

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

Институт электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Кафедра электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Частотно регулируемый электропривод агломерационной машины	

УДК 62-83-52:622.788

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Федоров Алексей Алексеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ланграф Сергей Владимирович	Кандидат технических наук, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	Кандидат экономических наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дементьев Юрий Николаевич	Кандидат технических наук, доцент		

Томск – 2017 г.

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)
Кафедра электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Федорову Алексею Алексеевичу

Тема работы:

Частотно регулируемый электропривод агломерационной машины	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1655/с от 09.03.2017г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документация.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	введение; описание технологического процесса; обоснование и выбор системы электропривода; выбор элементов и расчет параметров силового канала регулируемого электропривода; расчет статических и динамических характеристик
Перечень графического материала	1. Функциональная схема агломашины

	2. Имитационная модель электропривода 3. Динамические характеристики электропривода 4. Статические характеристики электродвигателя и электропривода 5. Техничко-экономические показатели.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко Аркадий Альбертович
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.03.2017г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ланграф Сергей Владимирович	Кандидат экономических наук, доцент		06.03.2017г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5Г2А1	Федоров Алексей Алексеевич		06.03.2017г.

РЕФЕРАТ

АГЛОИЗВЕСКОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО, АГЛОМЕРАЦИОННАЯ МАШИНА, АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является асинхронный электропривод агломашины. Цель работы – исследование и разработка асинхронного частотно-регулируемого электропривода агломерационной машины.

В выпускной квалификационной работе был сделан расчет и выбор двигателя приводного; преобразователя частоты, а также были рассчитаны и определены параметры цепи силовой. Произвели обоснование и выбрали способ управления, произвели расчет механических и электромеханических характеристик. Методом имитационного моделирования используя программу Matlab на ЭВМ рассчитали и провели исследования переходных процессов для основных режимов работы.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» произведен расчет сметы затрат на пуско-наладочные работы электропривода агломашины.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности. Были проанализированы опасные и вредные факторы производства.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, так же в работе использованы программы Mathlab, MathCAD, Microsoft Power Point.

Содержание

Введение	8
1 Проектно-пояснительная часть.	9
1.1 Объект автоматизации. Назначение. Общий вид.	
Параметры и характеристики.	9
1.2 Механизм. Назначение. Кинематическая схема. Параметры.	12
1.3 Технологический процесс. Параметры и характеристики.	
Требование к электроприводу механизма и автоматизации.	14
1.3.1 Технологический процесс цеха агломерации.	14
1.3.2 Описание. Параметры и характеристики.	
Требование к электроприводу механизма и автоматизации.	21
1.4 Условия и режим работы, требования к электроприводу	22
1.5 Разработка технического задания	23
2 Проектно-расчетная часть	25
2.1 Выбор электродвигателя по мощности,	
скорости и техническим условиям	25
2.2 Расчёт параметров схемы замещения электродвигателя	39
2.3 Естественные механическая и электромеханическая	
характеристики двигателя	40
2.4 Определение области допустимой длительной	
работы двигателя	45
2.5 Построение требуемых областей длительной и	
кратковременной работы двигателя	48
2.5.1 Построение областей работы в плоскости механических	
характеристиках двигателя	48
2.5.2 Построение областей работы электропривода в плоскости	
электромеханических характеристик двигателя	49
2.6 Выбор преобразователя частоты	51
2.7 Структурная схема силового канала системы преобразователь	

частоты – асинхронный электродвигатель	57
2.7.1 Расчет параметров элементов структурной схемы силового канала электропривода	58
2.8 Структурная схема линеаризованной САУ электропривода	60
2.9 Оптимизация контуров регулирования САР электропривода	64
2.10 Имитационные исследования регулируемого электропривода агломашины	74
2.11 Расчет переходных процессов электропривода агломашины	85
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	90
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	92
3.1 Планирование проектных работ	94
3.1.1 Прямые расходы	96
3.1.2 Составление, расчет сметы затрат на проектные работы	98
3.2 Планирование пуско–наладочных работ работ	99
3.2.1 Расчет материальных затрат	102
3.2.2 Определение стоимости пуско–наладочных работ	104
3.3 Расчет капитальных вложений на реализацию проекта	106
3.4 Расчет эксплуатационных затрат	106
3.4.1 Амортизационные отчисления	106
3.4.2 Затраты на эксплуатацию и текущий ремонт	106
3.4.3 Затраты на заработную плату персонала для обслуживания оборудования	107
3.4.4 Годовые эксплуатационные затраты	108
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	109
4 Социальная ответственность	111
4.1 Расположение предприятия, цеха	111
4.2 Анализ условий труда	112

