Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Механико-технологический факультет
Кафедра машиностроения, автоматики и электроэнергетики

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____К.М.Виноградов
_____2018г.

Электропривод и автоматизация обжимной клети реверсивного прокатного стана

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙРАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2018.042.00.00ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
к.т.н., доцент
_____В.Г. Некрутов
_____2018 г.

Руководитель работы,
доцент
_____В.Д. Константинов
_____2018г.

Автор работы
студент группыДО-508
_____А.А.Юдин
_____2018 г.

Нормоконтролер, доцент
_____В.Д. Константинов
_____2018 г.

Челябинск 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....7
1. Конструкция и описание технического процесса.....8
1.1 Назначение и конструкция.....8
1.2 Техническая характеристика.....8
1.3 Привод.....9
1.4 Управление.....9
2. СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....11
3. РАСЧЁТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА. ФОРМУЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЭЛЕКТРОПРИВОДУ И ВЫБОР ТИПА ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....25
3.1 Требования, предъявляемые к электроприводу.....25
3.2 Выбор типа электропривода.....25
3.3 Выбор электродвигателя.....26
3.4 Расчет выбранного электродвигателя.....27
3.5 Выбор преобразовательного агрегата.....32
3.6 Определение параметров якорной цепи.....35
3.7 Анализ динамических свойств электромеханического преобразователя как объекта управления.....36
4. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ САР.....37
4.1 Общие положения.....37
Структура системы управления приводом.....37
Расчет параметров САР.....38
4.2 Основные положения.....38
4.3 Базовые величины.....38
4.4 Расчёт параметров объектов регулирования.....39
4.5 Разработка и моделирование САР тока.....41
4.6 Учет влияния ЭДС якоря двигателя.....43
4.7 Разработка и моделирование САР скорости.....44
4.8 Разработка и моделирование САР тока возбуждения.....45
4.10 Разработка САР ЭДС.....50
4.11 Разработка и моделирование задатчика интенсивности.....52
4.12 Моделирование системы.....54
5. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АВТОМАТИКИ.....55
5.1 Краткое описание технологического процесса.....55
5.2 Управление электроприводом клети.....55
5.3 Устройства для автоматического управления.....56
5.4 Разработка принципиальной схемы и алгоритма рабочей программы.....58
6. РАСЧЁТ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ И БЛОКОВ.....60
6.1 Вводная часть.....60
6.2 Обоснование принятой САР.....60

6.3 Принцип построения структуры управления……61
6.4 Реализация регуляторов на контроллере……61
7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОГО ВАРИАНТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА……67
7.1 Краткая характеристика оборудования……67
7.2 Расчет стоимости оборудования и электроэнергии……68
7.3 Сравнение экономических показателей……71
8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА……72
8.1 Краткая характеристика объекта……72
8.2 Безопасность проекта……72
8.3 Экологичность проекта……84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……90
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……91

ВВЕДЕНИЕ

Для выпускной квалификационной работы выбрана тема: "Электропривод и автоматизация обжимной клети реверсивного стана ".

В настоящее время, после участившихся выходов из строя преобразовательного агрегата и связанных с этим простоев стана, завод принял решение о замене физически и морально устаревшего преобразовательного агрегата. Одновременно было решено заменить электродвигатель стана на более мощный.

Реконструкция главного привода стана заключается в замене существующего электродвигателя прокатного стана, работающего по системе Г-Д на электродвигатель большей мощности, работающий по системе ТП-Д, т.к. режим работы двигателя является очень напряженным и при совмещенной прокатке в 1 и 2 клетях электродвигатель перегружен. Преимуществом этой замены является также и увеличение производительности стана.

При разработке дипломного проекта необходимо решить следующие вопросы:

1. Собрать обзорную информацию о прокатном стане, описать работу проектируемого механизма обжимной клети, его технологические характеристики. Составить требования, предъявляемые к электроприводу.

2. Выбрать тип электропривода. Выбрать электродвигатель и провести расчёт загрузки электродвигателя обжимной клети. Построить нагрузочную диаграмму и тахограмму. Привести схему электрическую принципиальную силовых цепей электропривода.

3. Разработать систему автоматического регулирования электропривода: скорости и возбуждения. Произвести расчёты элементов контуров тока, скорости, возбуждения. Составить структурную и функциональную схемы электропривода.

4. Выбрать тип контроллера для управления электроприводом и написать программу для его работы по заданному алгоритму.

4. Разработать систему технологической автоматики по управлению механизмом обжимной клети.

5. Произвести расчёт технико-экономических показателей электропривода. При расчёте сравнить два варианта экономической целесообразности технических решений дипломного проекта.

6. Рассмотреть вопросы безопасности и экологичности проектируемого механизма. Указать вредные и опасные факторы, их допустимые параметры, действие, оказываемое ими, на организм человека и меры, принимаемые к их устранению. Рассмотреть вопросы пожароопасности и экологичности. Описать чрезвычайные ситуации и принятие необходимых мер по ликвидации при их возникновении.

7. Сделать заключение по результатам проектирования.

1 КОНСТРУКЦИЯ И ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1 Назначение и конструкция

- Прокатный стан предназначен для получения подкладочной полосы для рельсовых скреплений, трубных заготовок, фасонного проката и квадратной заготовки.
- В проекте рассматривается главный привод клетей №1 и №2. Обе клети приводятся в движение одним двигателем. Клеть №1 обжимная, клеть №2 предчистовая.

1.2 Техническая характеристика

Техническая характеристика стана приведена в таблицах 1 и 2. В таблице №1 приведены технологические и механические характеристики клетей. В таблице №2 приведены технологические данные по прокатке.

Таблица 1 - Техническая характеристика

1. Технологические данные.	
Размеры исходных заготовок:	
- сечение, мм	320x320; 320x380; 320x500
- длинна, мм	3000...5000
- масса, кг	2400...5000
Механические данные.	
Длинна бочки валка, мм:	
- клеть №1	2000
- клеть№2	2000
Диаметр валков (макс), мм:	
- клети №1	900
- клети №2	950
Диаметр цапф валков, мм:	460
Подшипники:	Скольжения с текстолитовыми вкладышами.
Момент инерции клетей (суммарн.) , кгм^2	15000

Таблица 1.2 - Исходные данные

P, кН	$M_{пр}$, Н·м	n_N об/мин	$n_з$, об/мин	n, об/мин	$n_в$, об/мин	$V_з$, м/с	V, м/с	$V_в$, м/с
4650,00	690,00	50,00	15,00	52,00	52,00	0,52	1,80	1,80
4650,00	707,00	50,00	15,00	58,00	58,00	0,52	2,00	2,00
3840,00	640,00	50,00	15,00	59,00	59,00	0,55	2,20	2,20
3860,00	629,00	50,00	15,00	65, 00	65,00	0,55	2,40	2,40
1490,00	125,00	50,00	15,00	69,00	69,00	0,56	2,60	2,60

Ускорение, замедление об/мин/с	КПД, %	i
25	0,89	1

Где:
P – давление металла на валки, кН;
$M_{пр}$ – момент прокатки по схемам прокатки, Н·м;
n_N– скорость прокатки номинальная, об/мин;
$n_з$ – скорость захвата металла валками, об/мин;
n – скорость в установившемся режиме прокатки, об/мин;
$n_в$ – скорость выброса металла из валков прокатной клети, об/мин;
$V_з$ – линейная скорость захвата металла валками, м/с;
V – линейная скорость в установившемся режиме прокатки, м/с;
$V_в$ – линейная скорость выброса металла из валков прокатной клети, м/с;
КПД – коэффициент полезного действия шестерённой клети, м/с;
i – передаточное число шестерённой клети.

1.3 Привод

Привод клетей обжимной и предчистовой осуществляется от одного двигателя через шестерённую клеть. Редуктор на клетях №1 и №2 отсутствует. Режим работы двигателя очень напряжённый, и необходимо иметь некоторый резерв по мощности. Двигатель должен выдерживать повышенную температуру, а также тряску и вибрацию.

1.4 Управление

Схема управления приводом клетей должна обеспечивать:

– Двухзонную зависимую систему управления с регулятором скорости.

– Реверс привода.

– Автоматическое поддержание заданной скорости во всех режимах работы привода (пуск, работа на установившейся скорости, торможение).

- Нагрев заготовок в газовых колодцевых печах и транспортирование их мостовыми кранами на линию проката клети №1;
- Прокат металла в реверсивной клети ДУО(обжимной) за 5…11 пропусков;
- Передача раската шлепперами на линию прокатки клети №2 и прокатка в сортовой реверсивной клети ДУО (предчистовой) за 1…5 пропусков;
- Передача раската шлепперами на линию прокатки клети №3 и прокатка в сортовой реверсивной клети ДУО (чистовой) за 1…3 пропусков;
- Передача прокатанного металла на участок пил ударного действия и порезка на мерные длины с удалением некондиционных концов;
- Передача проката на участок холодильников и на адъюстаж.

Основной сортамент - подкладочная полоса для рельсовых скреплений, трубная заготовка, фасонный прокат и квадратная заготовка.
Исходная заготовка – привозные литые и катаные блюмы размерами 320…380×3000…4000 мм и 320…500×3000…4000мм, массой 2400...5000 кг, длиной 3-4 м. Готовый прокат выпускается в виде штанг длиной от 6 до 10 м.

Расчетная производительность главного привода 700 тыс. тонн в год.

Вывод

Данный реверсивный прокатный стан, приводящийся в движение одним двигателем через шестерённую клеть, должен иметь некоторый резерв по мощности. Двигатель должен выдерживать повышенную температуру, должен иметь двухзонную зависимую систему управления с регулятором скорости, реверс привода, автоматическое поддержание заданной скорости во всех режимах работы привода

2 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Тиристорный преобразователь реверсивный ТРС-ТЯ (Россия)

Тиристорный преобразователь для двигателя постоянного тока ТРС-ТЯ обеспечивает выполнение задач управления двигателем постоянного тока (далее – ДПТ):

- плавный пуск и останов с ограничением пускового тока якоря;
- изменение направления вращения;
- регулирование частоты вращения вала двигателя путем регулирования напряжения питания обмотки якоря (однозонное регулирование);
- визуализация выходного напряжения и тока электродвигателя;
- защита от короткого замыкания, перегрузки, потери фазы, перегрева радиатора, потери поля возбуждения.

ТРС-ТЯ функционально состоит из трех выпрямителей. Первый и второй – трехфазные тиристорные мосты, собранные по схеме Ларионова, предназначены для регулирования напряжения и изменения его полярности на обмотке якоря. Регулирование напряжения ведется фазо-импульсным методом. За счет этого и достигается регулирование частоты вращения и плавный/пуск останов. Реверс осуществляется путем изменения полярности напряжения на обмотке якоря. Такой способ реверса более дорогой, чем контакторный по цепи возбуждения, однако он имеет неоспоримое преимущество - это отсутствие релейно-контакторных элементов, что важно при большом количестве реверсов (более 10-15 в час). Третий выпрямитель – неуправляемый (диодный) однофазный формирует постоянное напряжение для питания обмотки возбуждения (как правило 220 В).

Устройство ТРС-ТЯ имеет микропроцессорную систему управления с возможностью введения пользовательских настроек через кнопочную панель управления, наглядной системой индикации данных на жидкокристаллическом дисплее.

Важную роль имеет развитая система защит и автодиагностики, например, ТРС-ТЯ имеет защиту от потери поля возбуждения двигателя. В случае если напряжение питания обмотки возбуждения снизится ниже 150 В, устройство идентифицирует данную ситуацию как аварийную и обесточит обмотку якоря.

Таблица 2 - Технические характеристики ТРС-ТЯ

Количество фаз	3
Сеть	3х380 В, 50 Гц
Выходное напряжение цепи якоря	0..230 В, 0..460 В, регулируемое
Выходное напряжение цепи возбуждения	220 В, нерегулируемое
Тип тиристорных модулей	IXYS, Semikron, Протон-Электотекс

Наличие кнопки аварийного отключения	Да
Наличие вводного автоматического выключателя	Опция
Реверс	Тиристорный по цепи якоря
Торможение	Реверсом (противовключением) в функции времени
Способы регулирования напряжения	Фазовый
Вспомогательное питание для системы управления	198-242 В 50 Гц
Номинальный ток преобразователя для питания обмотки якоря	40, 80, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 А
Номинальный ток преобразователя для питания обмотки возбуждения	13, 22, 35, 50 А
Регулирующий элемент	Тиристор
Тип системы управления	Микропроцессорная
Стабилизация скорости	По сигналу обратной связи от тахогенератора
Сигнал управления	0..10 В, 0..20 мА, 4..20 мА, встроенный переменный резистор, внешний переменный резистор, кнопки панели управления
Вход управления / входное сопротивление	0-10 В / 20 кОм 0-20 мА / 91 Ом 4-20 мА / 91 Ом
Плавный пуск и останов	0..25 сек
Индикация	жидко-кристаллический индикатор 32-символьный, 2 светодиода
Дополнительные контакты	2 Программируемых реле 220 В 5 А. Выходной сигнал: “Работа”, “Авария”, “Готовность”
Защита: короткое замыкание на выходе	Электронная защита
Защита: перегрузка длительным током	Электронная защита
Защита: перегрев тиристоров	Датчик температуры 80 С
Защита: потеря фазы или “слипание” фаз	Электронная
Перегрузочная способность	I=1,5 Iн – 20 сек, I=1,25 Iн – 60 сек, I=1,1 Iн – 2 мин
Порог срабатывания защиты от короткого замыкания	I = 3..3,5 Iн

Точность поддержания выходного напряжения в режиме стабилизации напряжения	2% Uн
Время стабилизации выходного напряжения при скачке напряжения сети на 10% в режиме стабилизации напряжения	2..3 сек
Степень защищенности	IP41
Охлаждение	Принудительное встроенными вентиляторами
Ресурс вентилятора	50000 часов
Температура окружающей среды	0..40 С
Относительная влажность воздуха	0..90% без конденсата (сухое помещение)
Изоляция	2,5 кВ между шасси, силовой цепью и управляющими цепями
Режим работы	Длительный, ПВ = 100%
Срок эксплуатации	Не менее 10 лет

Подключение тахогенератора к ТРС необязательно, если не требуется высокая точность регулирования скорости. Но при наличии сигнала обратной связи от тахогенератора становится возможным работа устройства в режиме стабилизации частоты вращения, в котором стабильность и точность поддержания оборотов двигателя гораздо выше, особенно на низких оборотах.

ТРС-ТЯ не подходит для управления механизмами подъема-опускания - грузоподъемными кранами, лебедками и т.п., так как является двухквадрантным преобразователем.

Тиристорные электроприводы постоянного тока серии ТЭП (Украина)
Тиристорные электроприводы постоянного тока серии ТЭП предназначены для регулирования скорости, напряжения (ЭДС) двигателя и других координат движения, определяемых требованиями автоматизируемого объекта или технологического процесса.
Конструкция и принцип действия
Силовая часть электроприводов построена на основе трехфазной мостовой схемы выпрямления. Вентильная часть реверсивных электроприводов выполнена на основе встречно-параллельной схемы включения и снабжена системой раздельного управления реверсивными группами.
В состав электроприводов входит: выпрямитель (выпрямительное устройство с системой импульсно-фазового управления); силовой трансформатор или сетевой реактор; линейный контактор; система защиты и сигнализации, включая

индикацию неисправностей; устройство питания обмотки возбуждения двигателя; система автоматического регулирования и система диагностики.
Конструктивно электроприводы выполнены в виде шкафов каркасного типа напольного исполнения с односторонним обслуживанием. Допускается установка шкафов тыльными сторонами друг к другу и к стене.
На входе питания переменного тока установлена защита от сетевых перенапряжений и перенапряжений при отключении ненагруженного трансформатора.
Шкафы электроприводов, в зависимости от мощности, имеют принудительное воздушное или естественное воздушное охлаждение.

Параметры основных типоисполнений изделий приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 - Параметры основных типоисполнений изделий

Номинальное выходное напряжение электропривода, В	Номинальный выходной ток, А	Номинальная выходная мощность, кВт	Габариты LxBxH, мм	Масса электропривода, кг	
				неревер-сивного	реверсивно-го
230	10	2,3	250x170x310	10	12
230	25	5,75	600x600x1870	230	260
230	50	11,5	600x600x1870	245	270
230	100	23	600x600x1870	285	315
230	200	46	600x600x1870	115	145
230	320	73,6	600x610x1940	145	175
230	500	115	600x610x1940	170	200
460	10	4,6	250x170x310	10	12
460	25	11,5	600x600x1870	200	230
460	50	23	600x600x1870	230	260
460	100	46	600x600x1870	250	280
460	200	92	600x600x1870	172	205

460	320	147,2	600x610x1940	220	250
460	500	230	600x610x1940	245	275
460	630	290	600x610x1940	245	275
460	800	368	1400x600x2155	365	405
460	1000	460	1400x600x2155	390	430
460	1600	736	1000x800x1950	475	505
660	2500	1650	1135x650x2260	500	530
825	2500	2062,5	1135x650x2260	500	530
825	3200	2640	1200x800x2200	600	700
825	4000	3300	1200x800x2200	670	770
825	5000	4125	1200x800x2200	770	870

В таблице 2.1 приведены габаритные размеры и масса электроприводов на токи от 200 до 5000 А без силового трансформатора, а на токи от 1000 до 5000 А без сглаживающего реактора.
Срок службы электроприводов не менее 20 лет.
Система защиты электропривода обеспечивает:

- защиту при превышении мгновенного тока предельной величины устанавливаемой для данного электропривода;
- защиту при аварийной перегрузке тиристоров;
- защиту при исчезновении и недопустимом снижении тока возбуждения электродвигателя;
- защиту при исчезновении напряжения питания силовых цепей и напряжения собственных нужд;
- защиту от перегрузки электродвигателя, превышающей заданную величину в течение определенного времени.

Система сигнализации электропривода обеспечивает:

- сигнализацию о готовности электропривода к работе;
- сигнализацию об аварийном отключении преобразователя;

– сигнализацию о наличии напряжения в силовой цепи и напряжения собственных нужд.

Электроприводы имеют каналы выдачи сигналов во внешнюю систему автоматизации объекта.
Могут быть установлены дополнительные узлы: источник питания обмотки возбуждения; источник питания для электромагнитного тормоза; устройство динамического торможения; источник питания обмотки возбуждения тахогенератора.
Встроенные тиристорные источники питания обмотки возбуждения двигателя обеспечивают выходное напряжение от 40 до 230В, при токе нагрузки до 16А (исполнения ТЭП 50 – ТЭП 200); 25А (исполнения ТЭП 320 – ТЭП 500); 50А (исполнения ТЭП 800 - ТЭП 1000).
Для исполнений ТЭП 1600, ТЭП 2500 возбудитель двигателя поставляется в виде отдельно стоящего конструктива.
Пример маркировки тиристорного преобразователя постоянного тока:
ТЭП-500(Х1)/440(Х2)-2(Х3)1(Х4)2(Х5)2(Х6)-Я(Х7)-В(Х8)1(Х9)П(Х10)1(Х11)-0(Х12) УХЛ4(Х13)
Структура условного обозначения:
ТЭП- Х1Х1Х1Х1/ Х2Х2Х2- Х3Х4Х5Х6- Х7Х7Х7-Х8Х8Х8Х8Х9Х9Х10Х11-Х12 Х12Х13Х13Х13Х14
ТЭП - тиристорный электропривод постоянного тока;
Х1 - номинальный выходной ток, А;
Х2 - номинальное выходное напряжение, В;
Х3 - исполнение по связи с питающей сетью:
0-без реактора, без сетевого выключателя (блочное исполнение),
1 - трансформаторное,
2 - реакторное,
3 - без реактора с сетевым выключателем,
4 - с реактором без сетевого выключателя;
Х4 - исполнение по режиму работы:
1 - нереверсивный,
2 - реверсивный с реверсом тока возбуждения,
3- реверсивный с реверсом тока якоря;
Х5 - исполнение по наличию линейного контактора:
1 - с контактором,
2 - без контактора,
3 - реверсивный, с контактным реверсом тока якоря;
Х6 - исполнение по наличию пульта дистанционного управления:
1 - с пультом (отдельно поставляемого для управления электроприводом),
2 - без пульта;
Х7 - исполнение по назначению главной цепи:
Я - для питания якорной цепи двигателя постоянного тока без встроенного возбудителя,

И - источник питания,
ВДП - возбудитель двигателя постоянного тока,
ВГП - возбудитель генератора постоянного тока,
ВСД - возбудитель синхронного двигателя,
ВСГ - возбудитель синхронного генератора;
Х8 - исполнение по наличию: устройства питания обмотки возбуждения двигателя (В), устройства динамического торможения (Д), устройства питания электромагнитного тормоза (М), устройства питания обмотки возбуждения тахогенератора (Т).
Например, В, Д, М, Т: В - с устройством питания обмотки возбуждения двигателя, Д - с устройством динамического торможения, М - с устройством питания электромагнитного тормоза, Т – с устройством питания обмотки возбуждения тахогенератора.
Х9 - модификация системы регулирования:
1 - система регулирования тока, напряжения (ЭДС, скорости) двигателя однозонная,
2 - система регулирования тока, напряжения (ЭДС, скорости) двигателя двухзонная,
3 - система регулирования тока, напряжения (ЭДС, скорости) и положения вала двигателя,
4 - система регулирования тока, напряжения (ЭДС, скорости) и мощности двигателя,
5 - система регулирования намоточно-размоточными механизмами,
6-99 -другие системы регулирования и адаптации, поставляемые по заказу потребителя;
Х10 - исполнение системы управления:
А - аналоговая,
П - цифровая, процессорная;
Х11 - вид охлаждения:
1- естественное воздушное охлаждение,
2 - принудительное воздушное охлаждение;
Х12 - модификация исполнения по объектной ориентации:
0 - базовая,
1-99 - объектно-ориентированная;
Х13 - вид климатического исполнения по ГОСТ 15150;
Х14 - категория размещения по ГОСТ 15150.

Преобразователи постоянного тока SIMOREG DC Master (ФРГ)

Во многих случаях применение приводов постоянного тока является более эффективным и оправданным: они отличаются удобством настройки, надежностью, экономичностью, высоким КПД и простотой в эксплуатации. Преобразователи SIMOREG DC MASTER производства Сименс наполняют

новым содержанием хорошо зарекомендовавшую себя технику постоянного тока, в них реализовано оптимальное соотношение мощности и интеллекта. Семейство комплектных микропроцессорных электроприводов постоянного тока SIMOREG DC MASTER разработано как для комплексных приводных задач, так и для стандартных решений, они поставляются как в виде встраиваемых блоков, так и в шкафном исполнении.

Эти приводы являются высокодинамичными: время возбуждения (время нарастания вращающего момента) около 10 мс. Диапазон мощностей как для реверсивных, так и для нереверсивных приводов составляет от 6,3 кВт до 2 000 кВт (при запитке через якорь или внешним магнитным полем). Диапазон номинальных токов лежит в пределах от 15 А до 3 000 А и может быть увеличен до 10 000 А путем параллельного соединения преобразователей, (до 5 блоков). Диапазон напряжений – от 400 В до 950 В.

Отличительными особенностями SIMOREG DC MASTER являются высокая точность и быстродействие, обусловленные применением цифровой микропроцессорной техники:
• цифровая система импульсно-фазового управления (СИФУ) реверсивного тиристорного преобразователя цепи тока якоря;
• цифровая СИФУ нереверсивного тиристорного преобразователя цепи тока возбуждения;
• цифровой контур тока якоря цифровой контур скорости;
• цифровой контур тока возбуждения;
• цифровой контур ЭДС;
Достоинствами преобразователей SIMOREG DC MASTER являются интеграция в любую систему автоматизированного управления, быстрый и простой ввод в эксплуатацию, модульность, простота в обслуживании за счет единой концепции задания параметров, широкий диапазон мощностей и напряжений, широкая область применения, высокая надежность.

Таким образом, в одном комплектном микропроцессорном устройстве объединены функции двух систем – системы управления собственно электроприводом и технологической системы. При этом ввод в эксплуатацию системы управления электроприводом осуществляется посредством параметризации контуров регулирования. Параметризация проводится при помощи панели управления OP1S.
Ввод в эксплуатацию системы управления технологическим процессом осуществляется посредством программирования модуля технологии T400. Программирование проводится при помощи персонального компьютера с инсталлированным на нем пакетом программирования D7-ES.
Кроме программных модулей, решающих технологические задачи, блок “Технология” включает специальный пакет программ коммуникации, обеспечивающий доступ к необходимым для эксплуатационного персонала

параметрам модуля T400 с панели управления OP1S. Этот же специальный коммуникационный пакет обеспечивает работу с дополнительной панелью оператора, например панель OP7/DP-12 ряда SIMATIC HMI (изготовитель SIEMENS).
Преобразователи SIMOREG DC MASTER полностью интегрированы в системы автоматизации, подходят для любой системы ЧПУ и стыкуются с другими частями системы независимо от того, произведены ли они фирмой SIEMENS или другими_изготовителями.

В преобразователях SIMOREG DC MASTER сделана ставка на открытую и стандартизированную систему полевых шин PROFIBUS-DP с использованием коммуникационного модуля CBP2, непосредственное подключение к персональному компьютеру через интерфейс RS232 и связь по типу “узел–узел”. При этом PROFIBUS-DP является центральным средством коммуникации между компонентами системы автоматизации. Модуль CBP2 встраивается непосредственно в электронный бокс SIMOREG DC MASTER. С использованием передовой технологии BICO система SIMOREG DC MASTER открывает новые границы возможностей программных средств. При этом два мощных процессора выполняют функции управления и регулирования приводами для цепей якоря и поля. Функциональные блоки соединяются друг с другом с помощью техники BICO и образуют ориентированный на конкретный случай функциональный модуль.
Обмен данными между отдельными преобразователями тока производится по принципу “узел–узел” по интерфейсу RS 485, таким образом реализуется очень быстрая цифровая передача заданных значений по каскадам.

Системы SIMOREG DC MASTER являются на практике очень гибкими и рентабельными:

• высвобождаются управляющая система и шина;
• во многих случаях отпадает необходимость в ЧПУ;
• уменьшается количество кабелей, увеличивается помехозащищенность;
• регулирование и управление осуществляется непосредственно в приводе;
• за счет децентрализации, концепция управления становится наглядной;
• технологическое программное обеспечение располагается в центральном модуле – техника BICO.

Преобразователи SIMOREG в совокупности с двигателями постоянного тока представляют из себя оптимальную и полноценную систему электропривода. Сименс предлагает изготовление и поставку электроприводов шкафного исполнения с использованием модульных преобразователей SIMOREG. Шкафы проектируются по индивидуальному техническому заданию для конкретных объектов, с использованием защитной и коммутационной аппаратуры,

комплектуются дистанционными пультами или дисплейными станциями с необходимыми органами управления и индикации технологических параметров.

