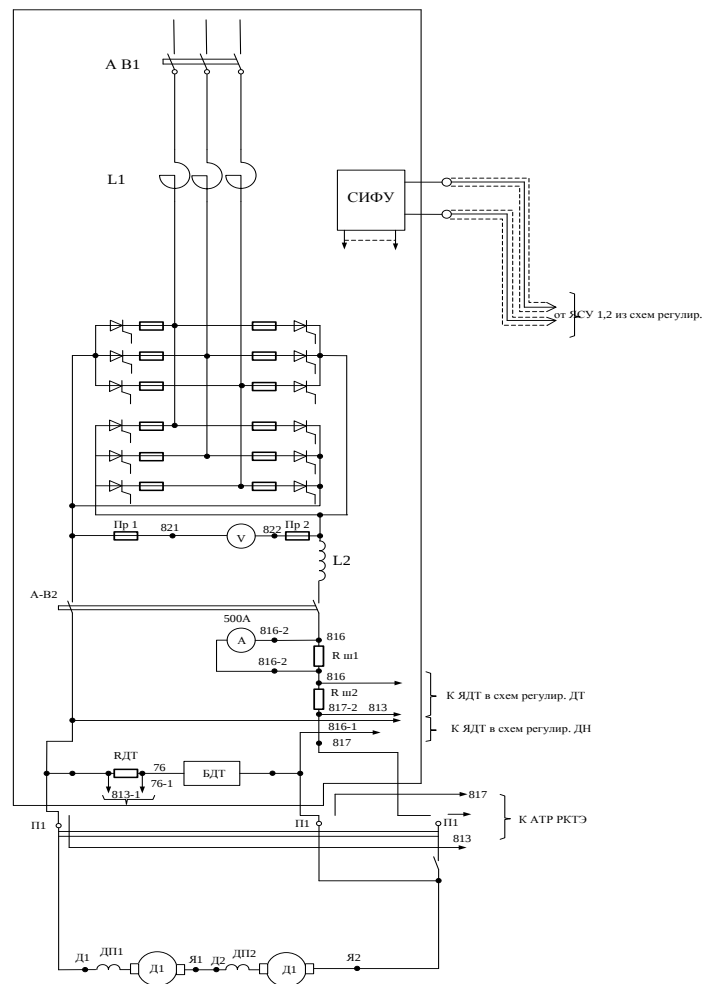
Функциональная схема электропривода сталеваза грузоподъемностью
215 тонн