4.3	Производственная санитария	114
4.4	Техника безопасности	118
4.5	Расчёт опасности поражения электрическим током	114
4.6	Расчёт заземления	120
4.7	Пожарная безопасность цеха	123
4.8	Охрана окружающей среды	134
4.9	Возможные чрезвычайные ситуации в цехе агломерации	137
	Заключение	140
	THE CONCLUSION	142
	Список использованных источников.	143
	Приложение А	144

Введение

На сегодняшний день металлургическое производство потребляет значительное количество электроэнергии. Темпы увеличения производства в металлургии требуют постоянного роста потребления электроэнергии на единицу выпускаемой продукции. Электрический привод занимает особое место в схеме электропотребления черной металлургии, так как ежедневно непрерывно наблюдается рост производства и растет потребление электроэнергии на электропитание двигателей в ней около 80%.

Автоматизация технологических процессов, увеличивая эффективность производства, повышает производительность оборудования, уменьшает расходы на эксплуатацию, таким образом, обеспечивая экологическую чистоту и качественное улучшение производства в целом.

Автоматизированный электропривод — это экономичная и высоконадежная электромеханическая система, способная полностью обеспечить в технологическом процессе автоматизацию, тем самым достигается высокий уровень быстродействия и точность при своей работе, все это ведет к улучшению условий труда обслуживающего персонала.

На этапе современного технологического развития существенно возрастает значимость автоматизированного электропривода, который в значительной полной мере стал определять прогресс в областях технологии и техники, связанных с воспроизводством механических движений, создаваемых путем преобразования электромеханической энергии.

Основу аглоизвесткового производства с точки зрения энергетики составляет электрический привод, уровень технического развития которого определяет качество и эффективность работы технологического оборудования производства и основными направлениями развития которого являются, увеличение экономичности и надежности работы. Это достигается путем усовершенствования преобразователей, электродвигателей, цифровых и аналоговых средств управления, элементов защиты и коммутационной аппаратуры.

1 Проектно-пояснительная часть

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

В доменном процессе используемая железорудная часть шихты, подлежит окусковыванию. Способы окусковывания, это агломерация и окомковывание (окатывание).

Агломерацией является термический процесс окусковывания материалов рудных способом их спекания для придания свойств и формы, необходимых для плавки в доменной печи. Это процесс называется агломерацией и осуществляется на агломерационных машинах.

Суть хода процесса агломерации проводимому на агломерационных машинах сводится к спеканию исходного сырья, предварительно перемешанного с топливом и определенными добавками (известняком, доломитом, и т. д.), которые ускоряют процесс спекания. В процессе спекания на агломерации из руды удаляются вредные для чугуна примеси (мышьяка, фосфора, серы, и т. п.).

В доменных печах процесс плавки чугуна применение агломерата, при этом расход кокса снижается, а продуктивность процесса плавки доменной печи повышается на 15-20%.

На агломерационных фабриках производственные процессы имеют характер непрерывный, что создает условия для благоприятного их комплексной автоматизации и полной механизации.

Состав исходного сырья меняется, сложные физико-химические процессы, присутствие большого количества сторонних возмущающих воздействий (зависание материалов в бункерах, смерзание руды зимой, сход ленты, завалка течек, и т. п.) предъявляют к разрабатываем системам автоматизацией управления ряд определённых требований.

Агломерационное производство характеризуется высокомеханизированным непрерывным процессом, в котором участвует большое число механизмов технологически связанных между собой. Питатели, конвейеры, и другие механизмы и транспортные устройства агломерационного цеха связаны в поточно-транспортную систему (ПТС), обладающую управлением централизованным автоматизированным

Механизмы поточно-транспортной системы связаны между собой, благодаря чему реализуется последовательность пуска их в направлении, противоположном грузопотоку, автоматическая остановка всех предшествующих механизмов (считая от начала линии) при остановки одного из них во избежание завалки и т. п.