Расширяемая система привода для базовых и сложных применений SINAMICS DC MASTER

SINAMICS DC MASTER - это новое поколение приводов постоянного тока от Siemens.

Название SINAMICS DC MASTER - кратко: SINAMICS DCM - воплощает мощь нового поколения в сочетании с преимуществами предшественника SIMOREG DC-MASTER.

Когда речь заходит о качестве, надежности и функциональности, SINAMICS DC MASTER не уступит никому. В частности в области реализуемых функций, все применяемые функции предшественника были интегрированы по умолчанию.

SINAMICS DC MASTER - это новый член семейства SINAMICS, что делает возможным использования всего многообразия программ и компонентов технологии переменного тока для приводов постоянного тока.

Группы преобразователей SINAMICS DC MASTER представляют собой расширяемую систему привода - как для простых, так и для сложных применений. Для стандартного применения с обратной связью, преобразователь включает стандартную плату управления (Standard CUD). Для применений с высокими требованиями по производительности и интерфейсам, система может быть расширена дополнительной платой управления (Advanced CUD).

Преобразователи постоянного тока SINAMICS DC MASTER комбинируют управление с обратной связью и без обратной связи и силовую часть в одном устройстве и показывают себя с наилучшей стороны, обеспечивая при этом компактную, экономящую место, компоновку.

Для управления и пусконаладки доступны расширенная панель оператора - AOP30 Advanced Operator Panel и простая цифровая панель оператора BOP20. Интерфейсы CUD и количество входов/выходов могут быть расширены клеммными модулями, такими как TM15 и TM31.

Таблица 2.2 - Обзор основных технических данных

Диапазон мощностей:	от 6.3 до 2508 кВт и более
Номинальный ток:	от 15 до 3000 А (параллельное соединение до 18000А)
Номинальное напряжение питания	3АС, от 400 до 950 В

цепи якоря:	
Номинальный ток возбуждения:	от 3 до 40 А (опция - 85 А)
Номинальная частота сети:	от 45 до 65 Гц
Степень защиты:	IP00 (в шкафном исполнении до IP54/ IP54b)
Температура хранения и транспортировки:	от -40 до +70 °C
Соответствует требованиям:	ГОСТ Р, IEC, EN, DIN, VDE, UL, cULus, NEMA, UL 508 C
Режимы работы:	2Q и 4Q

Особенности:

- PROFIBUS по умолчанию / PROFINET опция
- Различные сочетания плат управления для получения оптимальной конфигурации
- Выбор блоков питания цепи возбуждения
- Питание электроники от 24 В DC
- Изолированная силовая часть
- Свободные функциональные блоки доступны по умолчанию / DCC (Drive Control Chart Functionality) может быть добавлен
- Возможность питания от однофазной сети (замена для SIMOREG K и других устаревших преобразователей)
- Лакированные платы и никелированные шины для использования в неблагоприятных условиях
- Широкий температурный диапазон

Комплектный тиристорный электропривод постоянного тока КТЭМ (Украина)

Комплектный тиристорный электропривод постоянного тока КТЭМ представляет собой статический преобразователь переменного тока в выпрямленный ток двигателя постоянного тока. КТЭМ предназначен для оснащения электроприводов металлургической промышленности, транспорта, химического, цементного производства, бумагоделательных машин и другого технологического оборудования. КТЭМ соответствуют требованиям ГОСТ-18142-85.
Область применения:

- электроприводы прокатных станов;
- приводы подъемных машин;

- конвейеры;
- миксеры;
- экструдеры;
- бумагоделательные машины и др.

КТЭ обеспечивают:

- пуск и торможение двигателей с заданными значениями тока, момента, ускорения, времени;
- поддержание заданной частоты вращения или ее регулирование по определенному алгоритму;
- ограничение максимальных значений тока, частоты вращения, напряжения, момента, ускорения.

КТЭ включают в себя следующие функциональные узлы и устройства:

- силовую часть с трёхфазной мостовой схемой выпрямления;
- систему автоматического регулирования, защиты и сигнализации фирмы Siemens;
- устройство питания обмотки возбуждения двигателя;
- устройство питания электромагнита механического тормоза;
- устройство питания обмотки возбуждения тахогенератора;
- устройство динамического торможения;
- входной преобразовательный трансформатор или сетевой реактор;
- сглаживающий или токоограничивающий реактор в цепи выпрямленного тока;
- силовую коммутационную и защитную аппаратуру в цепях переменного и постоянного тока.
- систему автоматической диагностики состояния элементов электропривода.

КТЭ изготавливаются на токи от 100 А до 10000 А напряжение от 220 В до 1050 В.

В КТЭ применяется силовая часть собственной разработки и микропроцессорная система управления, регулирования и защиты фирмы "Сименс". Такое сочетание позволило получить высоконадежные, удобные в наладке и эксплуатации изделия, не уступающие по своим качествам преобразователям ведущих зарубежных фирм.

КТЭ по требованию заказчика комплектуются системой автоматической диагностики состояния элементов электропривода (вибрации и температуры подшипников, давления и протока масла и т.п.), обеспечивающей текущий контроль и запись параметров. Это позволяет выявлять неисправности на ранних стадиях их развития, заранее планировать профилактические работы, исключать аварийные простои.

КТЭ могут выполняться как в шкафном исполнении для установки в электропомещениях, так и в контейнерном исполнении для наружной установки.

Тиристорными электроприводами марки "УЭТМ" оснащены многие крупнейшие металлургические комбинаты России и стран СНГ: Западно-Сибирский, Новолипецкий, Нижнетагильский, Челябинский, Магнитогорский, Карагандинский и т.д. Разработано и изготовлено более 80 комплектных преобразовательных устройств в контейнерном исполнении наружной установки для электропривода буровых установок "Уралмаш".

Таблица 2.3 Технические характеристики:

Номинальное выпрямленное напряжение, В	Номинальный выпрямленный ток, А (ряд)
220	10, 25, 50, 100, 200, 320, 500, 800, 1000,1600, 2500
440	25, 50, 100, 200, 320, 500, 800, 1000, 1600, 2500, 3200, 4000
600	200, 320, 500, 800, 1000, 1600, 2500, 3200, 4000, 5000
750	1000,1600, 2500, 3200, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000, 12500
930	2500, 3200, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000, 12500

Таблица 2.4 - Допустимые перегрузки:

Режим	Нагрузка от номинального тока, %	Продолжительность нагрузки, с
1	100	Длительно
2	150	120
3	175	60
4	200	15
5	225	10

При работе в режимах 2÷5 среднеквадратичное значение тока в течение цикла не должно превышать номинального значения за время усреднения не более 10 мин.

Состав КТЭМ

В основе изделия - шестипульсный (двенадцатипульсный) тиристорный преобразователь с системой управления, осуществляющий регулирование выходного напряжения в широком диапазоне.

Кроме того, изделие имеет комплект защитной и коммутационной аппаратуры, систему вспомогательных устройств (устройство питания обмотки возбуждения, устройство управления электромагнитным тормозом, устройство питания обмотки возбуждения тахогенератора), систему автоматического регулирования (тока, напряжения, ЭДС, частоты вращения, натяжения, положения) систему защиты и сигнализации преобразователя и электропривода.

Конструктивное исполнение

Комплектное устройство, полностью готовое к подключению, состоящее из одного или нескольких шкафов, в которых скомпоновано необходимое оборудование. Шкафы, входящие в состав электропривода, представляют собой металлическую конструкцию каркасного типа. Обслуживание до 1000 А - одностороннее, от 1000 А - двухстороннее. Степень защиты IP21. Габаритные размеры шкафов соответствуют ГОСТ 10985.

Вывод

Во многих случаях применение приводов постоянного тока является более эффективным и оправданным: они отличаются удобством настройки, надежностью, экономичностью, высоким КПД и простотой в эксплуатации. Преобразователи SIMOREG DC MASTER производства Сименс наполняют новым содержанием хорошо зарекомендовавшую себя технику постоянного тока, в них реализовано оптимальное соотношение мощности и интеллекта.

3 РАСЧЁТ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

ФОРМУЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ЭЛЕКТРОПРИВОДУ И ВЫБОР ТИПА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Требования, предъявляемые к электроприводу:

1. Привод реверсивный.
2. Диапазон регулирования скорости D=5:1, плавное регулирование в данном диапазоне.
3. Регулирование скорости в диапазоне до 50 об/мин достигается изменением напряжения на якоре при постоянном токе возбуждения, а в диапазоне от 50 до 70 об/мин - изменением тока возбуждения.
4. Переход на пониженную скорость при подходе заготовки к валкам первой клети непрерывного стана. Величина пониженной скорости составляет около 30% от номинальной.
5. Двигатель должен выдерживать повышенную температуру, а также тряску и вибрацию.

3.2 Выбор типа электропривода

Электропривод представляет собой электромеханическую систему, состоящую из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств, предназначенных для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением.

Существуют электроприводы постоянного и переменного тока. В мировой практике (фирмы SMS Schloemann, Siemens , Shneider Electric и др.) идёт переход от приводов постоянного тока к приводам переменного тока. Это объясняется следующими факторами:

1. Простота изготовления двигателей.
2. Простота эксплуатации двигателей в процессе работы.
3. Меньшая стоимость изготовления двигателей.
4. Надёжность двигателей переменного тока.

В сравнении электродвигателей по простоте и дешевизне первыми идут асинхронные, потом, синхронные и замыкают этот список двигатели постоянного тока.

В нашей стране широко применяются электроприводы постоянного тока большой мощности. Это связано со сложностью перехода от сложившихся комплексных разработок приводов постоянного тока к приводам переменного тока в силу инерционности отечественной промышленности.

Принимаем электропривод обжимной клети постоянного тока. Режим работы электропривода ДУО - повторно-кратковременный. Реверс предусмотрен для возврата блюмов в исходное положение.

Выбираем двигатель серии П23, который предназначен для электроприводов прокатных станов и других механизмов, требующих высокой перегрузочной способности и эксплуатации в тяжёлых условиях.

Двигатель выбирается так же из требований места расположения, конструктивных особенностей, охлаждения. Должны учитываться особенности окружающей среды: температура, влажность, пыльность.

3.3 Выбор электродвигателя

Выбираем двигатель постоянного тока металлургической серии П23.

Для предварительного выбора мощности двигателя, вычислим статическую мощность нагрузки.

$P_{ст}=M_{пр}*\omega_{пр}=707,0*6,07=4293,82$кВт.

Исходя из полученного значения, выбираем двигатель мощностью 4600кВт: П23/165-4,6.

Таблица 3 - Параметры выбранного двигателя:

Мощность номинальная	P_N	4600 кВт
Напряжение номинальное	U_N	850 В
Ток номинальный	I_N	5780 А
Частота вращения номинальная	n_N	50 об/мин
Частота вращения максимальная	n_{max}	90 об/мин
Момент номинальный	M_N	880 кН·м
Момент при F_{min}	M_2	489 кН·м
Угловая скорость номинальная	w_N	5,24 рад/с
Угловая скорость максимальная	w_{max}	9,42 рад/с
Поток номинальный	F_N	$84\cdot10^{-2}$ Вб
Поток минимальный	F_{min}	$46,8\cdot10^{-2}$ Вб
Диапазон ослабления потока возбуждения	D	2,4
Максимальная рабочая перегрузка по току	λ_I	2,5
Напряжение возбуждения номинальное	$U_{вN}$	175 В
Ток возбуждения номинальный	$I_{вN}$	320 А

Ток возбуждения максимальный	$I_{вmax}$	450 А
Число полюсов	2p	14
Число витков обмотки возбуждения на полюс	$w_в$	50
Число витков на полюс якоря	$w_я$	53
Число параллельных ветвей обмотки Возбуждения	$a_в$	1
Сопротивление обмотки якоря при 15° С	$R_я$	0,00272 Ом
Сопротивление обмотки добавочных полюсов	$R_{дп}$	0,000816 Ом
Сопротивление обмотки обмотки возбуждения	$R_в$	0,43 Ом
Сопротивление компенсационной обмотки	$R_{ко}$	0,00195 Ом
Падение напряжения на щёточном контакте	$\Delta U_щ$	2 В
Допустимые пульсации тока якоря	$i_{доп}$	7%

Регулирование скорости в диапазоне до 50 об/мин достигается изменением напряжения на якоре при $i_в$=const, в диапазоне от 50 до 90 об/мин - изменением тока возбуждения.

Конструктивное исполнение по способу монтажа - горизонтальное расположение вала, на лапах, с двумя коническими концами вала.

Двигатель имеет принудительную вентиляцию по разомкнутому циклу, коллектор открыт.

3.4 Расчет выбранного электродвигателя

Момент холостого хода принят равным (5-7)% от номинального момента двигателя и составляет $M_х$=50 кН·м.

Величины ускорения (a) и замедления (b) приняты равными:25об/мин/с.

При прокатке в клетях принято, что захват металла валками происходит при скорости захвата $n_з$, далее следует разгон двигателя с металлом в валках до скорости прокатки n и выброс металла валками на скорости выброса $n_в$, равной скорости захвата. Все расчеты произведены для наиболее тяжелой полосы проката

Д-50 из заготовки 320×380×3200 мм G=5000 кг. Проведём расчёт по следующим формулам:

Статический момент, приведенный к валу двигателя:

$$M_c = \frac{M_{пр.} + M_{пш}}{i \cdot \eta}, \quad кН \cdot м, \qquad (3.1)$$

где:

$M_{пр}$, кН·м – момент прокатки по схемам прокатки;

$M_{пш} = Pd$□, кН·м – момент трения в подшипниках валков;

i=1 - передаточное число редуктора;

P, кН – давление металла на валки;

μ=0,01 - коэффициент трения в подшипниках валков (подшипники с текстолитовыми вкладышами).

$\eta=\eta_1\cdot\eta_2\cdot\eta_3=0,96\cdot0,94\cdot0,99=0,89$ КПД привода. (3.2)

где:

$\eta_1=0,96$ – КПД шпинделя;

$\eta_2 = 0,94$ – КПД шестеренной клети;

$\eta_3 = 0,99$ – КПД моторной муфты.

Динамические моменты двигателя при разгоне до захвата заготовки:

$$M_{дин1} = \frac{J \cdot a}{9,55}, \quad кН \cdot м. \tag{3.3}$$

Динамический момент двигателя при разгоне после захвата заготовки:

$$M_{дин2} = \frac{J_{\Sigma} \cdot a}{9,55}, \quad кН \cdot м, \tag{3.4}$$

где:

J_{Σ} – суммарный момент инерции привода, включая момент инерции слитка, $J_{сл}$

$$J_{\Sigma} = J + J_{сл}, \quad кг \cdot м^2 \tag{3.5}$$

$$J_{сл} = \frac{m \cdot Di^2}{4}, \quad кг \cdot м^2, \tag{3.6}$$

где:

m, кг -масса слитк

Di, м – диаметр валков

Моменты двигателя при разгоне вхолостую, при разгоне с прокатом:

$M_{рх}=M_х+M_{дин1}$, кН·м; (3.7)

$M_р=M_с+M_{дин2}$, кН·м. (3.8)

Период разгона. Вследствие того, что статический момент определяется силами трения, он, - реактивный, а потому направлен против момента двигателя при трогании и против вращения, когда он вращается. В период ускорения момент двигателя положительный($M_д>0$), т.к. он направлен в сторону вращения, а статический – отрицательный($M_с<0$), т.к. он – реактивный.

При торможении вхолостую и торможении с прокатом соответственно:

$M_{тх}=M_{х.х}-M_{дин1}$, кН·м; (3.9)

$M_т=M_с–M_{дин2}$, кН·м. (3.10)

Период торможения. Двигатель изменяет направление момента, но, поскольку привод по инерции продолжает вращаться в ту же сторону, момент двигателя оказывается направленным против вращения, благодаря чему привод замедляется. При замедлении $M_д<0$ и $M_с<0$.

В тех ситуациях, где скорость прокатки выше номинальной, (при ослабленном поле двигателя), необходимо вычислить фиктивные моменты, для проверки двигателя по нагреву и загрузке. Для этого используется формула:

$$M' = M \frac{n}{n_н} \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (3.11)$$

где:

М, кН·м – момент на валу двигателя в данном пропуске.

Время разгона двигателя:

- до скорости захвата, с

$$t_{рх} = \frac{n_з}{a}. \quad (3.12)$$

- от скорости захвата, до номинальной частоты вращения двигателя, с

$$t_р = \frac{n_н - n_з}{a}. \quad (3.13)$$

- от номинальной частоты вращения двигателя до установившейся скорости прокатки, с

$$t_р' = \frac{n - n_н}{a} \quad (3.14)$$

Время торможения двигателя:

- от установившейся скорости прокатки до номинальной частоты вращения двигателя, с

$$t_Т' = \frac{n - n_н}{в} \quad (3.15)$$

- от номинальной частоты вращения до скорости выброса, с

$$t_Т = \frac{n_н - n_в}{в} \quad (3.16)$$

- от скорости выброса до остановки, с

$$t_{ТХ} = \frac{n_в}{в} \quad (3.17)$$

Длина раската, прокатанная при разгоне, установившейся скорости прокатки и торможении соответственно, м

$$S_Р = \frac{V_З + V}{2}(t_р + t_р') \quad (3.18)$$

$$S_У = L - (S_Р + S_Т) \quad (3.19)$$

$$S_Т = \frac{V_В + V}{2}(t_Т + t_Т') \quad (3.20)$$

где:

$V_З$, V и $V_В$ – линейные скорости валков при захвате металла, при прокатке и при торможении соответственно;

L, м – длина раската после данного пропуска.

Время прокатки при установившейся скорости прокатки, с:

$$t_y = \frac{S_y}{V} \tag{3.21}$$

По результатам расчётов построена тахограмма механизма обжимной клети (см рис.3.1).

Рассчитаем эквивалентный момент двигателя:

$$Mэ = \sqrt{\frac{\sum^{n} M_i^2 t_i}{t_ц}}\ кН \cdot м, \tag{3.22}$$

$$\sum^{n} M_i^2 t_i = M_{px}^2 t_{px} + M_p^2 t_p + M_p'^2 t_p' + M_c^2 t_y +$$

где: $+ M_c'^2 t_y' + M_T'^2 t_T' + M_T^2 t_T + M_{TX}'^2 t_{TX}' + M_{TX}^2 t_{TX}$ – сумма значений моментов для всех пропусков;

$t_ц = 34{,}28$ с – время цикла.

Рассчитаем загрузку двигателя по нагреву:

$$\frac{Mэ}{M_N} \cdot 100\% = \delta\% \tag{3.23}$$

где:

$M_Э$=616,5 кН·м;

M_N=850 кН·м – номинальный момент двигателя.

$$\frac{Mэ}{M_N} \cdot 100\% = \frac{616{,}5}{850} \cdot 100\% = 70.0\%$$

Вывод: при прокатке двигатель загружен по нагреву на 70%.

Загрузка двигателя по моменту:

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_н} < \lambda_{доп} \tag{3.24}$$

λ=1.36;

$\lambda_{доп}$=2.5.

Результаты расчетов приведены в таблицах 3.1, 3.2

Таблица 3.1 - Результаты расчётов тахограммы

Ускорение, об/мин/с	Замедление, об/мин/с	M_x, кНм	КПД, %	d	μ	i	J, $Тм^2$	M_N, кНм		
25	25	50	0,89	0,6	0,01	1	71,25	880		
P, кВт	$M_{пр}$, Нм	n_N, об/мин	$n_з$, об/мин	n, об/мин	$n_в$, об/мин	$n/n_н$	$V_з$, м/с	V, м/с	$V_в$, м/с	L, м
4650,00	690,00	50,00	15,00	52,00	52,00	1,04	0,52	1,80	1,80	4,80
4650,00	707,00	50,00	15,00	58,00	58,00	1,16	0,52	2,00	2,00	5,97
3840,00	640,00	50,00	15,00	59,00	59,00	1,18	0,55	2,20	2,20	7,20
3860,00	629,00	50,00	15,00	65,00	65,00	1,3	0,55	2,40	2,40	9,20
1490,00	125,00	50,00	15,00	69,00	69,00	1,38	0,56	2,60	2,60	9,50
$M_{пш}$, кНм	$M_с$, кНм	$M_{дин1}$, кНм	$M_{дин2}$, кНм	$M_{р.х}$, кНм	$M_р$, кНм	$M_{р.ф}$, кНм	$M_{с.ф}$, кНм	$M_{т.ф}$ кНм	$M_т$, кНм	$M_{т.х}$, кНм
27,9	806,6	186,5	188,6	236,5	995,2	1035,01	838,86	642,72	618,0	-136,5
27,9	825,7	186,5	188,6	236,5	1014,3	1176,04	957,81	739,04	637,1	-136,5
23,04	744,99	186,5	188,6	236,5	933,59	1101,64	879,09	656,54	556,39	-136,5
23,16	732,76	186,5	188,6	236,5	921,36	1197,77	952,51	707,41	544,16	-136,5
8,94	150,49	186,5	188,6	236,5	339,09	467,94	207,68	-52,59	-38,11	-136,5

Таблица 3.2 Результаты расчетов нагроузочной диаграммы

$t_{рх}$, с	$t_р$, с	$t_{р.вн}$, с	$t_{т.вн}$, с	$t_т$, с	$t_{тх}$, с	$S_р$, м	$S_т$, м	$S_у$, м	$t_у$, с	t_i, с
0,60	1,40	0,08	0,08	1,40	0,60	1,72	1,72	1,36	0,75	4,91
0,60	1,40	0,32	0,32	1,40	0,60	2,17	2,17	1,63	0,815	5,455
0,60	1,40	0,36	0,36	1,40	0,60	2,42	2,42	2,36	1,07	5,79
0,60	1,40	0,60	0,60	1,40	0,60	2,95	2,95	3,3	1,375	6,75
0,60	1,40	0,76	0,76	1,40	0,60	3,41	3,41	2,68	1,03	6.55
$t_{раб}$, с	29,28	$t_{пауз}$, с	5	$t_ц$, с	34,28					
$t_{рх}·M_{рх}^2$	$t_р·M_р^2$	$t_{р.вн}·M_{р.ф}^2$	$t_у·M_{с.ф}^2$	$t_{т.вн}·M_{т.ф}^2$	$t_т·M_х^2$	$t_{тх}·M_{тх}^2$	$\Sigma M_i^2·t_i$	$M_э$, кНм	δ	λ
33559,35	1386592,3	85699,66	527764,5	33047,1	534693,6	11179,3	2612535,8	616,5	70,0	1,36
33559,35	1440326,3	442996,5	747680,99	174777,6	568254,9	11179,3	3418774,9			
33559,35	1220226,4	436899,8	826895,17	155176,1	433397,8	11179,3	3117333,9			
33559,35	1188465,9	860791,8	1247503,5	300257,3	414554,1	11179,3	4056311,2			
33559,35	160974,8	166415,6	44424,9	2101,9	2033,3	11179.3	420689,15			

3.5 Выбор преобразовательного агрегата

При выборе преобразователя определяющими параметрами являются его номинальное выпрямленное напряжение U_{dN} и номинальный выпрямленный ток I_{dN}, которые должны соответствовать номинальному напряжению двигателя U_N и номинальному току двигателя I_N. Причем выбирается $U_{dN} > U_N$ на 5-10%, что обеспечивает необходимый запас на регулирование скорости и на безопасное ивертирование при снижении напряжения питающей сети.

Факторы, влияющие на выбор преобразователя:

- Возможность размещения электрического и другого связанного с ним оборудования на имеющихся площадях с минимальными строительными работами;
- Возможность подключения агрегата к существующей сети электроснабжения и соблюдение норм качества электроэнергии по ГОСТ13109-87;
- Стоимость электрооборудования.

Для питания прокатного двигателя можно применить две системы: Генератор постоянного тока – двигатель (Г-Д) и тиристорный преобразователь – двигатель (ТП-Д).

Преобразовательный агрегат Г-Д в современном исполнении представляет собой двух- или трёхмашинный агрегат, состоящий из гонного синхронного двигателя и одного или двух генераторов постоянного тока с тиристорным возбуждением синхронного двигателя и генераторов.

Применение синхронного двигателя с тиристорным регулятором возбуждения позволяет обеспечивать регулирование реактивного тока в узле нагрузки и напряжения на шинах 6 кВ с целью уменьшения колебаний этого напряжения. Применение при этом тиристорного возбуждения генераторов позволяет получить современный достаточно динамичный привод с сохранением хороших энергетических показателей системы электроснабжения (или даже улучшением).

Однако, система Г-Д имеет известные недостатки по сравнению со статическими преобразователями, главными из которых следует считать:

- Сравнительно низкий КПД преобразовательного агрегата и, как следствие, сложную систему вентиляции электрических машин с большим расходом воздуха и воды;
- Наличие коллекторов, требующих тщательного ухода;
- Трудности по резервированию электрических машин преобразовательного агрегата;
- Необходимость строительства мощных фундаментов под многотонные машины.

Альтернативой этому варианту служит система ТП-Д. Следует сразу отметить, что с точки зрения комплектности поставки, возможности размещения оборудования в машинном зале этот вариант предпочтительней.

Однако серьёзным недостатком системы ТП-Д является ухудшение качества напряжения на шинах 6 кВ ГПП. Работа регулируемых тиристорных преобразователей в условиях резко переменной нагрузки сопровождается значительными бросками реактивной мощности, что вызывает колебания напряжения на шинах ГПП и вредно сказывается на работе других потребителей. Коммутация тиристоров агрегата вызывает мгновенные искажения формы питающего напряжения, что отрицательно сказывается на работе соседних токоприёмников. Величина искажений оценивается величиной высших гармонических составляющих напряжения и не должна превышать на шинах 6 кВ 4% от амплитуды основной гармоники.

Для уменьшения вредного влияния на питающую сеть и снижения уровня гармоник как в питающей сети, так и в цепи постоянного выпрямленного тока, мощные тиристорные агрегаты главных приводов выполняются по эквивалентной 12 фазной схеме выпрямления.

Таким образом, исходя из номинальных данных двигателя, рассчитанной нагрузочной диаграммы и требований к электроприводу выбираем комплектный тиристорный электропривод серии ТВР4:

ТВР4-6300/1050Т2-Р2.08.1-УХЛ4

Состав агрегата:

- Преобразовательная установка 2УПР-6300, включающая в себя вентильные секции, шкаф защиты и сигнализации, шкаф со стойкой управления СИФУ и шкаф САР-08;
- Два сглаживающих реактора ТРОС-2500УХЛ4;
- Два выключателя автоматических ВАТ-42-6300/1ОЛА-У3;
- Трансформатор ТРДТП 12500/10У2;
- Два теплообменника ТВКФ-150УХЛ4 с подпиточными агрегатами АП-5.