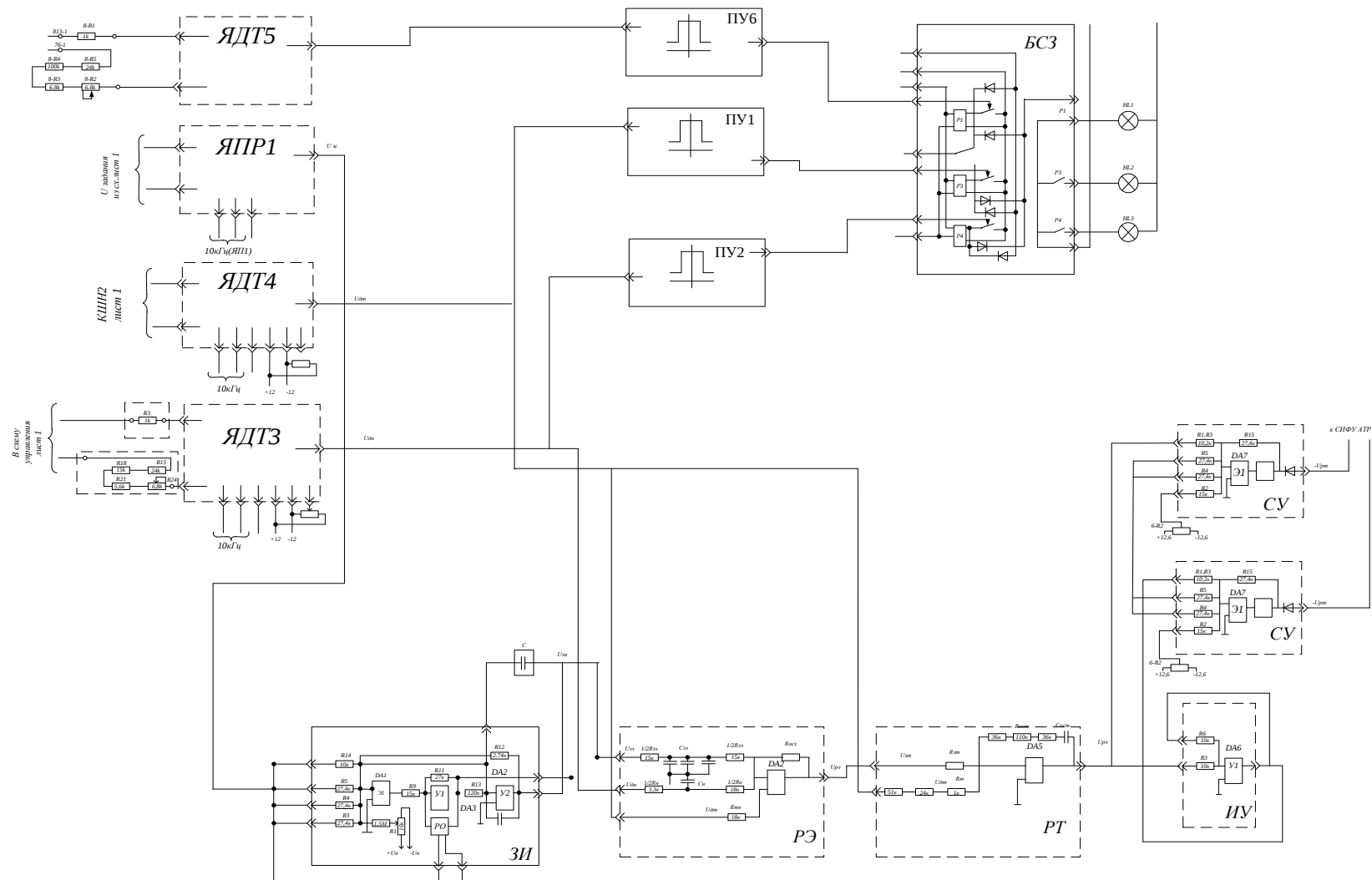
*Структурная схема электропривода сталевого грузоподъемностью
215 тонн*

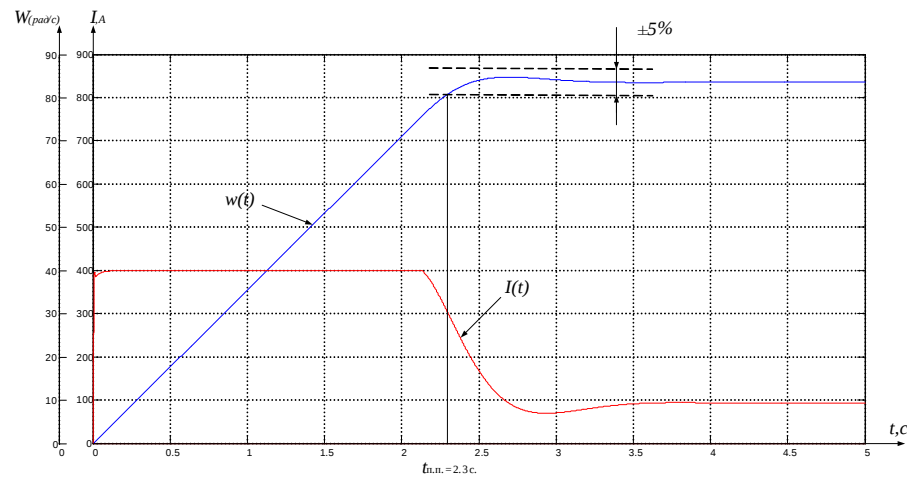


**Схема электрическая принципиальная
электропривода сталеваза грузоподъемностью 215 тонн**



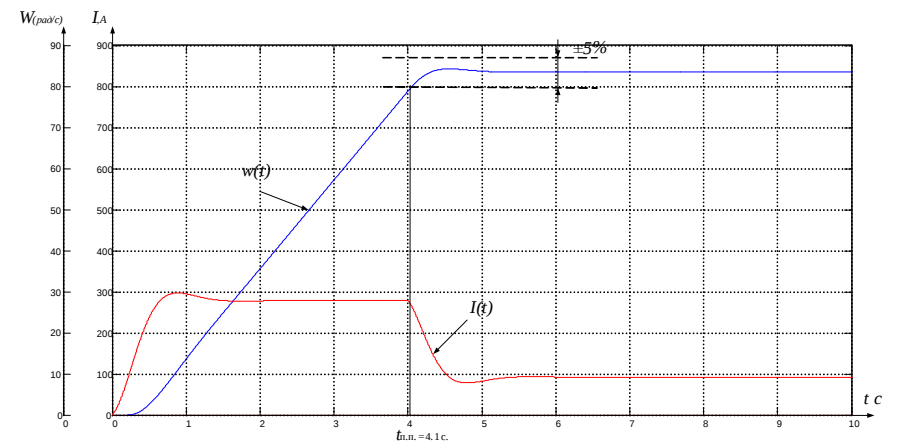
**Схема электрическая принципиальная
электропривода сталеваза грузоподъемностью 215 тонн**