В агломерационном цехе обширно применяется диспетчерское централизованное управление поточно-транспортной системы, оборудованное средствами программирования, вычислительной техники и телемеханики. Система централизованного управления механизмами поточного производства предусматривает три режима управления: местное для производства ремонтных работ, централизованное со щита оператора, а также местное заблокированное для наладочных работ и на случай выхода из строя системы централизованного управления.

Можно выбирать режимы управления централизованно для всех механизмов участка, пользуясь общим избирателем управления для всех механизмов, установленным на щите оператора, или персональным для каждого механизма избирателем управления, или путем установки на блоках управления избирателя управления этими электродвигателями.

Персональный выбор режимов управления механизмами позволяет переводить отдельные механизмы, не нарушая централизованное управление участком на тот или иной режим управления. Это важно особенно для разветвленных участков с несколькими трактами, потому что дает возможность при централизованном управлении участком на местном или местном

сблокированном режимах, управления выполнять наладочные и ремонтные работы отдельных механизмов. Однако персональный выбор режимов управления механизмами потребует установку многочисленных приборов и увеличение капитальных затрат.

По этой причине присутствие маленьком количестве элементов в месте его никак не применяют. С целью предоставления защищенности сервиса учитывают разные типы сигнализации: предупредительную, предостерегающую штат о будущем пуске элементов; предупредительную, семафорную несоответствие с стандартного капиталом единичных автоматизированных конструкций поточного изготовления; авантюристическую, сигнализирующую о авантюристической приостановке элементов, и др.

Применяют равно как немного проводные схемы с шаговыми искателями и иными компонентами телемеханики, таким образом и наиболее обыкновенные большое количество проводные схемы, в каковых избрание и руководство приспособлениями исполняется с поддержкой ключей и клавиш.

Наилучшее свойство агломерата и наибольшая эффективность агломашины гарантируется, присутствием автоматизации и оптимизации научно-технического движения, если формируются требование с целью укрепления постоянства состава и физико-механических качеств шихты, установленной возвышенности покрова шихты в спекальных телегах. Стабильной приемлемой влаги шихты, непрерывного соответствия топливно-воздушное пространство и температуры горна, урегулированная быстрота перемещения ленты в связи с отвесной быстроты спекания с подобным расплатой, для того чтобы процедура спекания завершилась, нужно соблюдать технологию и обеспечить пространство над камерой и т.п.

1.2 Назначение механизмов. Параметры кинематической схемы.

В ходе агломерации начальные шихтовые использованные материалы сначала усредняют согласно содержанию железа, потом отмеряют, перемешивают среди собою и топливом (коксом), увлажняют и расстилают покровом установленной толщины (приблизительно 0, 35м) на постоянно перемещающихся колосниках, которые передвигаются согласно круговому рельсовому дорожке. Посредством основанный прослойка шихтовых использованных материалов продувается воздушной смесью с поддержкой сильных дымоходов (экстауэров) для абсолютного выгорания кокса, тем самым образуется соответствующий материал для доменной плавки имеющий пористую структуру.

Предпочтительное продвижение приобрели агломашины серии АКМ Главным узлом агломашины конвейерного вида считается спекальная тележка, в каковой укреплены колосники. Телеги передвигаются согласно направляющим рельсам. В завершении горизонтального дорожке телеги опрокидываются, выгружая агломерат, и скатываются к ведущей звездочки агломашины. Специализированные зубчатые колеса зацепляют грузовые ролики тележки и, поднимая их на уровень верхнего рельсового пути, продвигают, толкая вперед все тележки. Перемещение всех телег осуществляется зубчатыми колесами от электродвигателя через редуктор.

Для получения качественного агломерата необходимо соблюдать определенные условия, обеспечение скоростей между Одним из условий получения качественного агломерата является соответствия скоростей передвижения аглоленты и скоростью спекания шихты, которая в свою очередь зависит от толщины слоя, влажности слоя, состава и др. К тому же, скорость передвижения аглоленты должна быть согласована с дозировкой питателя, подающего шихту на нее .

Кинематическая схема механизма агломашины представлена на рисунке 1.