Для питания обмотки возбуждения применяется тиристорный преобразователь КТЭ-500/440-01Р-00-00000-УХЛ4.

Таблица 3.3 - Характеристика агрегата

Характеристика	Значение	Ед. изм.
1. Преобразователь ТВР4-6300/1050Т2-Р2.08.1-УХЛ4		
1.1 Номинальный ток преобразователя	6300	А
1.2 Номинальное напряжение преобразователя	1050	В
1.3 Число тиристоров в плече	24	Шт.
1.4 Расход воды на охлаждение	25	$М^3$/час
1.5 Напряжение питания	6000	В
1.6 Тактность схемы выпрямления	6	
1.7 Падение напряжения на вентилях	2	В

1.8 Угол восстановления запирающих свойств тиристора	12	Эл. град.
2. Трансформатор ТРДТП 12500/10У2		
2.1 Группа соединения	△/△△YY-0-11	
2.2 Вторичное напряжение линейное	899	В
2.3 Напряжение короткого замыкания	5,6	%
2.4 Потери короткого замыкания	65000	Вт
2.5 Ток выпрямленный номинальный	8000	А
2.6 Ток вентильной Обмотки номинальный	1630×4	А
2.7 Мощность (сетевая обмотка)	9830	кВА
3. Сглаживающий реактор ТРОС-2500УХЛ4		
3.1 Номинальный ток	4000	А
3.2 Индуктивность	0.5	МГн
4. Преобразователь возбуждения КТЭ-500/440-01Р-00-00000-УХЛ4		
4.1 Напряжение питания	380	В
4.2 Напряжение выпрямленное номинальное	460	В
4.3 Ток выпрямленный номинальный	500	А
4.4 Тактность схемы выпрямления	6	
4.5 Падение напряжения на вентилях	2	В
5. Сетевой реактор РСТ-410/0.101		
5.1 Индуктивность	0.101	мГн

Комплектный тиристорный электропривод сохраняет свои номинальные параметры при изменении напряжения питающей сети 6 кВ на +10 или-15 %, изменение частоты питающей сети ±1 Гц.

Электропривод предназначен для работы в закрытых стационарных помещениях при отсутствии непосредственного воздействия солнечной радиации; окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, не насыщенная

токопроводящей пылью и водяными парами; содержание не токопроводящей пыли не более 0,7 мг/м^3. В части воздействия механических факторов соответствует группе условий эксплуатации М2 по ГОСТ 17516-72.

Электропривод имеет следующие виды защит:

- от выхода из строя тиристоров при внешних и внутренних коротких замыканиях, открывании тиристоров в неработающей группе, опрокидывании инвертора;
- от перенапряжений в тиристорах;
- от снижения тока двигателя ниже допустимого;
- от перенапряжения на якоре двигателя;
- от превышения скорости двигателя;
- от включения ТП на вращающийся двигатель;
- от нарушения изоляции элементов силовой цепи.

3.6 Определение параметров якорной цепи

Активное сопротивление якорной цепи приведенное к рабочей температуре:

$$R_{ЯЦ} = k_t (R_Я + R_{ДП} + R_{КО}) = 1{,}34 \cdot (0{,}00272 + 0{,}000816 + 0{,}00195) = 0{,}0055\ Ом, \quad (3.25)$$

где $k_t = 1{,}34$ - коэффициент, учитывающий изменение сопротивления при нагреве до рабочей температуры 85 ^oC

Эквивалентное сопротивление тиристорного преобразователя с учетом активного сопротивления трансформатора:

$$R_{ТП} = \frac{3}{\pi} \cdot X_T + \frac{7}{4} R_T = \frac{3}{3{,}14} \cdot 0{,}071 + \frac{7}{4} \cdot 0{,}0082 = 0{,}082\ Ом, \quad (3.26)$$

$X_T = \frac{U_{2Я} \cdot e_{кя} \cdot 4}{\sqrt{3} \cdot I_{2ФЯ} \cdot 100} = \frac{899 \cdot 5{,}6 \cdot 4}{\sqrt{3} \cdot 1630 \cdot 100} = 0{,}071\ Ом$ – реактивное сопротивление вентильной обмотки трансформатора, соединенной в звезду;

$R_T = \frac{P_K}{3 \cdot (I_{2ФЯ} / 4)^2} = \frac{65000}{3 \cdot 1630^2} = 0{,}0082\ Ом$ – активное сопротивление трансформатора, приведенное к вторичной обмотке;

Индуктивность якоря двигателя:

$$L_я = 0{,}1 \cdot \frac{U_N}{I_N} \cdot \frac{30}{p \cdot \pi \cdot n_N} = 0.1 \cdot \frac{850}{5780} \cdot \frac{30}{7 \cdot \pi \cdot 50} = 0.401\ мГн. \quad (3.27)$$

Эквивалентные параметры главной цепи

$$R_Э = R_{ЯЦ} + \frac{R_{ТП}}{4} = 0{,}0055 + \frac{0{,}082}{4} = 0{,}026\ Ом. \quad (3.28)$$

$$L_Э = \frac{L_{СР}}{2} + L_Я = \frac{0{,}5}{2} + 0{,}401 = 0{,}651\ мГн. \quad (3.29)$$

Электромагнитная постоянная времени главной цепи:

$$T_Э = \frac{L_Э}{R_Э} = \frac{0{,}651}{0{,}026} = 0{,}025\,c. \quad (3.29)$$

Электромеханическая постоянная времени:

Номинальная ЭДС двигателя:

$$E_N = U_N - I_N \cdot R_{ЯЦ} - \Delta U_{Щ} = 850 - 5780 \cdot 0{,}0055 - 2 = 816\,B. \quad (3.30)$$

$$T_M = \frac{J_\Sigma \cdot R_Э}{(C)^2} = \frac{71250 \cdot 0{,}026}{155.8^2} = 0{,}076\,c,$$

где:

$$C = \frac{E_N}{\varpi_N} = \frac{816{,}0}{5{,}24} = 155{,}8\ B \cdot c.$$

3.7 Анализ динамических свойств электромеханического преобразователя как объекта управления

Для анализа динамических свойств системы с линеаризованной механической характеристикой используем структурную схему, показанную на рис. 1:

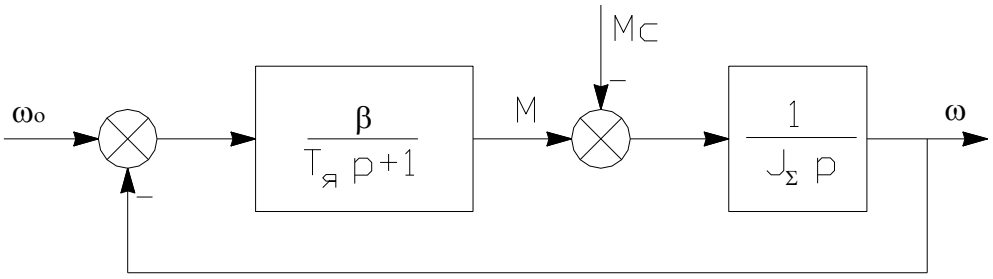


Рисунок 1 - Структурная схема электромеханического преобразователя.

Проведём исследование этой модели в программном комплексе Matlab 6.0 в пакете simulink. Для этого необходимы следующие данные:

- $T_я = T_э = 0.025$с - электромагнитная постоянная времени главной цепи;
- $\beta = \frac{C^2}{R_э} = \frac{155{,}8^2}{0{,}026} = 0{,}934 \cdot 10^6 \quad Н \cdot м \cdot с$ - жёсткость механической характеристики;
- $J_\Sigma = 71250$ Н·м^2 – момент инерции системы суммарный

Вывод

Выбираем двигатель постоянного тока металлургической серии П23, который предназначен для электроприводов прокатных станов и других механизмов, требующих высокой перегрузочной способности и эксплуатации в тяжёлых условиях.

Двигатель выбирается так же из требований места расположения, конструктивных особенностей, охлаждения. Должны учитываться особенности окружающей среды: температура, влажность, пыльность.

4 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ САР

4.1 Общие положения

Электродвигатель и преобразователь, представляющие собой силовую часть электропривода, являются объектом регулирования в системе автоматического управления. К объекту регулирования относятся также измерительные элементы (датчики), от которых в цепь обратной связи поступает информация о фактических величинах тока, напряжения, ЭДС, магнитного потока, скорости и т.д.

Объект регулирования не способен самостоятельно поддерживать заданные параметры на желаемом уровне при возмущающих воздействиях (изменении нагрузки на валу электродвигателя, колебаниях напряжения питающей сети и др.). Он не может обеспечить необходимые законы изменения параметров в переходных режимах, как, например: изменение скорости с заданным ускорением, ограничение скорости, ускорения, силы тока и интенсивности его нарастания и др. Для компенсации влияния возмущений и управления электроприводом по заданному закону требуется специальное воздействие на объект регулирования. Такое воздействие называется управляющим и вырабатывается автоматическим управляющим устройством (регулятором). Таким образом, САУ состоит из объекта регулирования и регулятора.

Любая замкнутая САУ должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- система должна быть устойчивой;
- погрешность в установившемся режиме не должна превышать заданной;
- система должна обеспечивать необходимое качество переходных процессов (быстродействие, величину перерегулирования, число колебаний и др.).

При сложных структурах объекта регулирования, большом числе регулируемых параметров и высоких требованиях к качеству регулирования широкое распространение получили системы подчинённого регулирования с последовательной коррекцией.

4.2 Структура системы управления приводом

Система двухзонного регулирования скорости используется при необходимости регулирования, как до номинальной, так и выше номинальной скорости - т.е. двухзонное регулирование машин постоянного тока имеет целью расширение диапазона регулирования электропривода при фиксированной мощности электродвигателя. Составной её частью является система регулирования, замкнутая по скорости и воздействующая на напряжение якоря двигателя.

Структурно она содержит два контура: внутренний - регулирования тока якоря и внешний - регулирования скорости вращения двигателя. Контур регулирования тока якоря содержит датчик (измеритель) тока ДТ, регулятор тока РТ, управляющий тиристорным преобразователем ТП, и якорную цепь электродвигателя. Составными частями контура регулирования скорости являются датчик (измеритель) скорости ДС, регулятор скорости РС и оптимизированный токовый контур. Для исключения установившейся ошибки по возмущению САР скорости делают двукратноинтегрирующей. Это несколько снижает быстродействие системы. Но в данном случае это допустимо.

Другой составляющей системы двухзонного регулирования является система регулирования возбуждения. Она состоит из регуляторов тока возбуждения и ЭДС. Контур тока возбуждения замкнут и содержит датчик тока возбуждения. Установленный в цепи возбуждения. В контуре регулирования ЭДС вместо непосредственно датчика ЭДС есть вычислитель ЭДС. На него поступают сигналы тока и напряжения якоря.

Расчет параметров САР

4.3 Основные положения

Для реализации системы управления на программно-логическом контроллере SIMADIN D, необходимо рассчитать все элементы и параметры системы управления. Также нужно промоделировать систему, чтобы иметь представление о том, как будет отрабатывать в привод задание и исключить возможные ошибки.

4.4 Базовые величины

Базовые величины по цепи якоря:

- Базовое напряжение силовой части $U_б = E_N = 816\ B.$
- Базовый ток силовой части $I_б = I_N = 5780\ A.$
- Базовое сопротивление силовых цепей:
  $R_б = U_б / I_б = 880 / 7590 = 0{,}141\ Ом.$
- Угловая скорость $\varpi_б = \varpi_N = 5{,}24\ рад/с.$
- Базовое напряжение цепи управления $U_{бр} = U_{у.ном} = 10\ B.$

Базовые величины по цепи возбуждения:

- Базовый ток возбуждения $I_{бВ} = I_{BN} = 320\ A.$
- Базовое сопротивление цепей возбуждения $R_{бВ} = R_B^{'} = 0{,}547\ Ом.$
- Базовое напряжение возбуждения $U_{бВ} = I_{бВ} \cdot R_{бВ} = 358 \cdot 0{,}255 = 175\ B.$
- Базовый поток возбуждения $\Phi_б = \Phi_N = 0{,}84\ Вб.$
- Базовое время $T_б = 1\,c\ (принято).$
- Базовый угол $\Theta_б = \varpi_б \cdot T_б = 5{,}24 \cdot 1 = 5{,}24\ рад.$
- Базовое потокосцепление $\Psi_б = \Psi_{mN} = 588\ Вс.$

- Базовая постоянная времени цепи возбуждения:

$$T_{б.В} = \frac{\Psi_{mN}}{U_{бВ}} = \frac{588}{175} = 3.36\,с. \quad (4.1)$$

- Базовая индуктивность цепи возбуждения:

$$L_{б.В} = \frac{\Psi_{б.В}}{I_{б.В}} = \frac{588}{320} = 1.838\,Гн. \quad (4.2)$$

- Базовое напряжение регулирования $U_{бр}$=10%

4.5 Расчёт параметров объектов регулирования

Эквивалентное активное сопротивление якорной цепи в о.е.:

$$r_{Э} = \frac{R_{Э}}{R_{б}} = \frac{0{,}026}{0{,}141} = 0{,}184 \quad (4.3)$$

Коэффициент передачи тиристорного преобразователя в о.е.:

$$k_{П} = \frac{K_{ТП}}{U_{б}} = \frac{121.47}{816} = 0{,}149 \quad (4.4)$$

Необходимое напряжение для питания преобразователя возбуждения:

$$U_{лВ} = U_{В} \cdot \frac{K_{r} \cdot K_{\alpha}}{K_{c} \cdot K_{e}} = 380 \cdot \frac{1{,}1 \cdot 1}{0{,}9 \cdot 1{,}35} = 422\,В. \quad (4.5)$$

где: K_{r} - коэффициент запаса по напряжению, учитывающий падение напряжения на обмотках трансформатора и в вентилях;

K_{α} - коэффициент запаса по напряжению, учитывающий неполное открытие вентилей при максимальном сигнале;

K_{c} - коэффициент запаса по напряжению, учитывающий возможное понижение напряжения в питающей сети.

Напряжение условного холостого хода преобразователя возбуждения:

$$E_{d0B} = K_{e} \cdot U_{л} = 1{,}35 \cdot 422 = 513\,В. \quad (4.6)$$

Коэффициент передачи преобразователя возбуждения:

$$K_{ТПП} = \frac{\pi \cdot E_{d0B}}{2U_{у.мах}} = \frac{3{,}14 \cdot 513}{2 \cdot 10} = 134{,}3 \quad (4.7)$$

Коэффициент передачи преобразователя возбуждения в относительных единицах:

$$k_{ПВ} = \frac{K_{ТПВ}}{U_{бВ}} = \frac{134{,}3}{175} = 0.767 \quad (4.8)$$

Эквивалентная постоянная времени якорной цепи в мс:

$$T_{э} = \frac{L_{э}}{R_{э}} = \frac{0.651}{0.026} = 25\,мс. \quad (4.9)$$

Электромеханическая постоянная времени при номинальном потоке с:

$$T_м = \frac{J_\Sigma \cdot R_э}{C^2} = \frac{71.25 \cdot 10^3 \cdot 0.026}{155.8^2} = 76\ мс. \quad (4.10)$$

Механическая постоянная времени с:

$$T_j = J_\Sigma \cdot \frac{\varpi_N}{M_N} = 71.25 \cdot \frac{5{,}24}{880} = 0{,}424\ с. \quad (4.11)$$

Некомпенсируемая постоянная времени T_μ, входящая в передаточные функции регуляторов и определяющая быстродействие САР, является "базовой" при расчёте параметров контура тока. Целесообразно выбирать возможно более высокое быстродействие контура тока. При этом уменьшаются выбросы тока при внезапном стопорении двигателя, статизм контура тока вследствие влияния ЭДС двигателя, уменьшается влияние колебаний напряжения питающей сети на параметры контура тока, сокращается время прохождения зоны нечувствительности в характеристике преобразователя с раздельным управлением, уменьшается влияние режима прерывистых токов (РПТ) на динамику электропривода.

В тоже время существует нижняя граница T_μ, обусловленная влиянием дискретности преобразователя. По условиям устойчивости в малом для ТП по трёхфазной мостовой схеме

$$T_\mu = \frac{\pi}{2 \cdot m \cdot \varpi_C} = \frac{1}{4 \cdot m \cdot f_C} = \frac{1}{4 \cdot \cdot 6 \cdot 50} = 0{,}83 \cdot 10^{-3}\ \text{с} \quad (4.12)$$

Чтобы САР была работоспособной, необходим определённый запас устойчивости. Достаточно двукратного запаса и постоянная времени T_μ может быть принята для ТП по трёхфазной мостовой схеме:

$$T_\mu = \frac{1}{2 \cdot m \cdot f_C} = \frac{1}{2 \cdot \cdot 6 \cdot 50} = 1{,}67 \cdot 10^{-3}\ \text{с} \quad (4.13)$$

Выбор T_μ выше этого уровня обеспечивает необходимые условия представимости модели преобразователя безынерционным усилительным звеном в режиме непрерывных токов (РНТ).

При расчёте параметров регулятора тока в реальных системах регулирования задаются величиной T_μ в пределах 0,004...0,01 с. Нижняя граница относится к преобразователям с безынерционной СИФУ.

Принимаем Tμ=0.005с и $T_ф^0$=0.005с.

ф

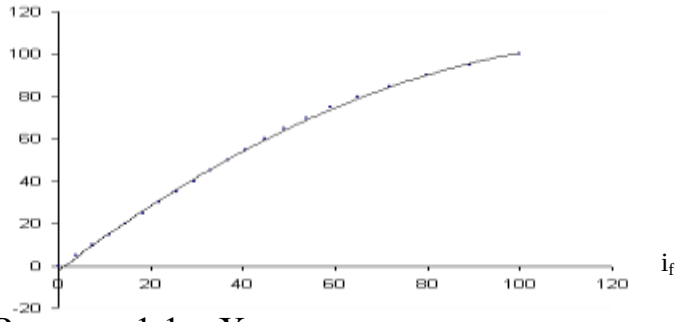


Рисунок 1.1 – Характеристика намагничивания

Индуктивность обмотки возбуждения, обусловленная главным потоком машины в о.е.:

$$l_m^{\circ} = \frac{\Delta\Psi_m}{\Lambda I_m} = \frac{0.75 - 0.70}{0.589 - 0.536} = 0{,}94 \quad (4.14)$$

Индуктивность рассеяния обмотки возбуждения в о.е.:

$$l_m^{\sigma} = \frac{d\Psi_{\sigma}}{di_B} = \frac{0.14}{1} = 0{,}14 \quad (4.15)$$

Суммарная индуктивность обмотки возбуждения в о.е.:

$$l_B^{\circ} = l_m^{\circ} + l_m^{\sigma} = 0{,}94 + 0{,}14 = 1{,}04 \quad (4.16)$$

Сопротивление обмотки возбуждения в относительных единицах:

$$r_B = R_B^{'} / R_{б.B} = 0{,}547 / 0{,}547 = 1 \quad (4.17)$$

Сопротивление контура вихревых токов в относительных единицах:

$$r_{B.T} = R_{BT} / R_{б.B} = 5{,}47 / 0{,}547 = 10 \quad (4.18)$$

Постоянные времени цепей схемы замещения при номинальном потоке:

$$T_B^{\sigma} = T_{б.B} \cdot \frac{l_m^{\sigma}}{r_B} = 3{,}36 \cdot \frac{0{,}14}{1} = 0{,}474 \text{ с} \quad (4.19)$$

$$T_{BT}^{\circ} = T_{б.B} \cdot \frac{l_m^{\circ}}{r_{BT}} = 3{,}36 \cdot \frac{0{,}94}{10} = 0{,}316 \text{ с} \quad (4.20)$$

$$T_B^{\circ} = T_{б.B} \cdot \frac{l_B^{\circ}}{r_B} = 3{,}36 \cdot \frac{1{,}04}{1} = 3{,}494 \text{ с} \quad (4.21)$$

Постоянные времени T_{1B}° и T_{2B}° найдем как:

$$T_{1,2B}^{\circ} = \frac{T_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{T_1}{2}\right)^2 - T_2^2} \quad (4.22)$$

$$T_1 = T_{BT}^{\circ} + T_B^{\circ} = 0{,}316 + 3{,}494 = 3{,}81 \text{ с} \quad (4.23)$$

$$T_2 = \sqrt{T_{BT}^{\circ} \cdot T_B^{\sigma}} = \sqrt{0{,}316 \cdot 0{,}474} = 0{,}387 \text{ с} \quad (4.24)$$

$T_{1B}^{\circ} = 3{,}77 \ \ c, \qquad T_{2B}^{\circ} = 0{,}04 \ \ c.$

4.6 Разработка и моделирование САР тока

Рассмотрим контур тока якоря. Функциональная схема контура тока показана на рис. 4.3 Проведём расчёт некоторых необходимых параметров.

Напряжение на выходе датчика тока при $i_{откл}$ (принято):

$U_{ДТ.MAX} = U_{бр} = 10 \ B.$

Коэффициент передачи датчика тока абсолютный:

$$K_{ДТ} = \frac{U_{ДТ\,MAX}}{I_{ЯN}} = \frac{10}{5780} = 0{,}00173 \ B / A. \quad (4.25)$$

Коэффициент передачи датчика тока в о.е.:

$$k_{ДГ} = K_{ДГ} \cdot \frac{I_б}{U_{бр}} = 0{,}00173 \cdot \frac{5780}{10} = 1 \qquad (4.26)$$

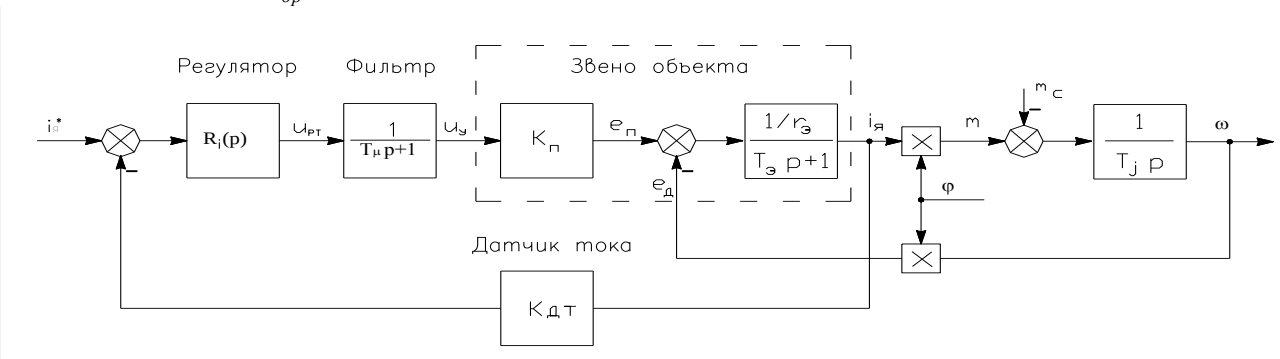


Рисунок 4.3 - Структурная схема контура тока.

Используем упрощенную схему контура тока – рис. 4.4. При этом, предположим, что e_g=0.

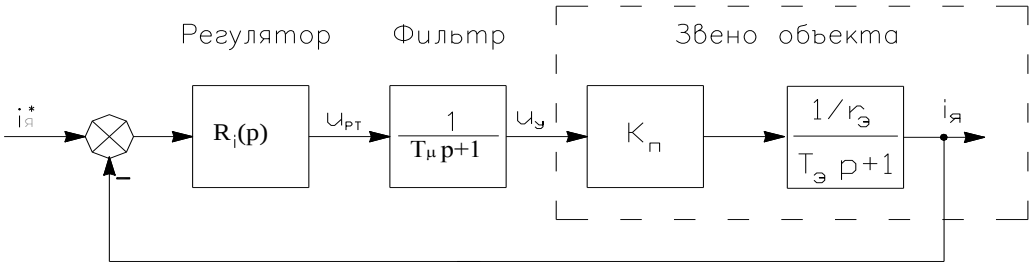


Рисунок 4.4 - Упрощенная структурная схема контура тока.

$T_μ$=0.005 с;

Постоянная времени контура тока:

T_i=2·$T_μ$=2·0.005=0,01 с - настройка на модульный оптимум.

$$W_i(p) = \frac{k_П / r_Э}{T_Э p + 1} = \frac{0{,}149 / 0{,}184}{0{,}025p + 1} = \frac{0{,}81}{0{,}025p + 1};$$

$$R_i(p) = W_i^{-1}(p) \cdot \frac{1}{T_i p} = \frac{T_Э p + 1}{\frac{k_П}{r_Э} \cdot T_i p} = \frac{0{,}025p + 1}{0{,}0081p} = 3{,}09 + \frac{1}{0{,}0081p}$$ - "ПИ"- регулятор,

где: $K_{РТ}$=3,09– коэффициент усиления регулятора тока,

$T_{РТ}$=0,0081с – постоянная времени регулятора тока;

Передаточная функция разомкнутого контура:

$$G_i(p) = R_i(p) \cdot Ф(p) \cdot W_i(p) = \frac{1}{2 \cdot T_μ p \cdot (T_μ p + 1)};$$

Передаточная функция замкнутого контура:

$$Ф_i(p) = \frac{G_i(p)}{1 + G_i(p)} = \frac{1}{2 \cdot T_μ{}^2 p^2 + 2 \cdot T_μ p + 1} = \frac{1}{0.00005p^2 + 0.01p + 1};$$

Промоделируем контур тока в пакете Matlab 6.0. Результаты представлены на рис. 4.5 – 4.7.

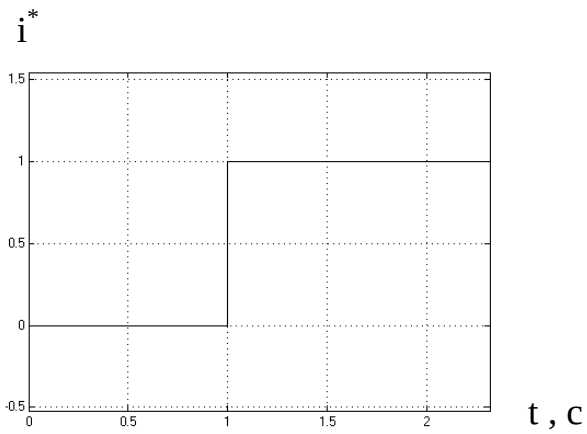


Рисунок 4.5 - Управляющее воздействие.

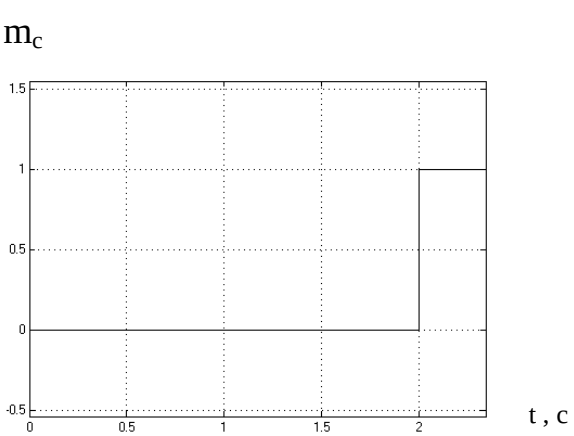


Рисунок 4.6 - Возмущающее воздействие.