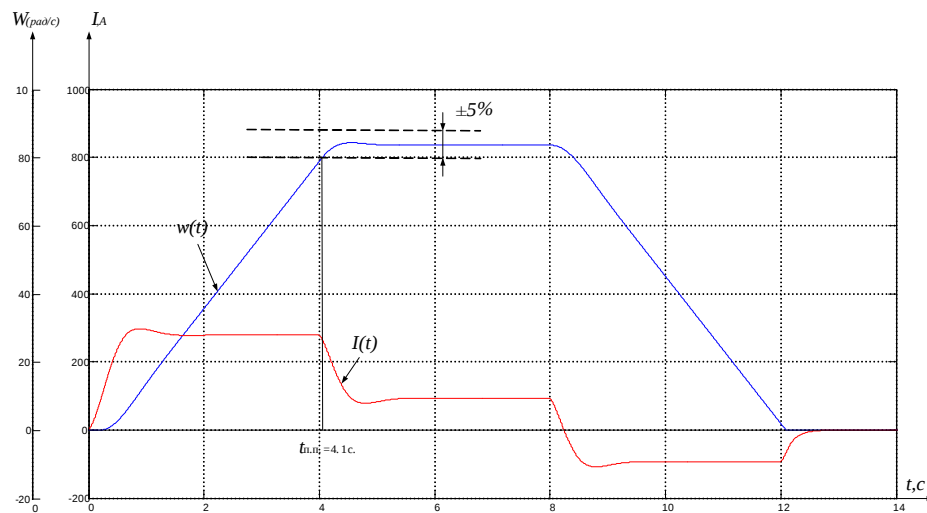
Переходные процессы пуск без задатчика интенсивности

$U_H = 10B$ $\omega_H = 86,35 \text{ рад/с}$ $I_{\text{макс}} = 402A$ $M_C = 449H \cdot \text{м.}$



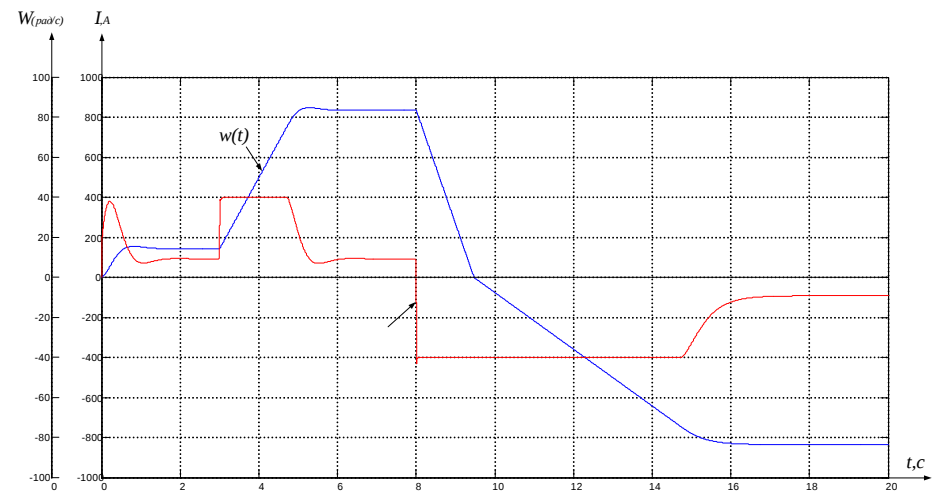
Переходные процессы пуск с задатчиком интенсивности

$U_H = 10B$ $\omega_H = 86,35 \text{ рад/с}$ $I_{\text{макс}} = 402A$ $M_C = 449H \cdot \text{м.}$