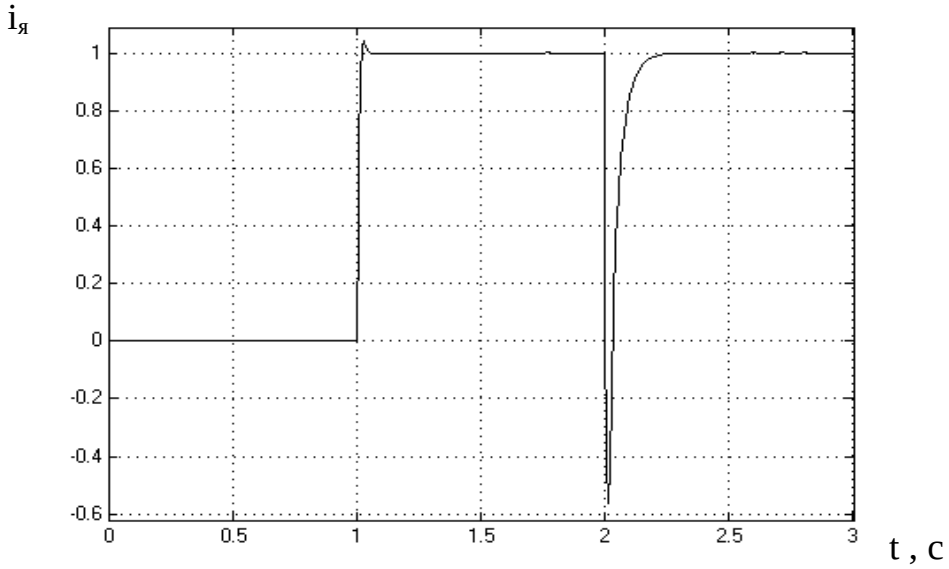


Рисунок 4.7 - Реакция контура тока на управляющее и возмущающее воздействия.

4.7 Учет влияния ЭДС якоря двигателя

До сих пор не учитывалось влияние ЭДС. Это возможно только при не существенном влиянии ЭДС вращения на контур тока. Воспользуемся одним из методов оценки влияния ЭДС вращения.

Данный способ основан на оценке влияния ЭДС двигателя на характеристики системы регулирования. ЭДС вращения двигателя не будет оказывать существенного влияния на качество регулирования при условии $T_M >> T_{\square}$. На практике используется уточненное неравенство $T_M >> 20 \cdot T_{\square}$:

$T_M = 0.076$ с; $20 \cdot T_{\square} = 20 \cdot 0.005 = 0.1$ с; $0.076 > 0.1$ – неравенство не выполняется. Следовательно, влияние ЭДС существенно, и им нельзя пренебречь. При таких параметрах система, в которой не учитывается влияние ЭДС, не позволяет в полной мере использовать возможности двигателя. Требуется компенсация ЭДС якоря.

На практике используется схема с компенсирующим элементом, ЗКЭ – звеном компенсации ЭДС вращения. Компенсационный сигнал с выхода регулятора тока переносится на его вход. Схема регулятора тока с компенсацией ЭДС вращения приведена на Рис. 4.8

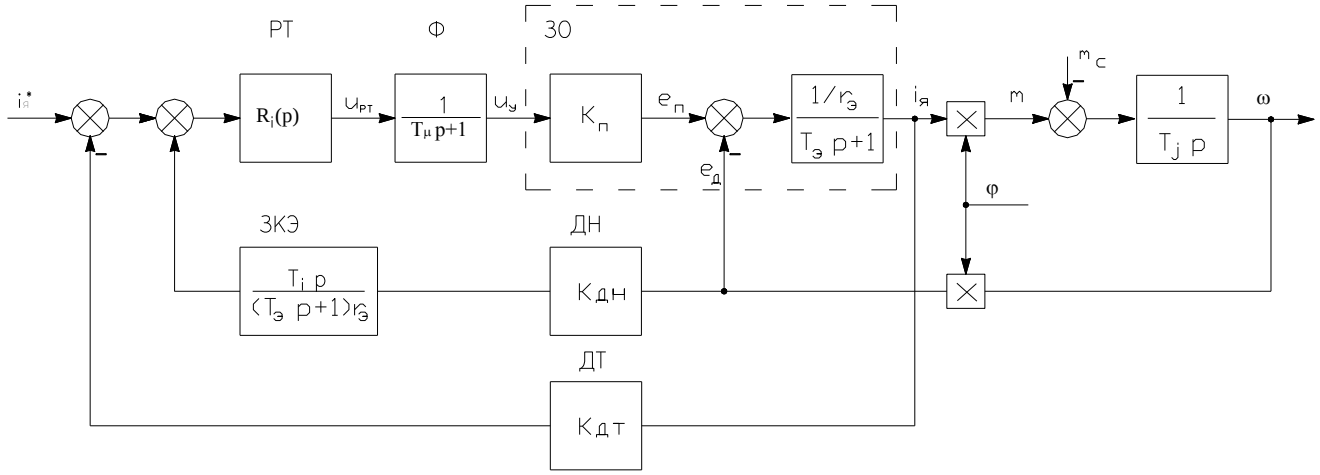


Рисунок 4.8 - Структурная схема контура тока с компенсацией ЭДС.

Коэффициент передачи датчика напряжения в о.е.:

$\kappa_{ДН} = 1$;

Рассчитаем передаточную функцию ЗКЭ:

$$R_{ЗКЭ}(p) = \frac{T_i p}{r_э \cdot (T_э p + 1)} = \frac{0{,}054 p}{0{,}025 p + 1};$$

4.8 Разработка и моделирование САР скорости

В зависимости от технологических требований, предъявляемых к электроприводу, контур регулирования скорости выполняют однократно интегрирующим (ОИ) или двукратно интегрирующим (ДИ).

Однократно интегрирующий контур обладает астатизмом первого порядка - является астатическим по управляющему воздействию и статическим по возмущающему воздействию.

Двукратно интегрирующий контур обладает астатизмом второго порядка - является астатическим как по управляющему, так и по возмущающему воздействиям. ДИ контур содержит интегрирующее звено как в регуляторе тока (ПИ-РТ), так и в регуляторе скорости (ПИ-РС).

Системы регулирования с двукратно интегрирующим контуром скорости применяют при жёстких требованиях к точности поддержания скорости при изменении нагрузки.

Таким образом, исходя из требований, предъявляемых к системе управления приводом, выбираем двукратно интегрирующий контур скорости.

Выберем датчик скорости. Устройства задания и измерения скорости, а также формирования сигнала об отклонении скорости совместно образуют систему

обработки информации о скорости движения электропривода. Наиболее простыми системами обработки являются аналоговые системы.

В качестве датчиков скорости в комплектных тиристорных электроприводах, как правило, используются тахогенераторы постоянного или переменного тока. Тахогенераторы переменного тока в большинстве случаев применяются для нереверсивных электроприводов, так как при изменении направления вращения в реверсивных электроприводах необходимо изменение полярности выходного напряжения тахогенератора, что требует использования достаточно сложной логической схемы.

Наибольшее распространение получили тахогенераторы постоянного тока серии ТП и тахогенераторы переменного тока серии ТТ.

В качестве датчиков частоты вращения принимаем тахогенераторы постоянного тока ТП212-0,133-0,5-IM1082-УХЛ2 с параметрами:

номинальная частота вращения	n_N=1500 об/мин;
номинальная крутизна выходного напряжения	0,133 В/об/мин;
номинальное напряжение	U_N=200 В;
номинальное сопротивление нагрузки	R_N=2,1 кОм;
нелинейность выходной характеристики	$\pm$0,5%
асимметрия выходной характеристики	$\pm$0,1%
уровень оборотных пульсаций при n_N	0,1%

В качестве датчиков положения в аналоговых системах управления используют в основном сельсины типов БД 160А или БД 404А с питанием их напряжением повышенной частоты 400 или 1000 Гц.

Коэффициент передачи датчика скорости абсолютный [11]:

$$K_{ДС} = \frac{U_{бр}}{\Omega_N} = \frac{10}{5.24} = 1.91\,B/A \qquad (4.27)$$

Коэффициент передачи датчика скорости в о.е.:

$$k_{ДС} = K_{ДС} \cdot \frac{\Omega_б}{U_{бр}} = 1.91 \cdot \frac{5.24}{10} = 1 \qquad (4.28)$$

Структурная схема контура скорости приведена на рис. 4.9.

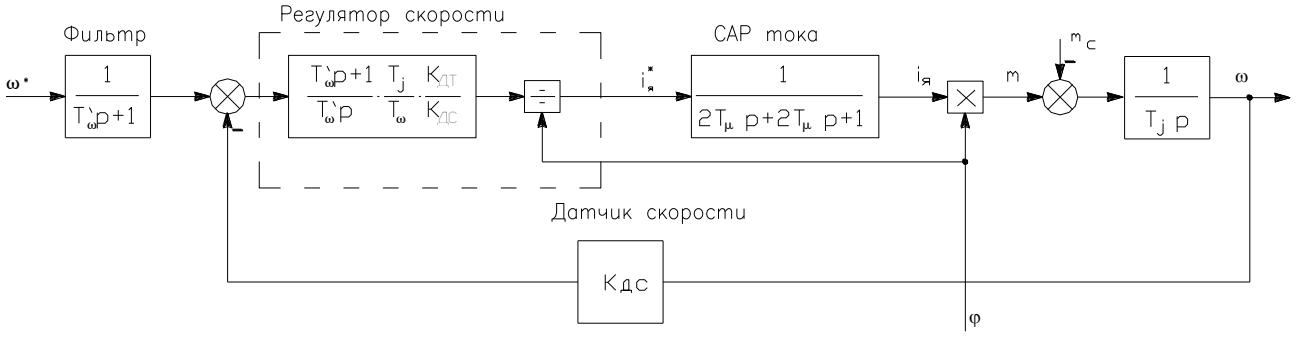


Рисунок 4.9 - Структурная схема контура скорости.

T_μ = 0.005 с;

Постоянная времени контура скорости:

$T_\omega=2\cdot T_i=4\cdot T_\mu=4\cdot 0.005=0{,}02$ с - настройка на модульный оптимум;

Постоянная времени фильтра контура скорости:

$T_\omega`=2\cdot T\cdot_\omega= 8\cdot T_\mu=8\cdot 0{,}005=0{,}04$ с.

Рассчитаем передаточную функцию регулятора скорости:

$$R_\omega(p)=\frac{T_\omega` p+1}{T_\omega` p}\cdot\frac{T_j}{T_\omega}\cdot\frac{K_{ДТ}}{K_{ДС}}\cdot\frac{1}{\varphi}=\frac{0{,}04p+1}{0{,}04p}\cdot\frac{0{,}424}{0{,}02}\cdot\frac{1}{1}\cdot\frac{1}{\varphi}=\frac{0{,}04p+1}{0{,}00189p}\cdot\frac{1}{\varphi}=$$

$$=21{,}2+\frac{1}{0{,}00189p}\cdot\frac{1}{\varphi}$$

- нелинейный регулятор,

где: $K_{РС}=21{,}2$ – коэффициент усиления регулятора скорости,

$T_{РС}=0{,}00189$ с – постоянная времени регулятора скорости;

Нужно заметить, что при проектировании регулятора скорости, последний получился нелинейным. Это нелинейность типа деления. Она получается вследствие того, что применяется двухзонная система регулирования, подразумевающая регулирование потока. Поэтому, мы не можем использовать при синтезе регулятора поток как константу, и обязаны учесть его изменение.

Промоделируем контур скорости в пакете Matlab 6.0. При моделировании предположим, что поток постоянен и равен номинальному значению. Результаты представлены на рис. 4.10 – 4.12

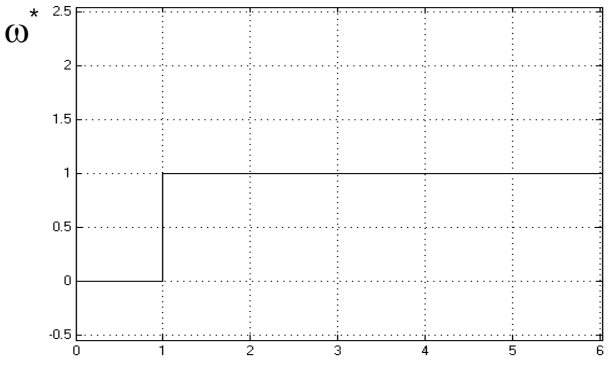


Рисунок 4.10 – Управляющее воздействие.

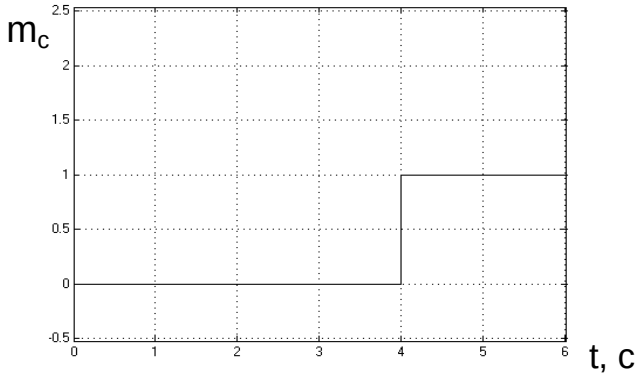


Рисунок 4.11 - Возмущающее воздействие.

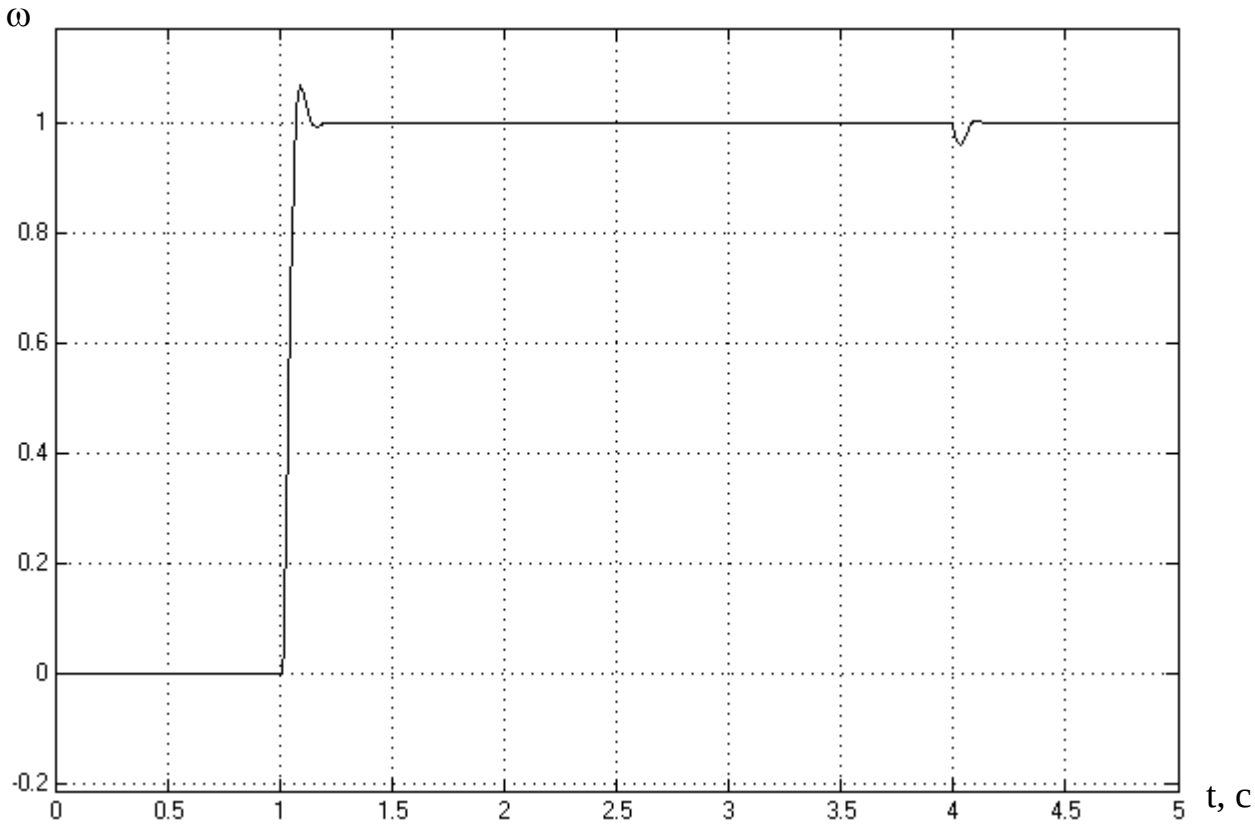


Рисунок 4.12 - Реакция контура скорости на управляющее и возмущающее воздействия.

4.9 Разработка и моделирование САР тока возбуждения

В связи с тем, что объект регулирования нелинейный, синтез провести по стандартной технологии не удастся. Для решения задачи необходимо линеаризовать объект регулирования. Исходная нелинейная структура представлена на рис. 4.13. В ней присутствует функциональная нелинейность.

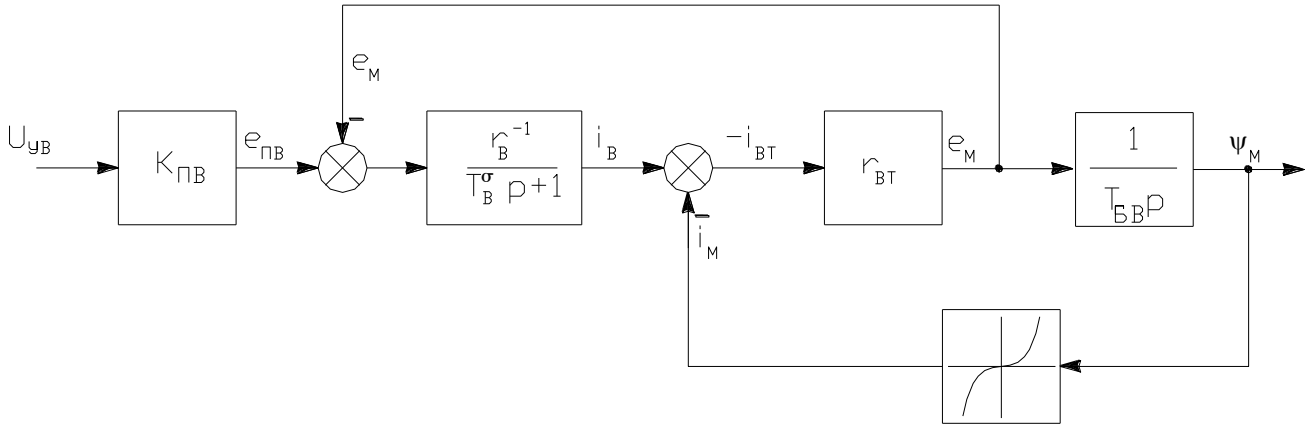


Рисунок 4.13 - Функциональная схема объекта регулирования.

Проведём линеаризацию объекта и получим следующую структуру рис. 4.14.

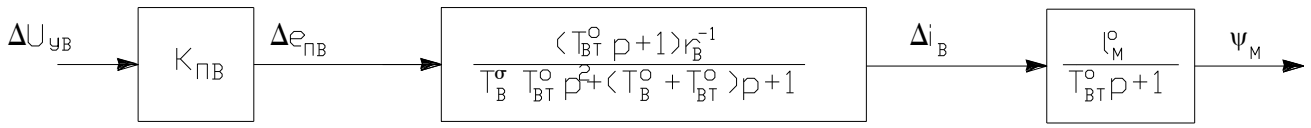


Рисунок 4.14 - Функциональная схема линеаризованного объекта.

После того, как получена линейная структура объекта регулирования, можно синтезировать регулятор тока возбуждения по стандартной методике. Структурная схема контура регулирования тока возбуждения представлена на рис. 4.15.

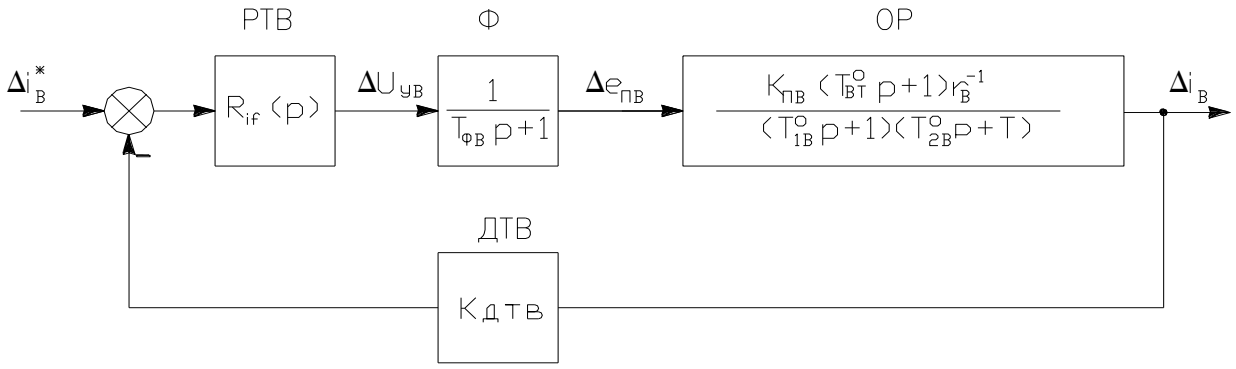


Рисунок 4.15 - Структурная схема контура тока возбуждения.

Коэффициент передачи датчика тока абсолютный:

$$K_{ДТВ} = \frac{U_{ДТ\,MAX}}{I_{BN}} = \frac{10}{320} = 0{,}0313\ B/A \qquad (4.29)$$

Коэффициент передачи датчика тока в о.е.:

$$k_{ДТВ} = K_{ДТВ} \cdot \frac{I_{бВ}}{U_{бр}} = 0{,}0313 \cdot \frac{320}{10} = 1 \qquad (4.30)$$

Предыдущие расчеты показывают, что $T^{\circ}_{1В} >> T^{\circ}_{2В}$. Причем, величина постоянной времени $T^{\circ}_{2В}$ настолько мала, что может быть отнесена к числу некомпенсируемых постоянных времени САР тока возбуждения. Таким образом, звено $\frac{1}{T^{\circ}_{2В}p+1}$ относим к некомпенсированной части объекта. Введём в контур тока возбуждения дополнительный фильтр с постоянной времени $T_ф = T^0_{ВТ}$. В результате всех преобразований и упрощений получим схему рис. 4.16.

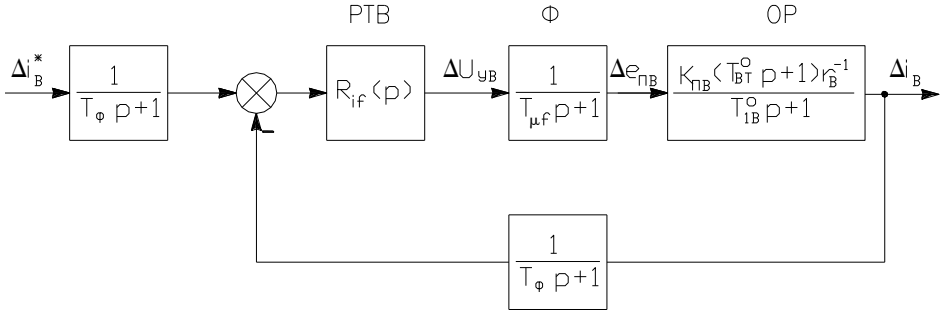


Рисунок 4.16 - Преобразованная структурная схема контура тока возбуждения.

Некомпенсируемая постоянная времени цепи возбуждения:

$$T_{\mu f} = T_{2B}^{\circ} + T_{\phi}^{0} = 0.04 + 0.005 = 0.045 \quad c;$$

Постоянная времени контура тока возбуждения:

$T_{if}=2\cdot T_{\mu f}=2\cdot 0.04=0.08$ с - настройка на модульный оптимум.

$$W_{if}(p) = \frac{k_{\Pi B}\cdot(T_{BT}^0+1)/r_B}{T_{B1}^0 p+1}\cdot\frac{1}{T_\Phi p+1} = \frac{k_{\Pi B}/r_B}{T_{B1}^0 p+1} = \frac{1{,}437/1}{4{,}04p+1} = \frac{1{,}437}{4{,}04p+1};$$

$$R_{if}(p) = W_i^{-1}(p)\cdot\frac{1}{T_{if}p} = \frac{T_{B1}^0 p+1}{\frac{k_{\Pi B}}{r_B}\cdot T_{if}p} = \frac{3{,}77p+1}{\frac{0{,}767}{1}\cdot 0{,}08p} = 61{,}44+\frac{1}{0{,}061p}$$ -“ПИ”-регулятор,

где: $K_{РТ}=61{,}44$ – коэффициент усиления регулятора тока,

$T_{РТ}=0{,}061$– постоянная времени регулятора тока;

Передаточная функция разомкнутого контура:

$$G_{if}(p) = R_{if}(p)\cdot\Phi(p)\cdot W_{if}(p) = \frac{T_{B1}^0 p+1}{\frac{k_{\Pi B}}{r_B}\cdot T_{if}p}\cdot\frac{1}{T_{\mu a}p+1}\cdot\frac{k_{\Pi B}/r_B}{T_{B1}^0 p+1} = \frac{T_{BT}^0 p+1}{T_{if}p\cdot(T_{\mu f}p+1)} =$$

$$= \frac{0{,}168p+1}{0{,}08p(0{,}045p+1)};$$

Передаточная функция замкнутого контура:

$$\Phi_i(p) = W_\Phi\cdot\frac{G_i(p)}{1+G_i(p)\cdot W_\Phi(p)} = \frac{1}{T_\Phi p+1}\cdot\frac{\frac{T_{BT}^0 p+1}{T_{if}p\cdot(T_{\mu f}p+1)}}{1+\frac{T_{BT}^0 p+1}{T_{if}p\cdot(T_{\mu f}p+1)}\cdot\frac{1}{T_\Phi p+1}} = \frac{1}{T_{\mu f}T_{if}p^2+T_{if}p+1} =$$

$$= \frac{1}{0{,}045\cdot 0{,}08p^2+0{,}08p+1} = \frac{1}{0{,}0036p^2+0{,}08p+1};$$

Промоделируем контур тока в пакете Matlab 6.0. Результаты представлены на рис. 4.17, 4.18.

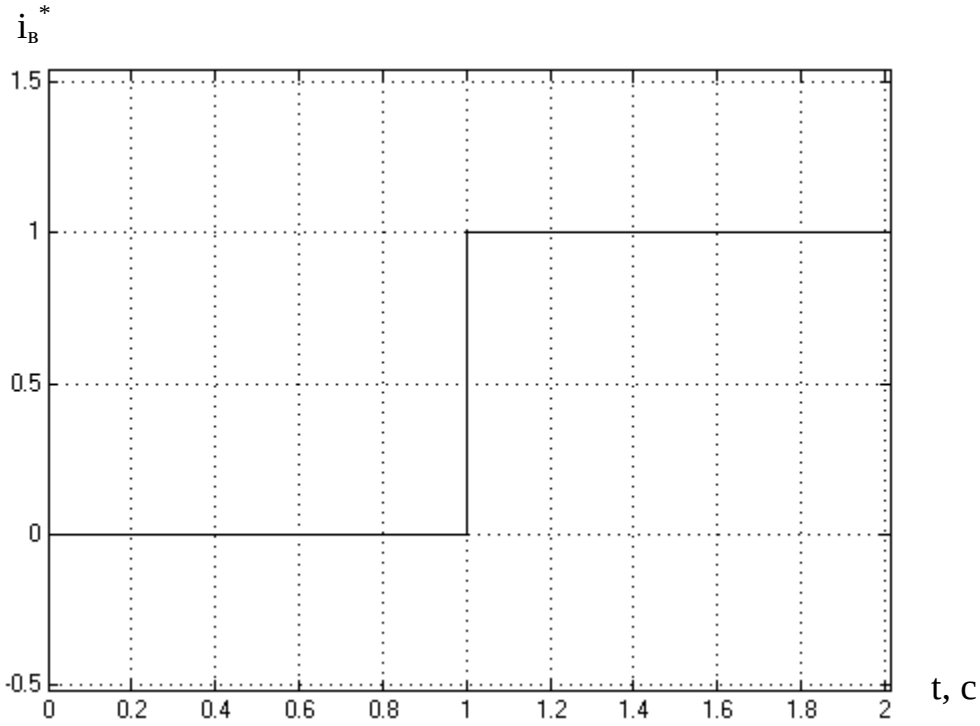


Рисунок 4.17 - Управляющее воздействие

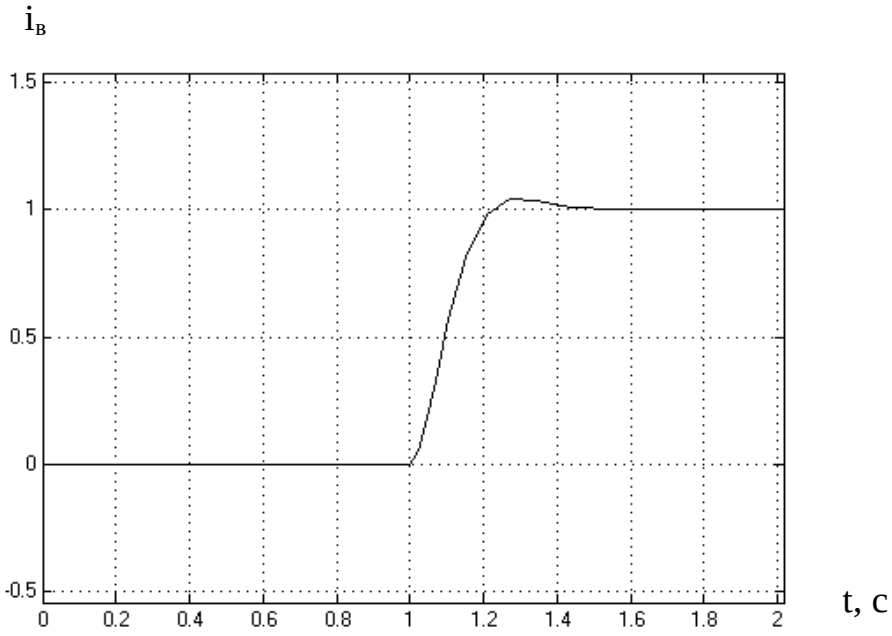


Рисунок 4.18 - Реакция контура тока возбуждения на управляющее воздействие.

4.10 Разработка САР ЭДС

Расчетная схема системы регулирования ЭДС приведена на рис. 4.19. Подчиненную регулятору ЭДС систему тока возбуждения с технической линеаризацией, заменим на контур регулирования потока возбуждения, который аппроксимируется эквивалентным звеном со стандартной передаточной функцией:

$$\Phi_{\varphi}(p)=\frac{1}{(2T_{\mu f}^{2}p^{2}+2T_{\mu f}p+1)}$$

Звено объекта в контуре ЭДС подвержено влиянию управляющего воздействия Δφ и возмущающего воздействия Δω. Параметры звена зависят от координат ω^{o} и φ° режима, выбранного для линеаризованной модели в качестве базового. В двухзонной САР эти координаты являются переменными величинами.

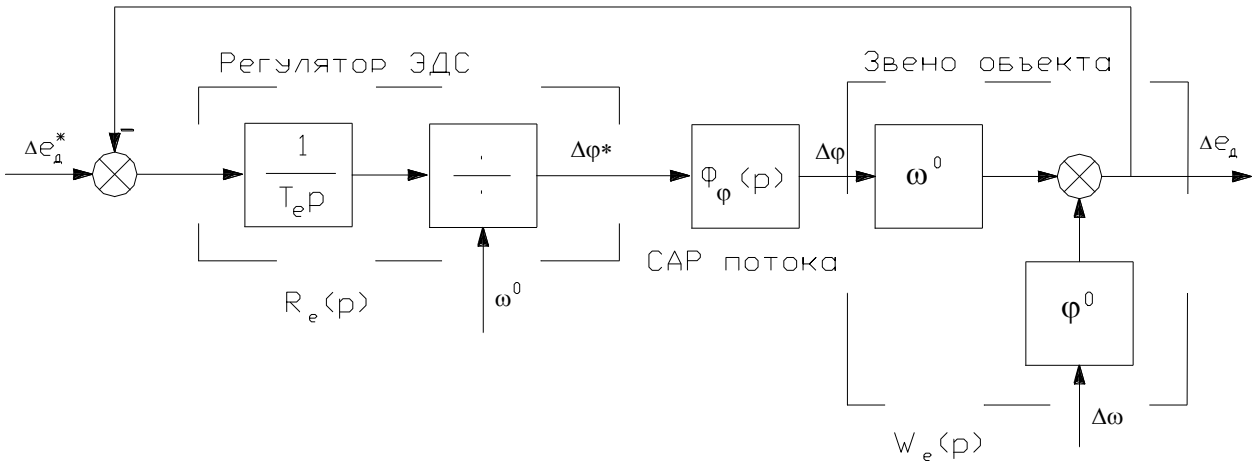


Рисунок 4.19 - Линеаризованная расчетная схема системы регулирования ЭДС якоря двигателя.

Если на этапе приближенного синтеза пренебречь влиянием возмущения и учитывать лишь передаточную функцию звена объекта по управлению

$$W_{e}(p)=\omega^{o}$$

где: $T_e = 2T_{\varphi}$. ($T_{\varphi}=T_{if}$);

$T_e = 2\cdot 0.08 = 0.16$ с.

В системах подчиненного регулирования в качестве датчиков ЭДС используются вычислители, функционирующие на основе измерения напряжения и тока якоря двигателя в соответствии с выражением

$$e_{д}=u_{дэ}-r_{я}\cdot(T_{я}p+1)\cdot i_{я}.$$

Для исключения операции дифференцирования тока (так как в системах подчиненного регулирования в качестве датчиков ЭДС используются вычислители, функционирующие на основе измерения напряжения и тока якоря двигателя) в структуру вычислителя вводится апериодический фильтр с постоянной времени: $T_{дэ}=T_{я}=0.025$ с.

Тогда выходной сигнал датчика ЭДС:

$$u_{дэ}=\frac{e_{д}}{T_{ДЭ}p+1}=\frac{u_{Я}}{T_{ДЭ}p+1}-r_{я}\cdot i_{я}.$$

Следовательно, введение определенной инерционности позволяет использовать помехоустойчивый алгоритм вычисления сигнала обратной связи по

ЭДС. В случае использования такого или иного инерционного датчика расчетная схема системы регулирования ЭДС приобретает вид, показанный на рис. 4.20.

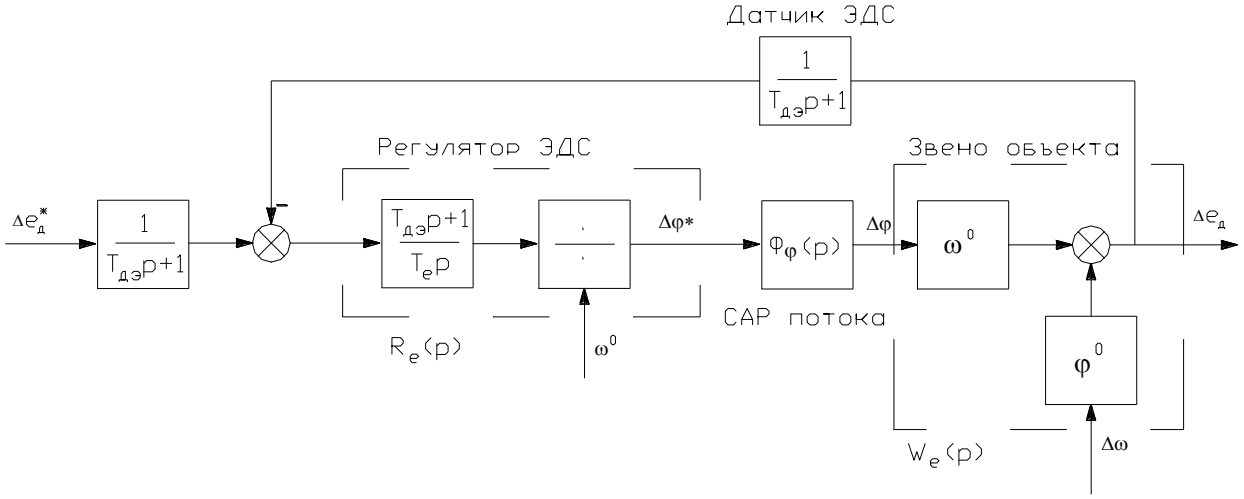


Рисунок 4.20 - Система регулирования с компенсируемым инерционным датчиком ЭДС.

Путем элементарных структурных преобразований данная схема приводится к схеме рис. 4.20. Поэтому вне зависимости от постоянной времени датчика ЭДС передаточные функции обеих систем полностью идентичны. Компенсация инерционности датчика обеспечивается за счет замены интегрального регулятора ЭДС на пропорционально-интегральный:

$$R_e(p) = \left[W_e(p) \cdot W_{ДЭ}(p)\right]^{-1} \cdot \frac{1}{T_e p} = \frac{T_{ДЭ} p + 1}{\omega^0 T_e p} = \frac{0.025p + 1}{0.16p} \cdot \frac{1}{\omega^0}$$

Полученный регулятор – нелинейный. Присутствует нелинейность типа деления.

4.11 Разработка и моделирование задатчика интенсивности

Поскольку технологически задано определённое ускорение, то ставим задатчик интенсивности (нелинейное устройство, ограничивающее темп изменения во времени сигнала задания на входе САР скорости) перед регулятором скорости. Функциональная схема ЗИ приведена на рис. 4.22.

Выберем параметры ЗИ:

Основным параметром задатчика интенсивности является величина А, определяющая темп нарастания выходного сигнала ЗИ. Эта величина определяется из тахограммы механизма рис 4.21:

$A_{разг}=A_{торм}=\omega_{з.уст.}/t_з=1.38/2.76=0.5$

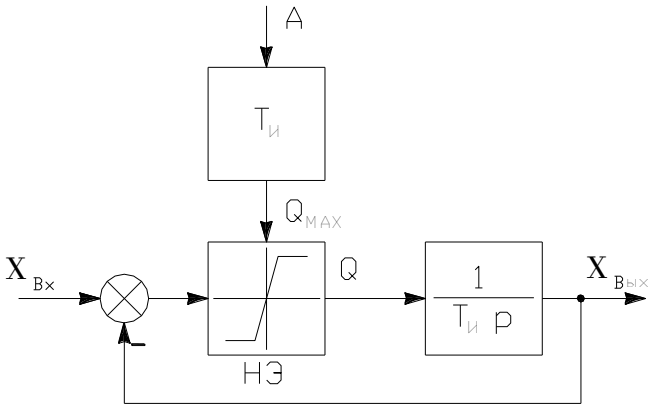
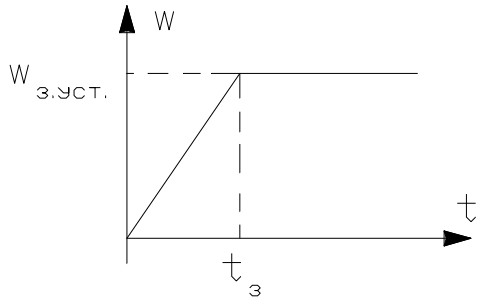


Рисунок 4.21 - Выбор величины А.

Далее выберем коэффициент усиления нелинейного элемента. Примем его равным $К_{НЭ}$=100.

Следующий параметр – постоянная времени интегрального элемента:



$T_{И.РАЗГ}= T_{И.ТОРМ}= tразг/\omega_{з.уст}$ =2.76/1.38=2 с;

$Q_{МАХ\ РАЗГ,ТОРМ} =A_{РАЗГ}\cdot T_{И.РАЗГ}$=0.5·2=1.

Рисунок 4.22 - Функциональная схема ЗИ.

Промоделируем полученную систему в пакете Matlab 6.0. При моделировании используем параметры при разгоне. Результаты представлены на рис. 4.23, 4.24.

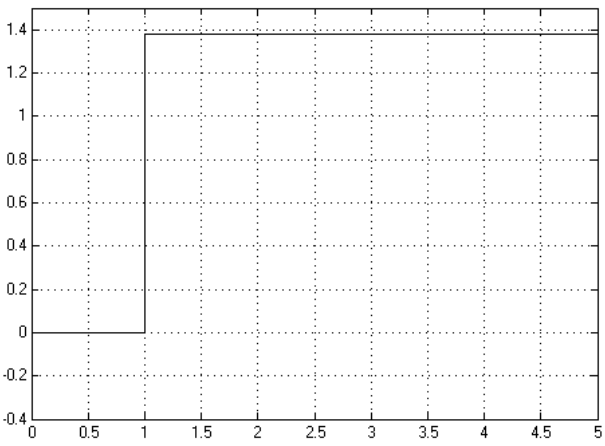


Рисунок 4.23 - Входное воздействие.

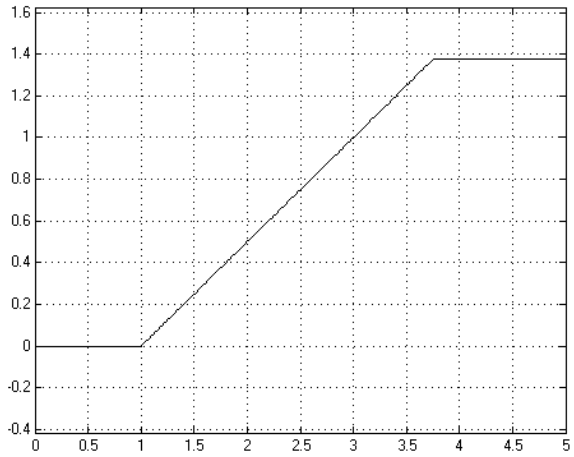


Рисунок 4.24 - Выходной сигнал.

4.12 Моделирование системы

Моделирование системы производиться с целью получения и анализа переходных процессов, проектируемой системы, а также изучения влияния различных параметров на процессы в системе в целом.

Моделирование процессов производилось с помощью simulinka из пакета программ MatLab 6.1. Схема, по которой проводилось моделирование в пакете, приведена на рис. 4.30

Моделируется непрерывная система, т.е. в p – пространстве. Ниже приведена структура системы, а также полученные графики на плакате (красным цветом изображён момент, зеленым – задание на скорость (от ЗИ), фиолетовым – скорость; голубым – поток, синим – ЭДС преобразователя

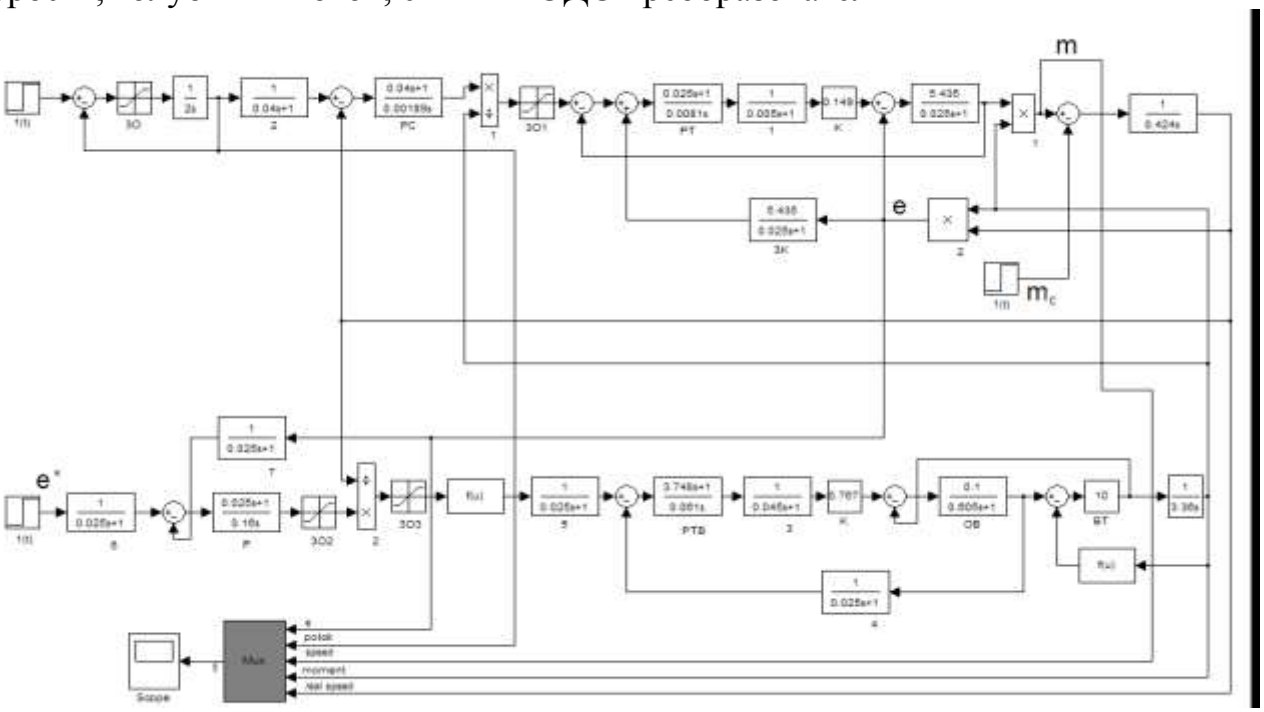


Рисунок 4.30 - Схема системы, реализованная в пакете MatLab 6.1.

Вывод

Электродвигатель и преобразователь не способны самостоятельно поддерживать заданные параметры на желаемом уровне при возмущающих воздействиях, не могут обеспечить необходимые законы изменения параметров в переходных режимах, как, например: изменение скорости с заданным ускорением, ограничение скорости, ускорения, силы тока и интенсивности его нарастания и др. Для компенсации влияния возмущений и управления электроприводом по заданному закону требуется специальное воздействие на объект регулирования. Такое воздействие называется управляющим и вырабатывается автоматическим управляющим устройством.

5 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АВТОМАТИКИ

5.1 Краткое описание технологического процесса

С участка нагревательной печи нагретая заготовка поступает по раскатному рольгангу на рабочий рольганг, установленный перед обжимной клетью. Прокатка в обжимной клети ДУО производится за 5…7 пропусков. Подача заготовки в нужный калибр клети осуществляется манипуляторами, установленными спереди и сзади клети. При необходимости заготовка кантуется существующим кантователем, установленным перед клетью. После окончания прокатки в обжимной клети, раскат посредством шлеппера, передается на рольганг предчистовой клети.

5.2 Управление электроприводом клети

Управление электроприводами стана, как и обжимной клети в частности, производится от программируемого контроллера SIMATIC S7-400, выпускаемого фирмой SIEMENS, который установлен на посту управления.

SIMATIC S7-400-это мощный программируемый контроллер для решения задач автоматизации высокой сложности. Его достоинства: модульная конструкция, работа с естественным охлаждением, простота управления, высокая степень универсальности и мощные коммуникационные возможности.

Устройство выполняет следующие функции:

1. Ввод с экранного пульта и хранения режимных параметров прокатки и переменных установок, набранных оператором или переданных из АСУ ТП.
2. Управление скоростями клетей путём задания установок скорости в следующих режимах работ линии непрерывного стана: пуск, стоп, вперед, назад, коррекция скорости клети и группы клетей, аварийный стоп.
3. Контроль скоростных параметров прокатки и состояния оборудования с целью предотвращения аварийных ситуаций.
4. Обмен информацией с управляющим вычислительным комплексом АСУ ТП по последовательному каналу связи.
5. Ручное управление станом при проведении пусконаладочных и профилактических работ на объекте.
6. Диагностическая проверка резервного оборудования.

В ПК осуществляется контроль технологических параметров и состояния линии в следующем объёме:

1. Скорость валков всех клетей непрерывного станов.
2. Готовность приводов.
3. Наличие смазки, вентиляции.
4. Готовность датчиков .
5. Наличие заготовки в клети.

При достижении или превышении предельного отклонения скорости двигателя от нормы (по заданию) или исчезновении сигнала разрешения работы района предусматривается докат заготовки с последующей аварийной остановкой стана. В случае исчезновения готовности хотя бы одной из рабочих клетей стана предусматривается работа по двум вариантам:

1. В случае, если заготовка захвачена клетью, следующей за аварийной или вышла из аварийной клети, предусматривается докат последней с последующей аварийной остановкой. В остальных случаях предусматривается аварийный останов в момент исчезновения сигнала готовности. После аварийного останова предусматривается автоматическое реверсирование. Предусмотрена возможность выбора или запрета режима автоматического реверсирования.

2. Предусматривается торможение стана за время торможения отказавшей клети с сохранением заданного соотношения скоростей валков, включая валки отказавшей клети. Задача выполняется в приоритетном режиме.

На участке входной стороны непрерывного стана предусматривается как автоматическое, так и ручное управление.

5.3 Устройства для автоматического управления

Технологическая линия агрегата разбита на ряд участков, каждый из которых представляет собой законченный технологический узел и управляется своей локальной системой автоматики (ЛСА).

В состав каждой локальной системы входят:

1. модули блоков питания (PS);
2. сигнальные модули (SM);
3. датчики;
4. аппаратура на пульте управления;
5. кабельные связи и коммуникационные модули.

Основой локальной системы технологической автоматики является центральный процессор контроллера (CPU), предназначенный для программной обработки и управления электроприводами.

В качестве носителя рабочей программы используется свободно-программируемая энергонезависимая память ёмкостью от 2 Мбайт до 256 Мбайт.

Контроллер SIMATIC S7-400 снабжается сервисным оборудованием:

1). монтажная стойка для центрального процессора UR 1 6ES 7400;
2). функциональный модуль IP242B с адаптером 6ES 7740;
3). модуль ввода-вывода дискретных сигналов SM 421-422 6ES 7432;
4). модуль ввода-вывода аналоговых сигналов SM 431-432 6ES 7972;
5). карта 5B Flash памяти MC 952, 256 Кбайт 6ES 7952;
6). буферная батарея - 2 шт. 3,6B/1,9Ач для PS 407 6ES 7971;
7). источник питания =5B/10A PS 407 6ES 7407;
8). модуль 2-канального счетчика FM 450-1 6ES 7450;

9). центральный процессор CRU 414-2DP с MPI интерфейсом 6ES 7414;
10). коммуникационный процессор CP5511 6GK 1651;
11). операторная панель OP 37, графический дисплей(STN) 6AV 3637;
12).программатор PG 740 6ES 7740;

Шкаф питания и сигнализации предназначен для:

1). отключения выходных управляющих сигналов ПК в аварийных режимах;
2). питания входных и выходных цепей ПК, датчиков;

Шкаф снабжён мнемосхемой, отражающей технологический процесс, автоматическими выключателями и др. аппаратурой.

Датчики по всем локальным системам агрегата - бесконтактные датчики типа КВД, ВПФ.

Шкаф с ПК и шкаф питания и сигнализации размещены на посту управления. Здесь же, на пультах управления, расположена аппаратура ручного управления механизмами.

Автоматизированный привод, имеет избиратель управления "авт.-ручн.". Основной режим работы механизмов - автоматический, но ручной имеет приоритет, что позволяет оператору вмешаться в работу отдельного механизма, при этом остальные продолжают работу в автоматическом режиме. Оба режима реализуются через ПК.

Все входные сигналы ПК имеют два уровня напряжений: 110 В переменного тока и 24 В постоянного тока и выполняются параллельно на рабочий и резервный ПК. Входные цепи 24 В выполняются экранированным кабелем КВВГЭ, входные цепи 110 В, 50 Гц - кабелем КВВГ.

На рисунке 5.1 упрощенно изображен ПК SIMATIC S7-400. Входные и выходные сигналы подаются на соответствующие модули.

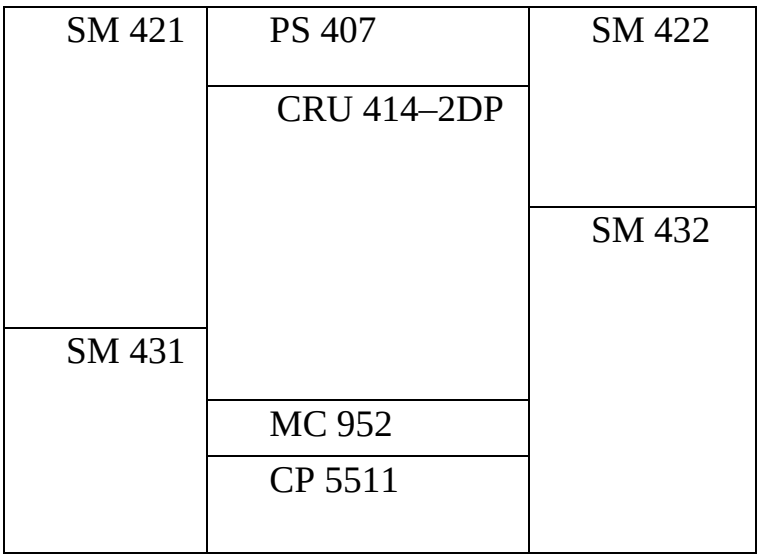


Рисунок 5.1 - Упрощенная структурная схема программируемого контроллера SIMATIC S7-400.