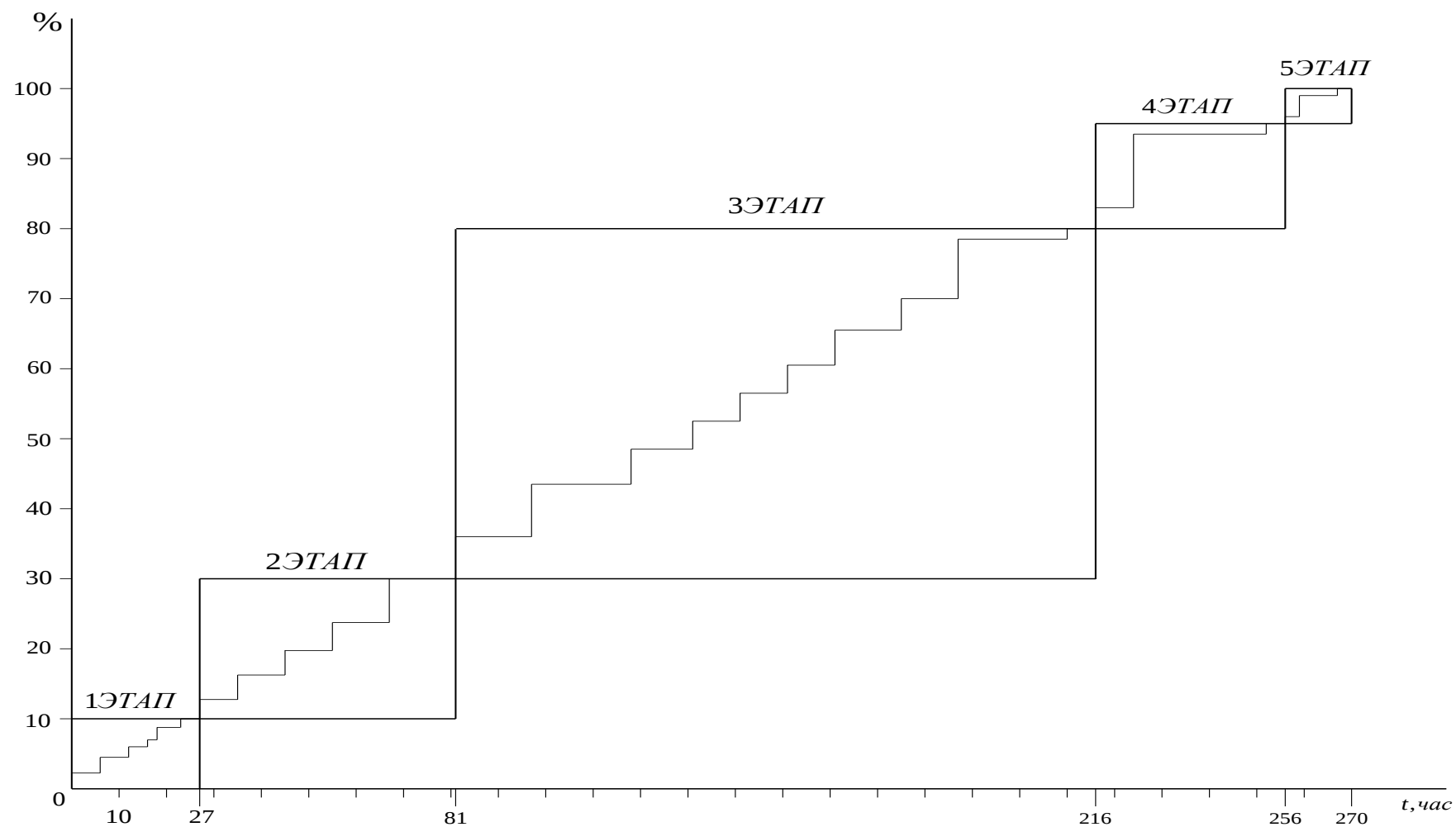


Переходные процессы пуск с задатчиком интенсивности

$U_H = 10B$ и останов $U_H = 0B$ $\omega_H = 86,35 \text{ рад/с}$
 $I_{\text{макс}} = 402A$ $M_C = 449H \cdot \text{м.}$



Переходные процессы пуск на пониженной скорости $U_H = 2B$
 переход на номинальную скорость $U_H = 10B$ реверс $U_H = -10B$
 $\omega_H = 86,35 \text{ рад/с}$ $I_{\text{макс}} = 402A$ $M_C = 449H \cdot \text{м.}$



Линейный график планирования этапов МНР