5.4 Разработка принципиальной схемы и алгоритма рабочей программы

Алгоритм работы подпрограммы контроллера для одного пропуска заготовки приведен на рис. 5.2-5.3 Подпрограмма условно разделена на три части: проверка готовности привода, автоматический режим и непосредственно сама прокатка, которая отвечает за функции контроля и сигнализации.

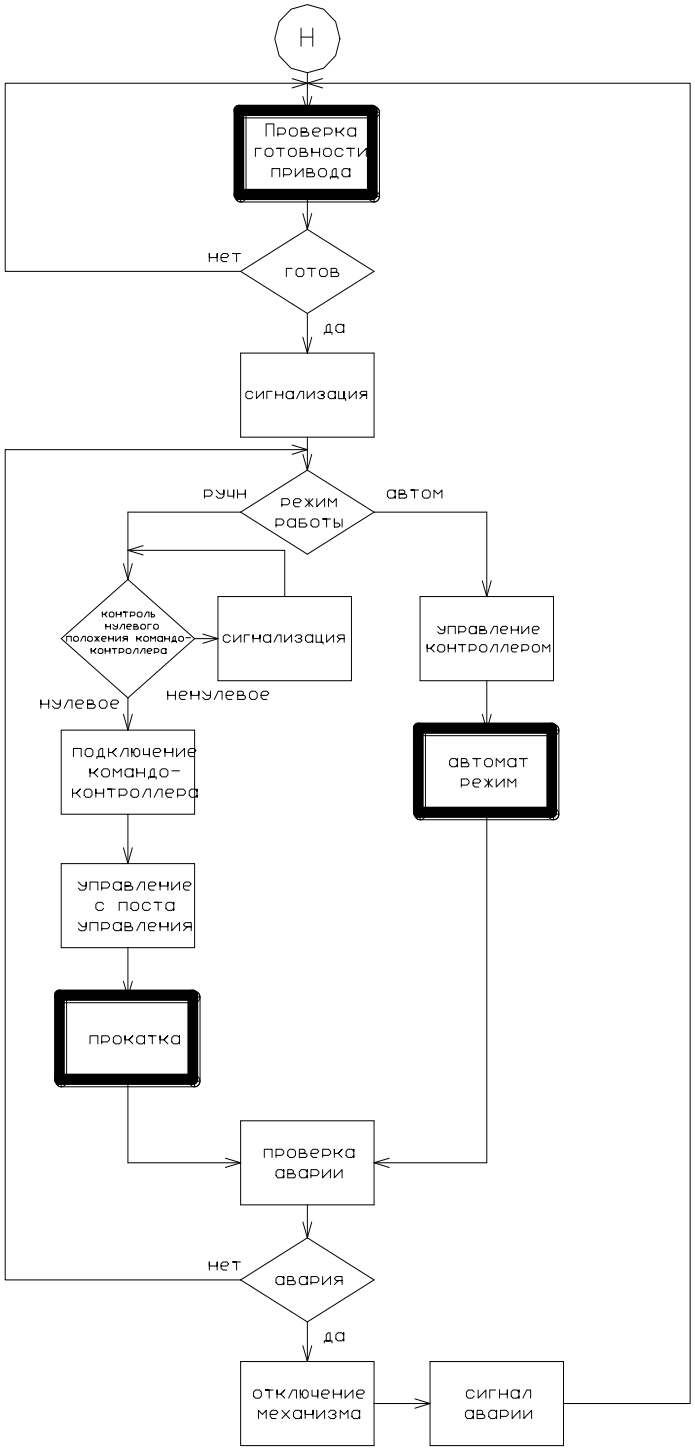


Рисунок 5.2 - Алгоритм работы контроллера

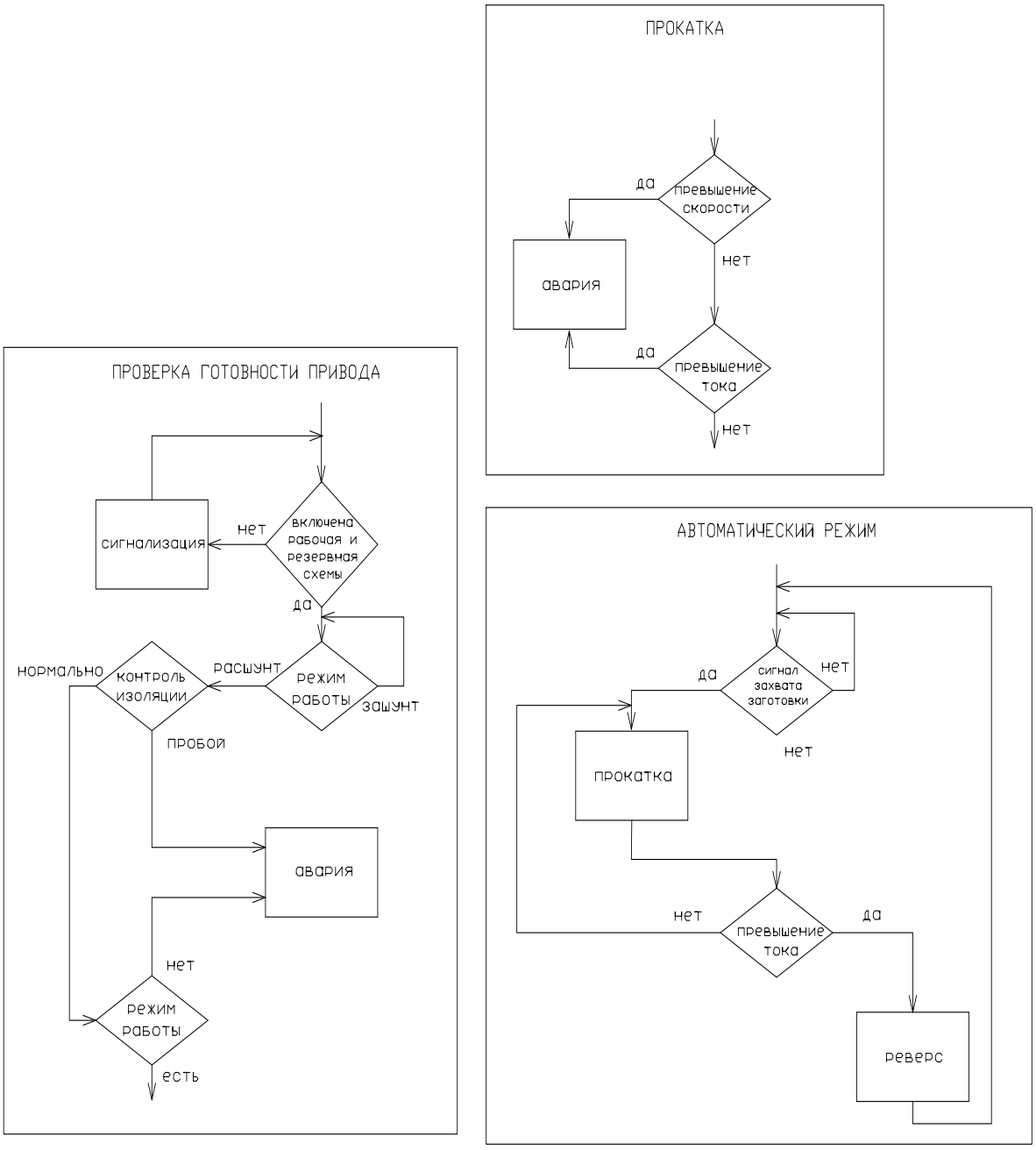


Рисунок 5.3 - Алгоритм работы контроллера (продолжение).

Вывод

Управление электроприводами стана, как и обжимной клети как правило, производится от программируемого контроллера - это мощный программируемый контроллер для решения задач автоматизации высокой сложности. Предусматривается торможение стана. Основой локальной системы технологической автоматики, является центральный процессор контроллера.

6 РАСЧЁТ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ И БЛОКОВ

6.1 Вводная часть

Для электропривода прокатного стана в данном проекте принята цифровая система управления. Это подразумевает реализацию системы управления (в т.ч. регуляторов, нелинейностей и ограничителей) на контроллере. Для этих целей выбран программируемый контроллер SIMADYN D фирмы SIEMENS. Контроллеры этой фирмы хорошо себя зарекомендовали, а одним из главных достоинств их является наличие большого универсального пакета программ для управления семейством контроллеров SIEMENS – STEP7 совместимых с IBM PC. Для контроллера SIMADYN D в пакете STEP7 существует пакет CFC, при помощи которого возможно программировать на высоком уровне. Это язык структурных схем. Его преимущество – наглядность. Схемы составленные в нём очень похожи на типовые структурные схемы, но со множеством параметров. Так же возможно программировать контроллер непосредственно – при помощи задания необходимых параметров на панели оператора.

В связи с использованием контроллера, расчёта блоков как такового проводить не нужно, но необходимо задать все параметры регуляторов в контроллер. В данной главе будет рассмотрена реализация типовых блоков (РТ, РС, РТВ, РЭ, ЗИ) на контроллере.

6.2 Обоснование принятой САР.

В современных условиях к электроприводам всё больше ужесточаются требования. И использование цифровой системы управления одно из самых новых и интересных решений. Оно позволяет по-новому организовать систему управления. Цифровые регуляторы позволяют быстро изменять параметры системы регулирования, разрабатываются на современных компьютерных системах и легко переводятся из программной среды в среду контроллера. Надо сказать, что цифровые регуляторы значительно точнее аналоговых, и позволяют реализовать сложнейшие алгоритмы (переходы с П- на ПИ-регуляторы, адаптивные регуляторы,). Точность регуляторов обуславливается разрядностью контроллера и не сравнимо выше аналоговых регуляторов Цифровые системы управления имеют малые габариты и постепенно унифицируются (пока, правда, в рамках одной системы, здесь – SIEMENS) В настоящее время наблюдается тенденция к снижению стоимости таких систем, повышается качество обслуживающих программ и пакетов. Надо заметить, что аналоговые регуляторы используют ёмкость, что является большим недостатком. Это проявляется в надёжности систем, сложностью подбора необходимой ёмкости и больших габаритах конденсаторов.

6.3 Принцип построения структуры управления.

Системы управления, реализованные на контроллерах фирмы SIEMENS, имеют схожие структуры. Существует универсальная шина PROFIBUS при помощи которой, осуществляется взаимодействие всех модулей системы. Одним из модулей является SIMADYN D. Наглядно это представлено на рис. 6.1. Выбор SIMADYN D обусловлен тем, что он позволяет управлять двигателем постоянного тока при помощи произвольного тиристорного преобразователя, тогда как SIMOREG – комплексная система, включающая в себя и преобразователь, и систему управления.

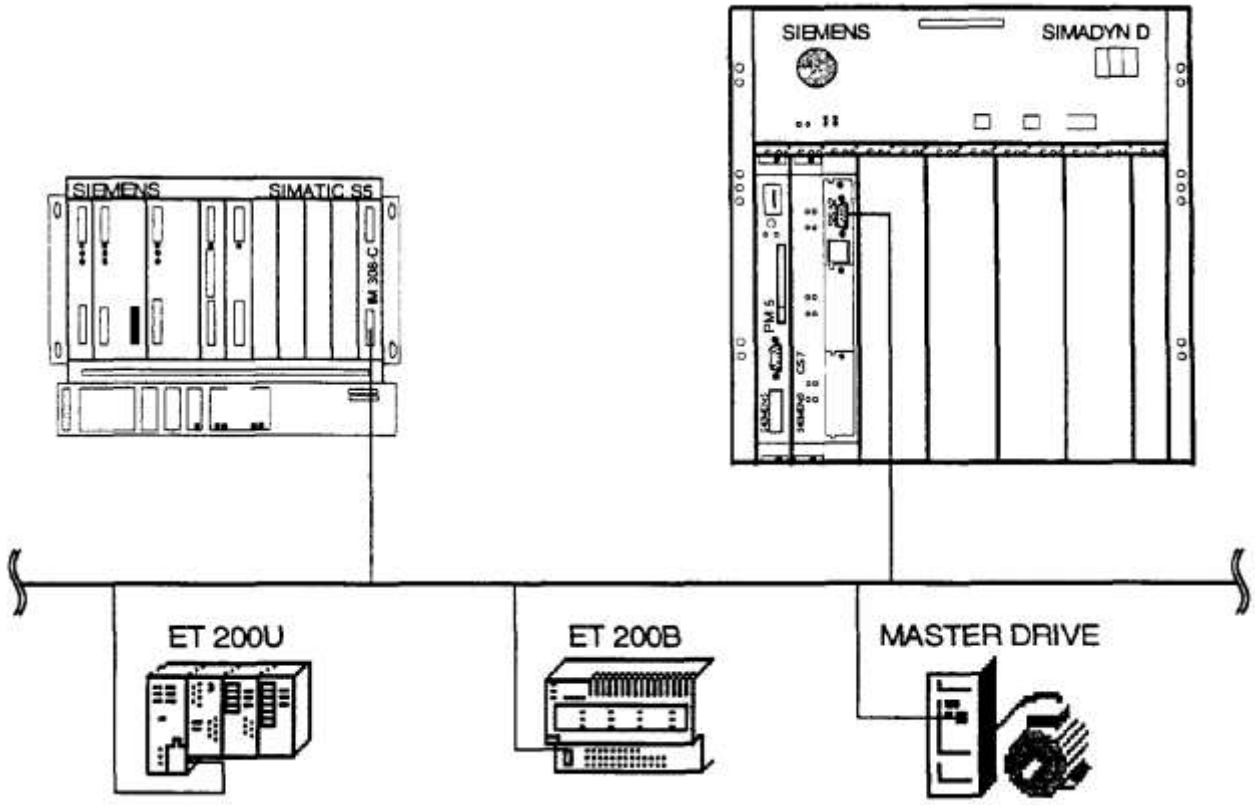


Рисунок 6.1 Структура системы управления электроприводом

6.4 Реализация регуляторов на контроллере.

Для реализации системы управления в контроллере предусмотрены типовые регуляторы, которые можно активировать определёнными параметрами. Используя типовую структуру рис. 6.2. можно описать любой регулятор, задание и ограничение. Большинство функций уже заложено в контроллер, но имеются свободные функциональные блоки, которые можно использовать при недостаточности типовой структурной схемы. Для этого выбираются соответствующие коннекторы и описывается необходимый блок.

Для примера приведены структурные схемы регуляторов скорости и тока возбуждения рис. 6.3 и 6.4. На этих рисунках также видна система выходных и входных переменных регулятора. Каждому воздействию в контроллере соответствует свой параметр, что и обеспечивает возможность конфигурирования системы. Для работы контроллера по заданному алгоритму необходимо задать ему параметры. Это возможно сделать с ПК в программной среде STEP7 при помощи пакета CFC, а так же непосредственно на модуле управления задать необходимые значения.

Список параметров необходимых для работы контроллера, а также их описание и значение приведены для удобства в таблице 6.1.

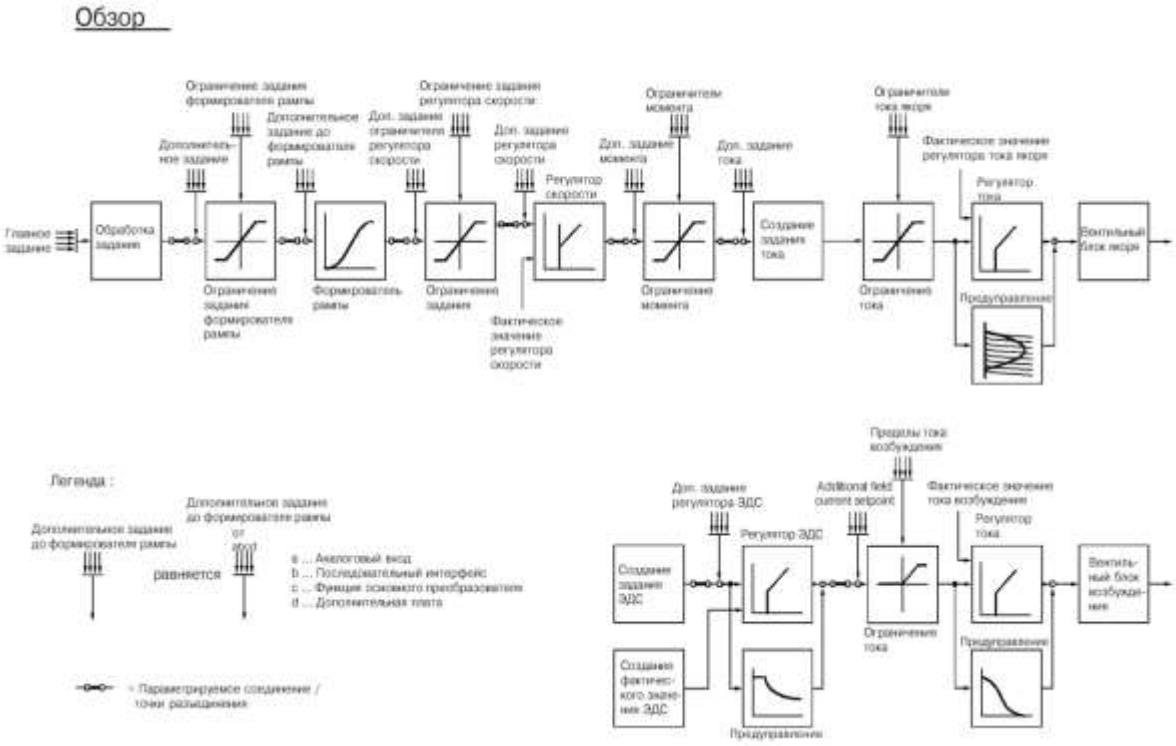


Рисунок 6.2 - Структура системы регулирования, заложенная в контроллере.

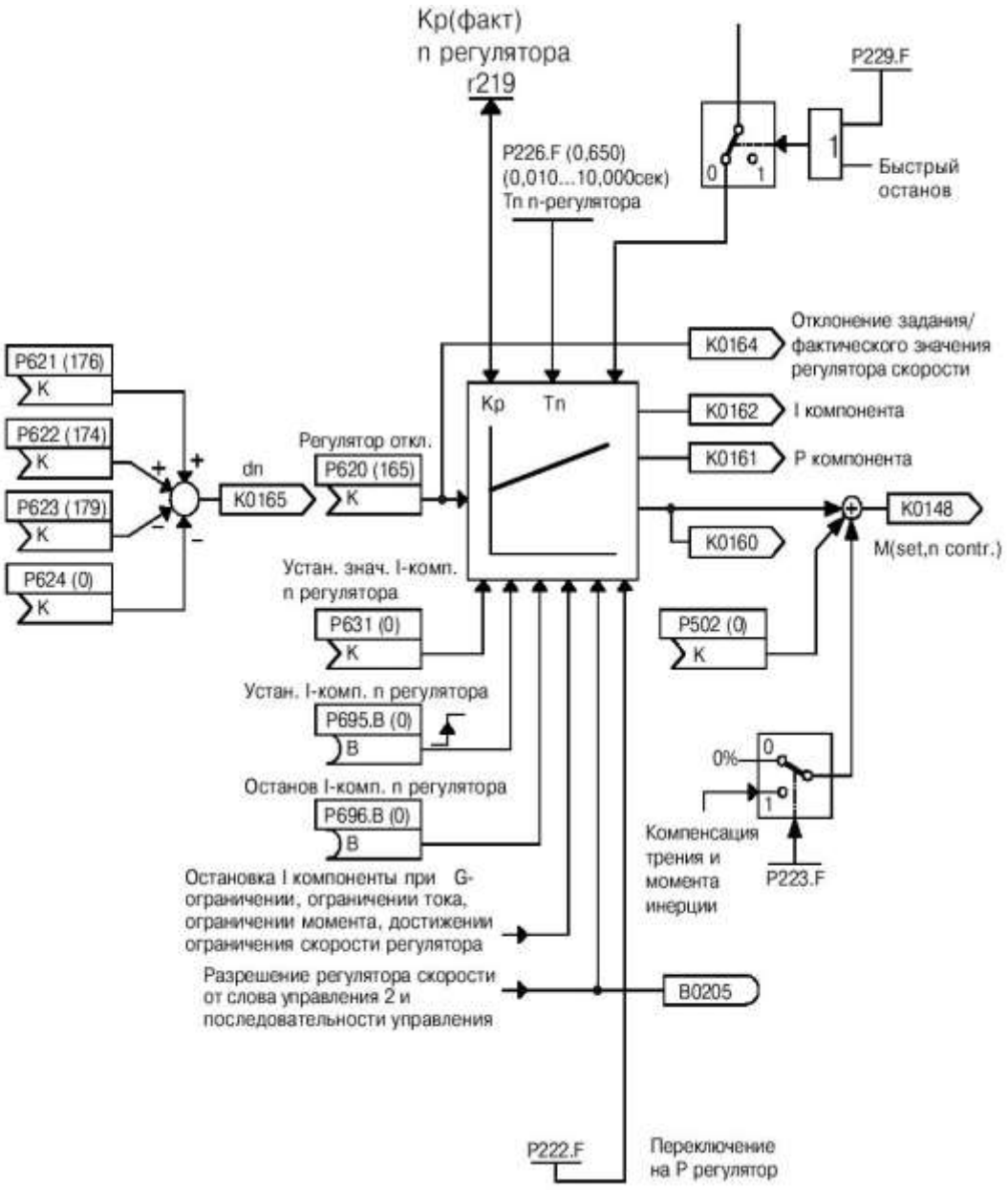


Рисунок 6.3 - Структура регулятора скорости.

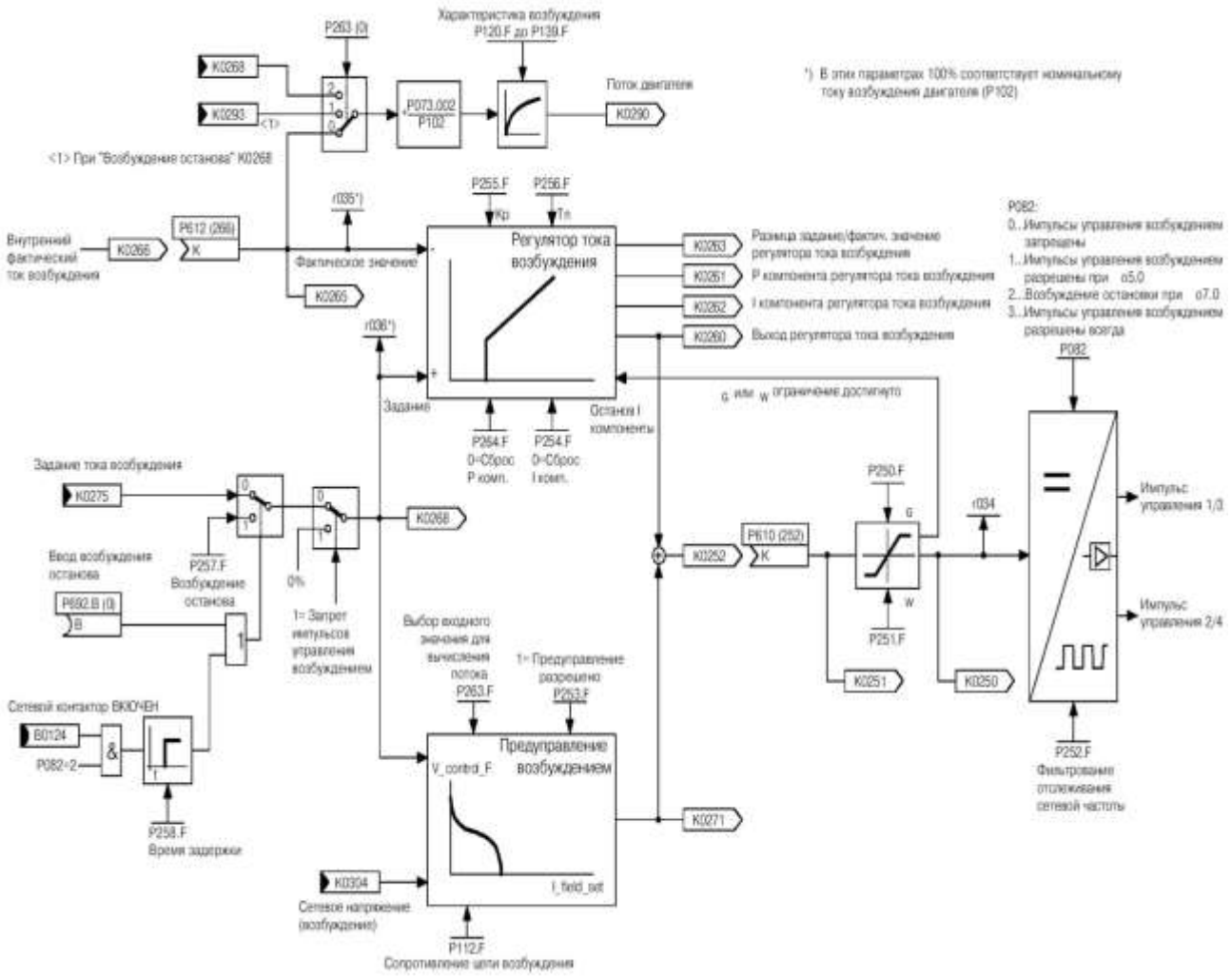


Рисунок 6.4 - Структура регулятора тока возбуждения.

Таблица 6.1 - Параметры для работы контроллера

Номер параметра	Значение параметра	Описание параметра
Описание двигателя		
p100	5780	Номинальный ток двигателя, А
p101	880	Номинальное напряжение двигателя, В
p102	320	Ток возбуждения номинальный, А
p103	86	Ток возбуждения минимальный, А
p109	0	Скорость не зависит от ограничения тока
p110	0,00272	Сопротивление якоря двигателя, Ом
p111	0,651	Индуктивность цепи якоря, мГн
p112	0,43	Сопротивление обмотки возбуждения, Ом
p114	0	Функция слежения за температурой отключена
p117	1	Задана характеристика возбуждения. (Используется значение параметров p121-p139)
p118	816	Номинальное значение ЭДС двигателя, В

p119	50	Номинальное число оборотов, об/мин
Характеристика намагничивания		
p121	3.7	Ток возбуждения для 5% потока двигателя (точка № 1)
p122	7.3	Ток возбуждения для 10% потока двигателя (точка № 2)
p123	11	Ток возбуждения для 15% потока двигателя (точка № 3)
p124	14.7	Ток возбуждения для 20% потока двигателя (точка № 4)
p125	18.4	Ток возбуждения для 25% потока двигателя (точка № 5)
p126	22	Ток возбуждения для 30% потока двигателя (точка № 6)
p127	25.7	Ток возбуждения для 35% потока двигателя (точка № 7)
p128	29.4	Ток возбуждения для 40% потока двигателя (точка № 8)
p129	33.1	Ток возбуждения для 45% потока двигателя (точка № 9)
p130	36.8	Ток возбуждения для 50% потока двигателя (точка № 10)
p131	40.6	Ток возбуждения для 55% потока двигателя (точка № 11)
p132	44.6	Ток возбуждения для 60% потока двигателя (точка № 12)
p133	48.9	Ток возбуждения для 65% потока двигателя (точка № 13)
p134	53.6	Ток возбуждения для 70% потока двигателя (точка № 14)
p135	58.9	Ток возбуждения для 75% потока двигателя (точка № 15)
p136	64.9	Ток возбуждения для 80% потока двигателя (точка № 16)
p137	71.8	Ток возбуждения для 85% потока двигателя (точка № 17)
p138	79.8	Ток возбуждения для 90% потока двигателя (точка № 18)
p139	89.1	Ток возбуждения для 95% потока двигателя (точка № 19)
Датчик скорости		
p140	0	Не используется импульсный датчик скорости
Регуляторы РТ, РС, РТВ, РЭ, ЗИ		
p153	1	Предуправление якорем активно.

p154	1	Подключение интегральной составляющей РТ
p155	3.09	Коэффициент передачи пропорциональной части РТ
p156	0.0081	Постоянная времени интегратора РТ, с
p162	1	ЭДС вычисляется, а не измеряется
p163	1	Фильтр ЭДС подключен
p164	1	Подключение пропорциональной составляющей РТ
p169	0	Регулирование тока с ограничением тока
p170	0	
p171	200	Ограничение тока, в % от p100 (номинального тока)
p180	200	Ограничение момента в % от расчётного момента
p222	0.0	Отключение автоматического переключения РС с П-ни ПИ-регулятор
p223	0	Предуправление РС отключено
p224	1	Подключение интегральной составляющей
p225	21.2	Коэффициент передачи пропорциональной части РС
p226	0.00189	Постоянная времени интегратора РС, с
p253	1	Управление возбуждением активно
p254	1	Подключение интегральной составляющей
p255	29,92	Коэффициент передачи пропорциональной части РТВ
p256	0.135	Постоянная времени интегратора РТВ, с
p263	0	Входная величина для вычисления средней величины потока является фактическое значение тока возбуждения
p264	1	Подключение пропорциональной составляющей
p272	1	При очень высокой ЭДС происходит автоматическое ограничение
p273	1	Управление РЭ активно
p274	1	Подключение интегральной составляющей
p275	0.191	Коэффициент передачи пропорциональной части РЭ
p256	0.188	Постоянная времени интегратора РЭ, с
p284	1	Подключение пропорциональной составляющей
p300	138.0	Положительное ограничение на выходе, %
p301	138.0	Отрицательное ограничение на выходе, %
p302	0	Нормальная работа ЗИ
p303	2.76	Время нарастания сигнала, с
p304	2,76	Время спада сигнала, с
Ограничения		
p338	10	Допустимое отклонение от уставки скорости, %
p351	-20	Слишком низкое напряжение, %
p363	45	Порог для частоты сети минимальный, Гц
p364	55	Порог для частоты сети максимальный, Гц
p380	240	Положительная максимальная скорость, %
p381	240	Отрицательная максимальная скорость, %

7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОГО ВАРИАНТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

7.1 Краткая характеристика оборудования

Реконструкция главного привода стана заключается в замене существующего электродвигателя прокатного стана, работающего по системе Г-Д, на электродвигатель большей мощности, работающий по системе ТП-Д, т.к. режим работы двигателя является очень напряженным и при совмещенной прокатке в 1 и 2 клетях электродвигатель перегружен. Преимуществом этой замены является также и увеличение производительности стана.

В проекте для питания электродвигателя ДУО принята система тиристорный преобразователь - двигатель (ТП-Д). В качестве приводного двигателя выбран электродвигатель постоянного тока типа П23/165-4,6 мощностью 4600 кВт, напряжением 850 В. Питание якорной цепи двигателя осуществляется от тиристорного преобразователя типа ТВР4-6300/1050-Т2-Р2-08.1.УХЛ4, а цепи возбуждения - КТЭ 500/440-01Р-00-00000-УХЛ4.

Экономическая эффективность в применении тиристорных преобразователей складывается из снижения потерь электроэнергии в преобразовательных агрегатах, снижения эксплуатационных расходов за счёт более высокой надёжности и долговечности тиристоров.

При выборе тиристорного преобразователя решающую роль сыграли надёжность в работе, функциональные возможности, стоимость, требования эксплуатации, сроки поставки. В настоящее время тиристорные преобразователи для питания прокатных двигателей большой мощности выпускаются двумя заводами: ХЭМЗ, г. Харьков и ПО УЭТМ, г. Екатеринбург. По своим характеристикам, габаритным размерам, системе управления эти агрегаты аналогичны. Преобразователи ПО УЭТМ дешевле примерно на 30% преобразователей ХЭМЗ, кроме того, могут возникнуть проблемы при заказе из-за географического положения завода ХЭМЗ (Украина).

Таким образом, в качестве основного варианта рассматривается преобразователь ТВР4-6300/1050-Т2-Р2-08.1.УХЛ4 производства ПО Уралэлектротяжмаш в составе:

- преобразовательная установка 2УПР-6300, включающая в себя вентильные секции, шкаф защиты и сигнализации, шкаф со стойкой управления СИФУ;
- два сглаживающих реактора ТРОС-2500УХЛ4;
- два выключателя автоматических ВАТ-42-6300/10ЛА-У4;
- маслонаполненный трансформатор ТРДТП-12500/10 У2;
- два теплообменника ТВКФ-150УХЛ4 с подпиточными агрегатами АП-5 УХЛ4.

Кроме того, заводом УЭТМ поставляется возбудитель прокатного двигателя типа КТЭ 500/440-01Р-00-00000-УХЛ4.

При промышленном использовании важным фактором является получение экономического эффекта, то есть обоснование технико-экономической целесообразности применения того или иного решения.

7.2 Расчет стоимости оборудования и электроэнергии

Данный дипломный проект рассматривает две различные схемы питания электропривода постоянного тока (электродвигатели переменного тока на такую большую мощность в промышленности не выпускаются). В результате выполнения параллельного расчёта экономической эффективности выясним, какой из двух вариантов питания электропривода экономически наиболее рационален.

Для сравнения двух вариантов питания электропривода (первый – от шин существующей ГПП, второй – от отдельного трансформатора) используем метод приведённых годовых затрат [18]:

$$З = E_{норм} \times К + С;$$

где: $E_{норм}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат;

К – первоначальные капитальные затраты, руб.

С – годовые расходы на эксплуатацию, руб.

В данном случае:

$$К = К_{ку} + К_{тм};$$

где: $К_{ку}$ – стоимость комплектующих устройств, руб.

$К_{тм}$ – стоимость транспортировки и монтажа, руб.

Годовые расходы на эксплуатацию:

$$С = С_W + С_a + С_{то};$$

где: $С_W$ – стоимость электроэнергии, потребляемой за год работы электропривода, руб.

$С_a$ – амортизационные отчисления, руб.

$С_{то}$ – отчисления на текущий ремонт и обслуживание, руб.

Если принять $К_{тм} = 0{,}1 \times К_{ку}$, а $(С_a + С_{то}) = 0{,}1 \times К$, то получим, что затраты равны:

$$З = 0{,}275 \times К_{ку} + С_W;$$

Для расчёта необходимы данные $К_{ку}$, $С_W$;

Для анализа введём величину ΔЗ, равную разности годовых затрат при использовании обоих вариантов питания электропривода:

$$ΔЗ = З_2 - З_1;$$

где: $З_1$ – затраты, характеризующие вариант питания электропривода от шин ГПП;

$З_2$ – затраты, характеризующие вариант питания электропривода от отдельного трансформатора;

Расчёты производятся при следующих значениях параметров, входящих в рассчитанные формулы:

- время работы в году T = (кол-во дней в году – время необходимое на плановое обслуживание)×24 часа = (365-12)×24 = 8472 часов;
- стоимость электроэнергии γ = 0.88 руб/кВт·ч (данные по стоимости электроэнергии получены в Горэлектросетях).

Произведём расчёт для обоих вариантов.

Вариант 1

Таблица 7.1 - ”Тиристорный преобразователь-двигатель” с питанием от шин ГПП.

№ п/п	Наименование	Количество единиц	Стоимость, тыс. руб.		Потери электро-энергии, кВт	Примеча-ние
			един.	общая		
1.	Стоимость основного электрооборудования.					
1.1	Трансформатор ТРДТП-12500/10У2, 9830 кВА	1	1161,6	1161,6	125	η=99% 1-η=1%
1.2	Тиристорный преобразователь ТВР46300/1050-Т2 в составе:	-	-	-	210	η=98% 1-η=2%
	а)преобразователь 2УПР-6300	1	2875,4	2875,4	-	-
	б)реактор ТРОС-2500	2	216,7	433,4	-	-
	в)выключатель авт. ВАТ-42-6300/10ЛА	2	88,0	176,0	-	-
	г)теплообменник ТВКФ-150	2	94,6	189,2	-	-
	д)подпиточный агрегат АП-5 УХЛ4	2	18,7	37,4	-	-
	ИТОГО:	-	-	4873	335	-
2.	Стоимость высоковольтного оборудования					
2.1	Ячейка КРУ КМ-1Ф	5	286,0	1430,0	-	-
2.2	Реактор РКОМ	3	72,6	217,8	-	-
2.3	Компенсатор тиристорный ТКРМ с фильтрами высших гармоник	1	1625,6	1625,6	250	-
	ИТОГО:	-	-	3255,8	250	-

Стоимость основного и высоковольтного оборудования составляет стоимость комплектующих устройств $К_{ку1}$:

4873+3255,8= 8146,4 тыс.руб.

Стоимость электроэнергии, потребляемой за год работы электропривода $С_{W1}$

585 × 8472 ×0,88=4361,38 тыс.руб.

Вариант 2

Таблица 7.2 - ”Тиристорный преобразователь-двигатель” с питанием от отдельного трансформатора 110/6 кВ.

№ п/п	Наименование	Количество единиц	Стоимость, тыс. руб.		Потери электро-энергии, кВт	Примеча-ние
			един.	общая		
1.	Стоимость основного электрооборудования.					
1.1	Трансформатор ТРДТП-12500/10У2, 9830 кВА	1	1161,6	1161,6	125	η=99% 1-η=1%
1.2	Тиристорный преобразователь ТВР46300/1050-Т2 в составе:	-	-	-	210	η=98% 1-η=2%
	а)преобразователь 2УПР-6300	1	2875,4	2875,4	-	-
	б)реактор ТРОС-2500	2	216,7	433,4	-	-
	в)выключатель авт. ВАТ-42-6300/10ЛА	2	88,0	176,0	-	-
	г)теплообменник ТВКФ-150	2	94,6	189,2	-	-
	д)подпиточный агрегат АП-5 УХЛ4	2	18,7	37,4	-	-
	ИТОГО:	-	-	4873	335	-
2.	Стоимость высоковольтного оборудования					
1	Ячейка КРУ КМ-1Ф	6	286,0	1716,0	-	-
2	Трансформатор ТРДН-25000/110	1	2586,6	2586,6	200	-
3	Разъединитель РНДЗ	1	600,0	600,0	-	-
4	Трансформатор тока ТФНЗ	1	92,8	92,8	-	-
5	Выключатель масляный ВМТ	1	1212,4	1212,4	-	-
	ИТОГО:	-	-	6207,8	200	-

Стоимость основного и высоковольтного оборудования составляет стоимость комплектующих устройств $К_{ку2}$:

4873+6207,8= 11080,8 тыс.руб.

Стоимость электроэнергии, потребляемой за год работы электропривода $С_{W2}$:

$535 \times 8472 \times 0{,}88 = 3988{,}61$ тыс.руб.

Данные по стоимости электрооборудования получены на ПО Уралэлектротяжмаш по запросу ЗАО Тяжпромэлектпромет и в еженедельнике “Пульс Цен ” № 415 от 5 апреля 2018 г.

7.3 Сравнение экономических показателей

Экономические показатели сравнения стоимости двух вариантов (Без учета стоимости строительной части, вентиляционного оборудования, которые определяет Уралгипромез) приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 - Экономические показатели стоимости двух вариантов.

№ п/п	Наименование	Стоимость, тыс.руб.	
		Вариант 1	Вариант 2
1	Капитальные затраты на основное и высоковольтное оборудование	8146.4	11080.8
2	Эксплуатационные расходы, связанные с потерями электроэнергии	4361.38	3988.61
3	Приведенные затраты с учетом нормативного срока окупаемости ≈7 лет ($E_{норм}$= 0,15)	8146.4×0.15+ +4361.38=5583.34	11080.8×0.15+ +3988.61=5650.73

Тогда получим $\Delta З = З_2 - З_1 = 5650{,}73 - 5583{,}34 = 67{,}39$ тыс. руб.

Выводы

Исходя из приведенного выше анализа стоимости двух различных схем питания электропривода видно, что капитальные затраты при питании электропривода по первому варианту ниже на 20%, чем по второму варианту, а приведенные затраты различаются на 67,39 тыс. руб. И поэтому, несмотря на то, что стоимость трансформатора значительно больше, получаем, что экономически рациональным является вариант питания электропривода от отдельного трансформатора 110/6 кВ, поскольку:

- стоимость электроэнергии, потребляемой приводом в течение года ниже на 10%
- минимальные строительные работы в машзале;
- качество электроэнергии соответствует ГОСТ 13109–97, что не требует дополнительной установки компенсатора реактивной мощности.

Решение в пользу того или иного варианта (из-за незначительных различий по массогабаритным показателям, электротехническим показателям качества электроэнергии, а также по объему необходимых строительных работ) должно быть принято в результате всестороннего анализа с учетом технических проработок Уралгипромеза по строительной части, вентиляции, а также после полного экономического сравнения.

8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

8.1 Краткая характеристика объекта

Рабочая линия стана состоит из четырех клетей: обжимной, черновой, предчистовой и чистовой. С участка нагревательной печи нагретая заготовка поступает по раскатному рольгангу на рабочий рольганг, установленный перед обжимной клетью. Прокатка в обжимной клети ДУО производится за 5..7 пропусков. Подача заготовки в нужный калибр клети осуществляется манипуляторами, установленными спереди и сзади клети. При необходимости заготовка кантуется существующим кантователем, установленным перед клетью. После окончания прокатки в обжимной клети, раскат посредством шлеппера, передается на рольганг черновой клети.

Механизм обжимной клети установлен на входной стороне непрерывного стана и предназначен для получения трубной заготовки, фасонного проката и квадратной заготовки. Привод обжимной клети выполнен по системе ТП-Д. В качестве приводного двигателя выбран электродвигатель постоянного тока типа П23/165-4,6 мощностью 4600 кВт, напряжением 850 В. Питание якорной цепи двигателя осуществляется от тиристорного преобразователя типа ТВР4-6300/1050-Т2-Р1-08.1.УХЛ4, а цепи возбуждения - КТЭ 500/440-01Р-00-00000-УХЛ4.

В качестве датчика частоты вращения используется тахогенератор постоянного тока типа ПТ-212-0,5 ІМ3028-УХЛ2, дополнительно к двигателю пристраивается сельсин-датчик БД 1404, защита двигателей от недопустимого превышения максимального значения частоты вращения производится центробежными реле РЦС-140-450-У4.

Двигатель и пристраиваемое к нему электрооборудование устанавливаются рядом с механооборудованием в линии прокатки. Тиристорные преобразователи и трансформаторы устанавливаются в электропомещении.

Управление механизмом - дистанционное, с поста управления, представляющего собой закрытое помещение для постоянного нахождения в нем оператора.

8.2 Безопасность проекта.

Характеристики условий труда.

Под условиями труда понимается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда (ГОСТ 19605-74 [15]). При обслуживании оборудования персоналом необходимо осуществить ряд технических и организационных мероприятий, которые позволят свести к минимуму воздействия вредных и опасных производственных факторов. Средства защиты работающих в соответствии с ГОСТ 12.4.011-80 [16] подразделяются по характеру их

применения на средства коллективной и индивидуальной защиты. К средствам коллективной защиты относятся: ограждения, тормозные, предохранительные устройства, сигнализация, устройства заземления, вентиляции, отопления, освещения. Средства индивидуальной защиты: рукавицы, каски, перчатки, наушники, вкладыши, очки и другие.

Характеристика вредных и опасных факторов

В ходе производственного процесса обжимной клети стана непрерывной прокатки могут возникнуть разного рода опасности.

В ГОСТ 19605-74 [15] приводится классификация опасных и вредных производственных факторов, которой предусмотрено разделение их по природе действия на механические, термические, электрические, электромагнитные, химические, биологические и психофизические.

Вредный фактор - это такое воздействие на человека, которое в определённых условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Опасный фактор - это воздействие на человека, которое в определённых условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

К опасностям, механически воздействующим на организм человека, относятся:

- движущиеся машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования;
- передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- повышенная запылённость воздуха рабочей зоны;
- острые кромки, шероховатость на поверхности заготовок;
- расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола);
- вибрация и шум от работающего оборудования;
- физические перегрузки.

К термическим факторам, характеризующимся тепловой энергией и аномальной температурой, относятся:

- температура открытого огня, а также пожара;
- температура нагретых и охлаждённых поверхностей;
- влажность, температура и подвижность воздуха, которые приводят к нарушению терморегуляции организма.

К электрическим и электромагнитным факторам относятся:

- электрический ток;
- статическое электричество;
- освещённость;
- ионизирующие и электромагнитные излучения;
- электромагнитные поля.

Состояние воздуха рабочей зоны.

Под микроклиматом производственных помещений понимается климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

На машиностроительных предприятиях в воздушную среду могут поступать различные вредные вещества. Наиболее распространённые вредные факторы воздушной среды на машиностроительных заводах: пыль и разного происхождения тонкодисперсные аэрозоли. Тонкодисперсная пыль, проникая в альвеолы лёгких, вызывает различного рода заболевания – пневмокониозы. При работе в атмосфере, содержащей пыль диоксида кремния,у работающих развивается одна из тяжёлых форм пневмокониоза – силикоз. Особую опасность представляет воздействие на работающих пыли бериллия или его соединений. Воздействие пыли бериллия вызывает очень тяжёлое заболевание – бериллиоз.

Причина выделения пыли на предприятиях машиностроения связана с процессами механической обработки хрупких металлов, дроблением, транспортировкой сыпучих металлов и др. В процессе прокатки в воздух выделяется некоторое количество железной окалины в виде мелкодисперсной пыли. Пыль, воздействуя на организм человека, раздражает кожу, слизистые оболочки, попадая в легкие, вызывает их заболевания. В производственном помещении содержание пыли не превышает пределы допустимых значений, (согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [17]) и составляет не более 4 мг/м^3.

При работе обмен веществ в организме увеличивается, также увеличивается и тепловыделение, следовательно, требуется более интенсивная отдача теплоты в окружающую среду. В противном случае может наступить перегревание организма, которое ведет к ухудшению самочувствия человека. Резкие нарушения теплового баланса могут привести к тепловому удару.

Влажность влияет на общее состояние человека. При повышенной влажности воздуха уменьшается теплоотдача путем испарения влаги с поверхности тела, что может привести к перегреву организма и тепловому удару.

Скорость движения воздуха может оказывать на организм человека как положительное, так и отрицательное влияние. Небольшие скорости движения воздуха способствуют испарению влаги с поверхности тела, улучшая теплообмен между организмом и окружающей средой, а при движении воздуха с большими скоростями возникают сквозняки, приводящие к увеличению числа простудных заболеваний среди обслуживающего персонала.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [17] значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются для рабочей зоны производственных помещений в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла и периода

года. В табл. 8.1. приведены нормы для обслуживающего персонала, соответствующие для работы средней тяжести.

Оптимальный микроклимат в помещении обеспечивается поддержанием равновесия между организмом человека и окружающей средой. Поддержание на заданном уровне параметров, определяющих микроклимат в цехе, - температуры, влажности и подвижности воздуха осуществляется при помощи систем кондиционирования и вентиляции. На пульте оператора предусматриваются при необходимости системы кондиционирования и вентиляции.

Таблица 8.1 - Нормативные значения показателей воздуха рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [17])

Показатель	Холодный период года		Теплый период года	
	Оптимальный	Допустимый	Оптимальный	Допустимый
Температура воздуха,°С	17-19	15-20	20-23	до 28
Относительная влажность воздуха, %	3-60	до 75	30-60	при 24°С до 75
Скорость движения воздуха, м/с	до 0.3	до 0.5	0.2-0.5	0.3-0.7

Освещение

Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение, соответствующее требованиям СНиП-23-05-95 [18]. Машинное помещение оборудовано стационарным освещением (ГОСТ 12.1.046-85 [19]).

Нормируемая освещенность должна составлять:

- 150 лк - при лампах накаливания;
- 200 лк - при люминесцентных лампах;
- 10 лк – для аварийного освещения.

В машинном помещении должна быть установлена штепсельная розетка для переносного освещения на напряжение 42 В.

Неудовлетворительное количественно или качественно освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени ухудшают видимость настолько, что вызывают полную потерю ориентировки работающих, что может привести к повышенному травматизму и несчастным случаям. При неудовлетворительном освещении, кроме того, снижается производительность труда и увеличивается брак продукции.

Естественное освещение осуществляется верхним светом через прозрачные части перекрытий. Искусственное освещение осуществляется комбинированным, то есть состоящим из местного освещения рабочих участков. Источником освещения служат лампы накаливания, которые могут работать при значительных отклонениях питающего напряжения сети от номинального, а также практически не зависят от условий окружающей среды и температуры. Кроме того, они должны отличаться компактностью и незначительным снижением светового потока к концу службы. Люминесцентные лампы снабжены металлическими отражателями и располагаются таким образом, чтобы исключить попадание бликов на панели пультов управления.

Вентиляция

Система вентиляции предназначена для:

- обеспечения чистоты воздуха и заданных условий;
- удаление загрязненного воздуха и подача свежего;
- удаление излишнего тепла;

Вентиляцию можно классифицировать по нескольким признакам: приточная, вытяжная, приточно-вытяжная, общеобменная, местная, естественная, механическая.

ГОСТ – 12.1.005 – 88 [17] устанавливает предельно допустимые концентрации ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны. В машинном помещении отсутствуют вредные выбросы, но имеются мощные источники тепла, такие как двигатель и преобразовательный агрегат. Это тепло нарушает равновесие между организмом человека и окружающей средой. Человек чувствует себя некомфортно, неуютно. Для обеспечения нормальных условий необходимо применение вытяжной общеобменной механической вентиляции.

Защита от шума и вибрации

Шумом называют всякий неблагоприятно действующий на человека звук. Обычно шум является сочетанием звуков различной частоты и интенсивности.

Защита от производственного шума имеет большое народнохозяйственное значение. Шум на производстве наносит большой экономический и социальный ущерб. Он вызывает психические и физиологические нарушения, воздействуя на организм человека, снижает работоспособность и создает предпосылки к возникновению заболеваний и производственного травматизма. Сильный продолжительный шум может стать причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем, также может привести к ухудшению слуха и к глухоте. Воздействую на кору головного мозга, шум оказывает раздражающее действие, ускоряет процесс утомления, ослабляет внимание, замедляет скорость реакции.

Единицей измерения шума является децибел.

Установлены научно обоснованные предельно допустимые величины шума (ГОСТ 12.1.003-88 ССБТ [21]), которые при ежедневном систематическом воздействии на человека в течение всего дня и в течение многих лет не вызывают существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной деятельности. В табл. 8.2 приведены допустимые уровни шума на рабочем месте

Таблица 8.2 - Нормативные значения уровня шума (ГОСТ 12.1.003-88 [21])

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц.								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственном помещении и на территории предприятия	99	92	85	83	80	78	76	74	85

Шумовые характеристики при работе двигателя от преобразователя не отличаются от случая, когда двигатель работает непосредственно от промышленного источника тока.

Основными источниками шума в намоточном устройстве являются редуктор, соударяющиеся механические элементы и шум в трансформаторе.

Для снижения шума в редукторе его корпус выполняется из шумоизоляционных материалов (ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ [22]).

Шум в трансформаторе исходит от вибраций поперечных листов стали магнитопровода, возникающих под действием переменного магнитного поля. Снижение шума трансформатора достигается установкой его в звукоизолированном помещении.

Вибрация - колебания твердых тел (частей аппаратов, машин, оборудования, сооружений), воспринимаемые организмом человека как сотрясения.

Вибрации также неблагоприятно воздействуют на организм человека, они могут быть причиной функциональных расстройств нервной и сердечно-сосудистой систем, а также опорно-двигательного аппарата.

По характеру действия на организм человека вибрацию принято разделять на общую и локальную. Общая вибрация передается на все тело человека (сотрясение поля, площадки, сидения, на котором сидит человек), а локальная – на отдельные его части, непосредственно соприкасающиеся с участком вибрации. Возможно комбинированное действие общей и локальной вибраций.

Опасность воздействия общей вибрации объясняется следующим: внутренние органы и отдельные части тела человека (сердце, желудок, голова и т.п.) можно рассматривать как колебательные системы, имеющие различные сосредоточенные массы и соединенные между собой упругими элементами.

Большинство внутренних органов имеют собственную частоту колебаний в диапазоне от 6 до 8 Гц. Воздействие внешних колебаний может вызвать резонанс, что может привести к смещению или повреждению внутренних органов человека.

Локальные вибрации могут вызвать ухудшение кровоснабжения костей рук, пальцев, предплечья и сосудов сердца. В результате этого может быть нарушена чувствительность кожи, отложение солей, окостенение сухожилий на кистях рук от пальцев и, как следствие, деформация и снижение подвижности суставов. При локальной вибрации нарушается деятельность сердца и центральной нервной системы. При длительном и интенсивном воздействии может возникнуть тяжелое и трудноизлечимое заболевание – вибрационная болезнь.

Согласно ГОСТ 12.1.012-90 [23] уровень вибрации на рабочем месте не превышает 75 дБ на частотах 16, 31,5 и 63 Гц.

В данном проекте применен преобразователь с достаточно высокой пульсностью, что уменьшает вихревые токи двигателя, которые являются одним из источников вибрации. Однако вибрация двигателя может увеличиваться в следующих случаях: резонанс с собственным резонансом исполнительного механизма и разбалансирование ротора двигателя при работе со скоростью выше номинальной.

В прокатном производстве, как правило, управление механизмами станов осуществляется дистанционно с постов управления, расположенных вдоль линии прокатки напротив наиболее ответственных механизмов с учётом зоны видимости других механизмов производственного цикла. На постах управления находятся операторы, следящие и управляющие производственным процессом.

Средства защиты от звукового и вибрационного воздействия архитектурно-планировочные. Стены постов управления выполнены из стали, ДСП, кирпича. Пол - основа - железобетонные плиты или стальные листы, сверху настил из дерева и линолеума. Окна и стены должны иметь специальное конструктивное исполнение. Окна с двойными стёклами по всему периметру заделываются резиновой изоляцией. Стены и пол облицовываются звукоизолирующими материалами.

Непосредственно в зоне расположения механо- и электрооборудования эффективный способ уменьшения шума - помещение источника шума в звукоизолирующий кожух, применение резиновых, пружинных или комбинированных виброизоляторов.

Для защиты обслуживающего персонала от механических травм предусматриваются защитные ограждения движущихся частей механизмов и зоны движения металла, а также участка готовой продукции.

Электробезопасность

Электромашинное помещение относится к особо опасным ГОСТ 12.1.019-91 [24], так как в нем присутствуют два признака повышенной опасности: токопроводящие полы и возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей конструкциям с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования с другой.

Проходя через организм человека, электрический ток может оказывать[13]:

- термическое воздействие, которое проявляется в ожогах отдельных участков тела;
- электролитическое воздействие, которое выражается в электролитическом разложении органической жидкости с нарушением ее физико-химического состава;
- механическое воздействие, выражающееся в расслоении, разрыве и других подобных повреждениях различных тканей организма;
- биологическое воздействие, проявляющееся в раздражении, возбуждении живых тканей организма и нарушении внутренних биоэлектрических процессов.

Последствия воздействия электрического тока на организм человека разделяют на два вида электротравм: местные электротравмы и электрический удар.

В зависимости от исхода поражения электрическим ударом разделяются на 5 степеней [13]:

1 – судорожное едва ощутимое сокращение мышц;

2 – судорожное сокращение мышц, сопровождающееся сильными болями, без потери сознания;

3 – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца;

4 – потеря сознания и нарушение дыхания и (или) работы сердца;

5 – клиническая смерть.

Поражающее действие электрического тока зависит от следующих факторов: значения и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, индивидуальных свойств человека.

Пороговый ощутимый ток – это минимальное значение тока, вызывающее ощутимое раздражение. Значения порогового ощутимого тока следующие: постоянный ток – 5-8 мА, переменный (50 Гц) – 0.6-1,5 мА. Пороговый не отпускающий ток – это минимальное значение тока, вызывающее судорожное сокращение мышц. Значения этого тока: постоянный ток – 50-80 мА, переменный (50 Гц) – 10-15 мА. Пороговый фибрилляционный ток – минимальное значение тока, вызывающее фибрилляцию сердца, т.е. нарушение работы сердечной мышцы. Значения этого тока: постоянный – 300 мА, переменный (50 Гц) – 50-70 мА. Смертельным считается переменный ток более 100 мА.

В условиях работы намоточного агрегата вероятны прикосновения к кожуху двигателя и аппаратуре управления, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под напряжением при пробое изоляции.

Работа в непосредственной близи от агрегата опасна в отношении поражения током, так как обслуживающий персонал стоит в ряде случаев на железном полу и имеет потную кожу. Потная кожа уменьшают сопротивление тела человека, железный пол - переходное сопротивление от тела к земле, что приводит к увеличению проходящего через тело человека тока.

Наиболее опасным является одновременное прикосновение к двум фазам, при котором тело включается на полное напряжение трансформатора или сети питания двигателей.

Для обеспечения безопасности предусмотрены следующие меры (ГОСТ 12.1.019-79 [24]):

- защита от опасности поражения током при прикосновении к токоведущим частям установки;
- защита от опасности поражения током в случае прикосновения к оборудованию, оказавшемуся под напряжением вследствие пробоя изоляции;
- предупреждение работающих об опасности путем маркировки частей электрооборудования, сигнализации и блокировки;
- организационные мероприятия. Как уже указывалось, случайное прикосновение к одной или двум фазам приводит к поражению током. Поэтому первым требованием безопасной эксплуатации является закрытие токоведущих частей.

Исходя из этих требований, в распределительном устройстве и трансформаторной камере на подстанции все неизолированные токоведущие ограждены барьерами или сетчатыми ограждениями. При этом расстояние от неизолированных токоведущих частей до сетчатого ограждения составляет 25 см.

Вторичная обмотка трансформатора не имеет глухого соединения с землей, но, несмотря на это, прикосновение к одной из фаз низкой стороны трансформатора представляет опасность. Дело в том, что человек, прикасаясь к одной из фаз трансформатора, оказывается подключенным к двум другим фазам через сопротивление изоляции электрододержателей короткой сети. Исходя из этого, принимаются меры по предупреждению соприкосновения с токоведущими частями низкой стороны трансформатора.

Более опасным является появление напряжения на металлических частях установки и аппаратуре управления.

Обслуживающему персоналу известно, что на оборудовании и аппаратуре управления напряжение нормально отсутствует. В связи с этим персонал никаких мер предосторожности не принимает, и вследствие пробоя изоляции проводников, находящихся под напряжением, может внезапно быть поражен электрическим током. Устранение опасности поражения при переходе напряжения на корпуса электродвигателей, рукоятки аппаратуры управления

или конструктивные детали моталки достигается защитным заземлением, занулением и применением изоляционных подставок.

При выполнении защитного заземления все металлические части оборудования и аппаратуры, не находящиеся нормально под напряжением, присоединяются через специальный заземлитель к земле.

Согласно «Правилам устройства электротехнических установок», сопротивление защитного сопротивления не должно превышать 4 Ом. Наибольшее допустимое напряжение прикосновения для «особо опасных» условий не должно превышать 65 В.

Таким образом, защитное заземление в случае повреждения изоляции снижает напряжение приемника тока относительно земли до безопасной величины.

В данном агрегате выполняется заземление аппаратов управления и электродвигателей, если последние питаются от сети с незаземленным нулем силового трансформатора. Для надежности кожух заземляется гибким тросом.

При наглухо заземленном нуле силового трансформатора взамен защитного заземления двигателей и аппаратов управления применяют зануление.

Зануление осуществляться путем присоединения к нулю трансформатора труб, в которых прокладываются провода. При прокладке кабеля используется четвертая жила. Во всех случаях обеспечено соединение с заземленным нулем в нескольких местах.

Защитные заземления и зануления выполнены в точном соответствии с требованиями раздела «Заземления и зануления электрических установок напряжением до 1000 В» «Правил устройства электротехнических установок».

Очень важным является правильная организация эксплуатации в части соблюдения правил безопасности.

В этом деле совершенно необходимо обеспечить тщательный инструктаж обслуживающего прокатный стан (технологов, электриков и механиков), систематический контроль за состоянием защитных заземлений и занулений и организовывать эксплуатацию и ремонт электрооборудования установки в соответствии с «Правилами безопасности в электроустановках».

Расчёт защитного заземления

Согласно ПУЭ (1.7.46) [29] к оборудованию и конструкциям, подлежащим заземлению или занулению относятся:

- корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.п.;
- приводы электрических аппаратов;
- вторичные обмотки измерительных трансформаторов;
- каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съёмные или открывающиеся части, если на последних установлено

электрооборудование напряжением выше 42 В переменного тока или более 110 В постоянного тока;

- металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, металлические оболочки проводов и контрольных и силовых кабелей, металлорукава и трубы электропроводки, а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;
- металлические корпуса передвижных и переносных электроприёмников;
- электрооборудование, размещённое на движущихся частях машин и механизмов.

В качестве естественных заземлителей используются:

- проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, кроме трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывчатых газов и смесей;
- обсадные трубы скважин;
- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землёй;
- металлические шунты гидротехнических сооружений, водоводы, затворы и т.п.;
- свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле;
- рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами.

Для искусственных заземлителей используются:

- стальной уголок с шириной полки 50 мм или 63 мм;
- стальной стержень 12; 14 мм;
- стальные трубы 50 мм, длиной 2,5...3 м в зависимости от грунтовых условий.

Заземлители забиваются в грунт через 4...5 м друг от друга по периметру цеха с отметкой верха -0,7 м. Вертикальные заземлители соединены горизонтальным заземлителем - стальной полосой 40х40.

Сопротивление растеканию одиночного вертикального электрода выполняется из угловой стали. Верхний конец ниже уровня земли [13].

$$R_B = \frac{0{,}366 \cdot \rho}{l}\left(\lg\frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4t + l}{4t - l}\right) \qquad (8.1)$$

где ρ=150 Ом*м - удельное сопротивление грунта;

l=3 м - длина электрода;

b=0,05 м - ширина полки угловой стали;

$t = \frac{l}{2} + 0{,}7 = \frac{3}{2} + 0{,}7 = 2{,}2$ *м* - глубина заложения (для вертикального электрода, верхний конец которого ниже уровня земли, расстояние от поверхности земли до середины электрода).

$$R_B = \frac{0{,}366 \cdot \rho}{l}\left(\lg\frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2}\lg\frac{4t + l}{4t - l}\right) = \frac{0{,}366 \cdot 150}{3}\left(\lg\frac{2 \cdot 3}{0{,}95 \cdot 0{,}05} + \frac{1}{2}\lg\frac{4 \cdot 2{,}2 + 3}{4 \cdot 2{,}2 - 3}\right) = 41{,}2 \ Ом$$

(8.2)

Сопротивление растеканию одиночного горизонтального электрода из полосовой стали [13]

$$R_Г = \frac{0{,}366}{l} \cdot \rho \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot l}{b \cdot t_1}\right) = \frac{0{,}366}{6} \cdot 150 \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot 6}{0{,}04 \cdot 0{,}7}\right) = 31{,}2 Ом \qquad (8.3)$$

где l=6 м - длина электрода;

b=0,04 м - ширина электрода;

t_1=0,7 м - глубина заложения электрода.

Полное сопротивление растеканию заземлителя, состоящего из n вертикальных электродов и, связывающей их, горизонтально проложенной полосы, с учётом экранирования [13]

$$R_{З.К.} = \frac{1}{\frac{h_Г}{R_Г} + \frac{h_B n}{R_B}} = \frac{1}{\frac{0{,}32}{31{,}2} + \frac{0{,}63 \cdot 20}{41}} = 3{,}15 \ Ом \qquad (8.4)$$

где n=20 - число вертикальных электродов;

$h_в$=0,63 - коэффициент использования вертикальных электродов из угловой стали, размещённых по контуру;

$h_г$=0,32 - коэффициент использования соединительной полосы в контуре электродов из угловой стали.

Сопротивление такой величины (оно может быть меньше, т.к. количество вертикальных заземлителей, используемых в контуре заземления всего цеха, на порядок больше) удовлетворяет ПУЭ, где требуется, чтобы сопротивление заземляющего устройства, используемого для заземления электрооборудования, должно быть не более 4 Ом.

Для обеспечения непрерывности цепи заземления цеха контур наружного заземления присоединяется к металлическим колоннам цеха.

Внутри здания цеха в качестве заземлителей используются:

- во встроенных помещениях - стальная полоса 40х40, проложенная по периметру помещений на высоте 0,5 м от пола, соединённая с трубами электропроводки, обрамлением кабельных каналов и проёмов от съёмных щитов перекрытий двойных полов, с общей цепью заземления цеха;
- в кабельных туннелях, кабельных каналах, двойных полах электротехнических помещений - кабельные конструкции, связанные между собой металлическими лотками и присоединённые к трубам электропроводки или цепи заземления цеха в двух местах.

8.3 Экологичность проекта.

В настоящее время во всем мире огромное внимание уделяется вопросам охраны окружающей среды, защиты ее от вредного влияния производства. Современное состояние окружающей среды требует немедленного решения экологических проблем.

Наиболее вредными факторами, оказывающим влияние на экологическую обстановку, являются пыль и газы, выделяемые в процессе производства, и смазка, используемая при обслуживании электро- и механооборудования. Для очистки газов используются газоочистные установки. Смазка используется в небольших количествах, по замкнутому циклу, т.е. отработанная смазка заменяется на новую и отправляется на переработку.

В данном проекте не используется электрооборудование, содержащее вредные материалы - механизм экологически безопасный.

Чрезвычайные ситуации

Под чрезвычайной ситуацией понимают неожиданно, внезапно возникнувшую обстановку на определенной территории или объекте экономики, которая может привести к человеческим жертвам, ущербу здоровью людей или окружающей среде, материальным потерям и нарушению условий жизнедеятельности людей.

Причинами чрезвычайных ситуаций могут быть стихийные бедствия, техногенные и экологические катастрофы, социально-политические конфликты.

В условиях Среднего Урала наиболее вероятны техногенные и экологические катастрофы, но нельзя исключать и возможность стихийных бедствий.

К чрезвычайным ситуациям, возникающим в цехе можно отнести следующие события:

-возгорание электрооборудования;

-авария электрической сети.

Система автоматически реагирует на вышеперечисленные ситуации. В частности могут иметь место следующие случаи:

-автоматическое отключение привода при отклонении питающего напряжения от допустимых пределов, при токовых перегрузках, при коротких замыканиях в силовых цепях;

-автоматическое отключение привода при заклинивании редуктора;

-включение резервного преобразователя при выходе из строя основного.

При незапланированном отключении привода, а, следовательно, при нарушении технологического процесса, сигнал об аварии передается на диспетчерский пункт. Ликвидация остальных неисправностей производится

прибывшим персоналом вручную (отключение электрических коммутирующих аппаратов, тушение пожара).

Меры пожарной безопасности и действия персонала при пожаре

Пожар - это стихийное распространение горения, проявляющееся в уничтожающем действии огня, вышедшего из-под контроля человека.

Опасными факторами пожара являются [13]:

- открытый огонь (пламя) и искры;
- повышенная температура воздуха и предметов;
- токсичные продукты горения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода в воздухе;
- обрушения зданий, сооружений, установок;
- При взрыве, кроме того, опасна взрывная волна, обладающая большой разрушительной силой; разлетающиеся осколки; разгерметизация емкостей, содержащих вредные вещества.

Возникают пожары, как правило, при нарушении мер пожарной безопасности, в результате разрядов молнии, самовозгорания и других причин, например из-за неисправности электропроводки. На объектах заблаговременно разрабатываются специальные мероприятия по предотвращению или максимальному снижению последствий стихийных бедствий, характерных для данного географического района, и уменьшению возможных потерь людей и материальных ценностей. К числу таких мероприятий относятся: строгое соблюдение специфических мер безопасности, организации оповещения руководящего состава и т.д. Дерево причин и опасностей при пожаре на главном приводе приведено на рисунке 8.1

Оценка пожаробезопасности различных помещений заключается в определении возможных разрушительных последствий пожаров, а также опасных для людей факторов пожара.

Дерево причин и опасностей при пожаре в цехе.

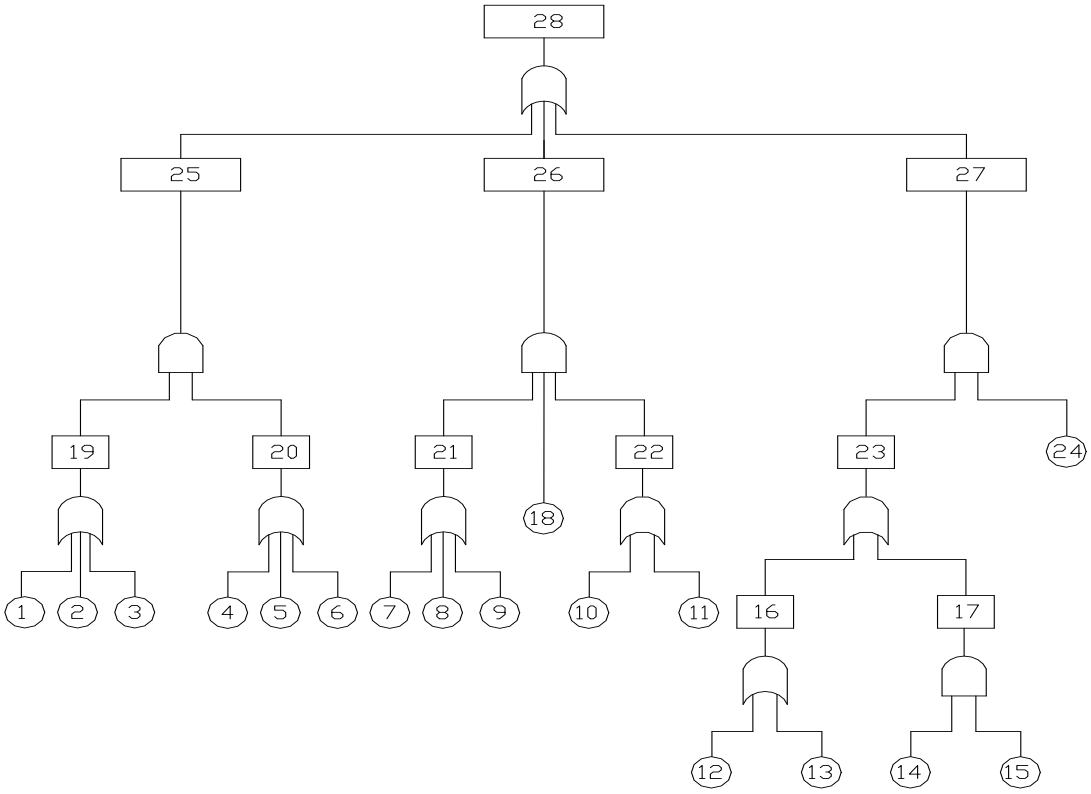


Рисунок 8.1 - Дерево причин и опасностей при пожаре в цехе.

Обозначения на схеме:

1 – пригорели контакты отключающего реле; 2 – не сработала катушка отключения выключателя; 3 – не сработал привод выключателя; 4 – старение изоляции в трансформаторе; 5 – нарушение правил техники безопасности; 6 – удар молнии; 7 – нарушение правил проведения сварочных работ; 8 – провисание проводов и сильное загрязнение изоляторов; 9 – брак сборки или наладки панелей защиты; 10 – поломка автоматики управления отопительными приборами; 11 – перегрузочный режим потребления электрической энергии; 12 –повреждение газопровода; 13 – избыточное давление газа; 14 – наличие испарений горючих веществ; 15 – нарушение вентиляции; 16 – утечка газа; 17 – наличие горючих испарений; 18 – наличие на территории цеха легко воспламеняющихся веществ; 19 – отказ выключателя; 20 – короткое замыкание в трансформаторе; 21 – искрение; 22 – нагрев проводов; 23 – присутствие взрывоопасных газов; 24 – открытый огонь; 25 – трансформатор не отключился при коротком замыкании; 26 – местное возгорание; 27 – взрыв в цехе; 28 – пожар в цехе.

Пожар и взрыв опасны для людей. Опасными факторами являются открытый огонь (пламя) и искры, дым, недостаток кислорода в воздухе, обрушения зданий, сооружений, установок. При взрыве, кроме того, опасна взрывная

волна, обладающая большой разрушительной силой; разлетающиеся осколки; разгерметизация емкостей, содержащих вредные вещества.

Машинное отделение относится к категории «В» (пожароопасные). Пожаро- и взрывобезопасность - это состояние, когда возможность пожара или взрыва сведена к минимуму, а в случае их возникновения обеспечена защита людей и материальных ценностей от опасных факторов пожара или взрыва. Пожаро и взрывобезопасность регламентируют государственные стандарты (такие как ГОСТ 12.1.004-91 [26]. Пожарная безопасность, ГОСТ 12.1.010-76 [27]. Взрывобезопасность, ГОСТ 12.1.033-81 [28]. Общие требования и др.), общегосударственные строительные нормы, а также межотраслевые противопожарные правила. Государственные стандарты устанавливают следующие меры предотвращения пожаров и взрывов и защиты от них людей и материальных ценностей:

- Ограничение количества горючих веществ. Максимально возможное применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов вместо горючих.
- Концентрация горючих газов, паров, пыли в воздухе должна быть значительно меньше минимальной концентрации, при которой возможно их воспламенение:

$$□_{доп} \leq □ \cdot □_{min},$$

где $□_{доп}$ - взрывоопасная концентрация, % по объему,

$□□_{min}$ - минимальная взрывоопасная концентрация, равная концентрации нижнего предела воспламенения, % по объему,

k - коэффициент безопасности, принимаемый равным 0.25 – 0.77 в зависимости от свойств горючей смеси.

- На каждом предприятии, а также и в любом жилом помещении должна быть обеспечена безопасность людей при пожаре, а также разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка.
- Все работники предприятий должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке, установленном руководителем.
- Во всех производственных, административных, складских, вспомогательных и жилых помещениях на видных местах должны быть вывешены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны.
- На каждом предприятии приказом (инструкцией) должен быть установлен соответствующий их пожарной безопасности противопожарный режим, в том числе:

- определены и оборудованы места для курения;
- регламентированы: порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы; действия работников при обнаружении пожара;
- определены порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа.

▪ Руководитель объекта с массовым пребыванием людей (50 человек и более) в дополнение к схематическому плану эвакуации людей при пожаре обязан разработать инструкцию, определяющую действия персонала по обеспечению безопасной и быстрой эвакуации людей, по которой не реже одного раза в полугодие должны проводиться практические тренировки всех задействованных для эвакуации работников.

Действия персонала цеха при пожаре:

В случае возникновения пожара в зданиях или на территории цеха первый заметивший пожар обязан:

Немедленно сообщить о пожаре в пожарную часть с любого телефонного аппарата по номеру 01 с указанием точного места пожара.

Сообщить о пожаре оператору цеха по прямому телефону.

До прибытия работников ВПЧ производить тушение пожара с применением первичных средств пожаротушения, привлекая находящихся поблизости работников.

Принять меры по встрече пожарных машин.

Оператор, получив с какого-либо участка цеха сигнал о пожаре, действует согласно памятке "Действия оператора при пожаре".

Администрация цеха в случае возникновения пожара в цехе или вблизи его обязана:

а) проверить, вызвана ли пожарная часть;

б) поставить в известность о пожаре руководителя предприятия;

в) возглавить руководство тушением пожара до прибытия пожарной части:

г) выделить для встречи пожарных подразделений лицо, хорошо знающее расположение подъездных путей и водоисточников;

д) удалить (при необходимости) за пределы цеха или опасной зоны всех рабочих и служащих, не занятых ликвидацией пожара;

е) при необходимости вызвать медицинскую и другие службы;

ж) организовать отключение электроэнергии, остановку оборудования, перекрытие паровых и водяных коммуникаций, остановку систем вентиляции, выполнение других мероприятий, способствующих предотвращению распространения пожара;

з) по прибытии подразделений пожарной охраны представитель цеха, руководящий тушением пожара, сообщает руководителю подразделений пожарной охраны все необходимые сведения об очаге пожара, консультирует о наличии людей в очаге пожара, о веществах и материалах, находящихся в зоне горения, об обстановке, которая может сложиться при пожаре.

В качестве первичных средств пожаротушения необходимо использовать огнетушители углекислотные типа ОУ-2, ОУ-5.

Но все-таки одним из самых основных факторов гибели людей на пожаре является паника, охватившая человека. При пожаре ни в коем случае недопустимо придаваться панике, даже в самой, казалось бы, безвыходной

ситуации. Первым делом необходимо взять себя в руки и попытаться найти выход из объятого огнем помещения.

Выводы

Из предыдущих пунктов следует, что автоматизированный электропривод механизма обжимной клети относится к опасным объектам, подверженным только внутренним неисправностям, но не оказывающим отрицательного воздействия на окружающую среду. Рабочее место удовлетворяет ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ [23] (Вибробезопасность), ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [17]. (Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-технические требования), ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ [24] (Электробезопасность. Общие требования) и ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ [25] (Электробезопасность. Защитное заземление, зануление).

Отрицательным последствием выхода из строя главного электропривода прокатного стана является нарушение технологического процесса прокатки и останов всего стана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы ставилось спроектировать электропривод, автоматизацию механизма обжимной клети реверсивного стана.

В процессе проектирования была собрана информация о главном приводе, приведены его технические характеристики. Описано назначение и работа проектируемого механизма, его технологические характеристики. Составлены требования, предъявляемые к электроприводу.

В качестве приводного был выбран электродвигатель постоянного тока типа П23/165-4,6, номинальной мощностью 4600 кВт.

В качестве источника питания выбран тиристорный преобразователь типа ТВР4-6300/1050Т2-Р1.08.1-УХЛ4, который, в свою очередь, подключен к трансформатору типа ТРДТП-12500/10 У3.

Проведена проверка загрузки электродвигателя. Построены нагрузочная диаграмма и тахограмма. Приведена схема электрическая принципиальная силовых цепей электропривода.

Была разработана система автоматического регулирования электропривода: САР скорости и САР возбуждения. Составлены структурная и функциональная схемы системы автоматического регулирования электропривода. Выбран контроллер SIMADYN D, который позволяет реализовать синтезированные регуляторы (тока якоря, скорости, тока возбуждения, ЭДС) и представлен список необходимых параметров, их описание и значение.

Разработана система технологической автоматики по управлению механизмом обжимной клети. Элементная база выбрана на основе программируемого контроллера SIMATIC S7-400 и приведён алгоритм рабочей программы.

Проведены технико-экономические расчёты. Проведён сравнительный анализ двух вариантов технических решений и определен экономическая целесообразность технических решений дипломного проекта.

Были рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проектируемого механизма. Даны характеристики вредных и опасных факторов, их допустимые параметры, действие, оказываемое ими, на организм человека и меры, принимаемые к их устранению. Были затронуты вопросы пожароопасности и экологичности. Описаны чрезвычайные ситуации, и принятие необходимых мер по ликвидации при их возникновении.

Спроектированный электропривод обжимной клети по своим техническим возможностям соответствует требованиям по производительности, быстродействию, надёжности и экологически безопасен.

Выпускная квалификационная работа может быть использована при разработке рабочей документации электропривода обжимной клети и реального внедрения в производство.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Паспорт и руководство по эксплуатации вертикально-фрезерного станка мод. 6550. – Чаренцаванский завод, 1977. – 97 с.

2 Сандлер, А.С. Электропривод и автоматизация металлорежущих станков / А.С. Сандлер. – М.: Высш. шк., 1972. – 440 с.

3 Справочник по электрическим машинам: Т.1 / под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 456 с.

4 Корытин, А.М. Автоматизация типовых технологических процессов и установок: учебник для вузов / А.М. Корытин, Н.К. Петров, С.Н. Радимов. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.

5 Соколов, Н.Г. Расчеты по автоматизированному электроприводу металлорежущих станков / Н.Г. Соколов, В.А. Елисеев. – М.: Высш. шк., 1969. – 296 с.

6 Доманов, В.И. Системы управления электроприводов: методические указания по курсовому проектированию для студентов специальности 14060465 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов»/ В.И. Доманов, А.В. Доманов. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 42 с.

7 Долин, П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учебное пособие / П.А. Долин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448с

8 Анфилофьев, Б.А. Электробезопасность: методические указания к выполнению практической работы / Б.А. Анфилофьев, Е.А. Скачкова. – Самара: СамГАПС, 2002. – 18 с.