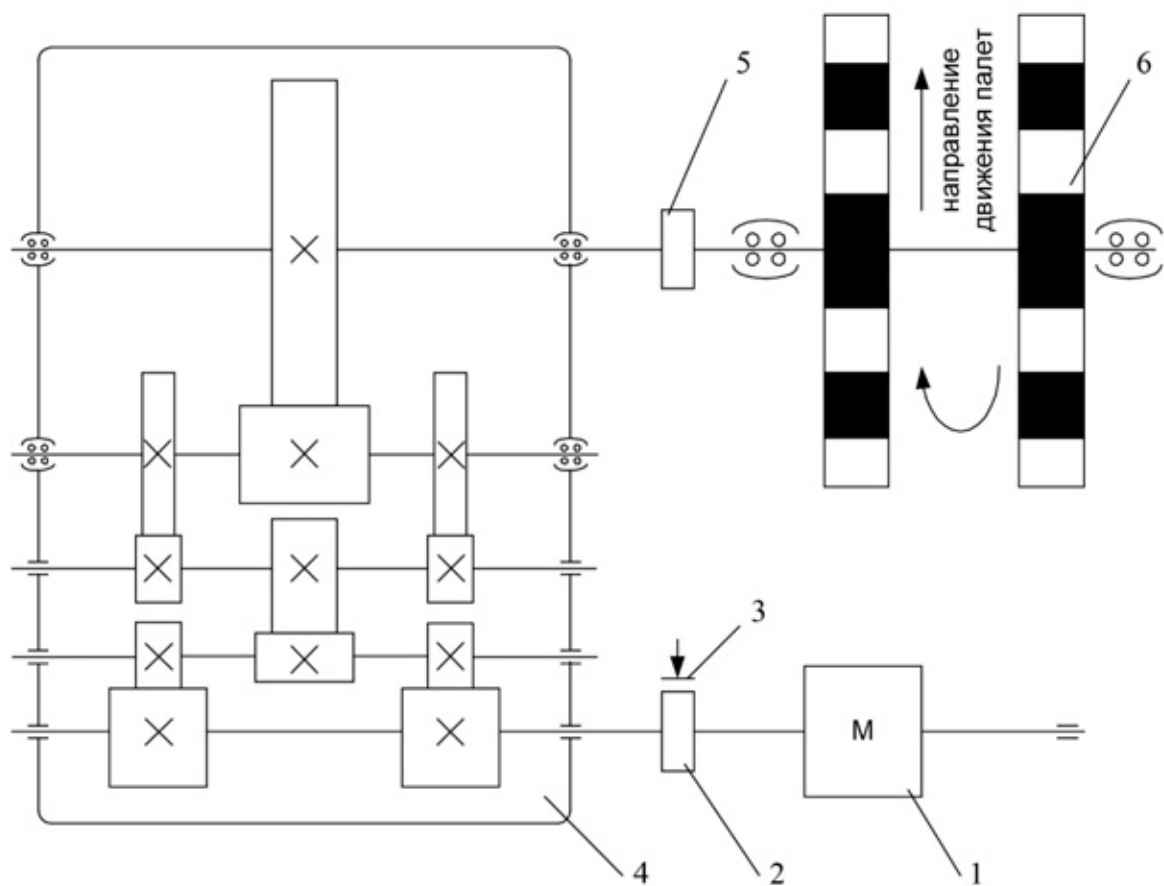


Рисунок 1.- Кинематическая схема механизма агломашины.

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

1.3 Параметры технологического процесса. Предъявляемые требования к электроприводу.

1.3.1 Технологический процесс цеха агломерации.

Все материалы доставляются к цеху в вагонах с системой саморазгрузки и хранятся в соответствующих определенных бункерах.

Цех состоит:

- участок дробления топлива;
- участок дробления известняка;
- отделение дозировки ;
- спекательное отделение;
- отделение охлаждения и сортировки агломегата.

Участок дробления топлива

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

Весь склад топлива разбивается на два прямоугольника по длине. В одном прямоугольнике создаётся штабель, в это время из предварительно сформированного штабеля осуществляется забор усредненного топлива. Постоянный запас топлива на технологическом складе должен составлять 5-7 тыс. тонн.

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

Усредненное топливо со склада подается через узел перегрузки N 16 в корпус дробления на грохот инерционного типа. Продукт грохочения, имеет классы крупностью более 15мм, попадают по конвейеру ДТ-2 в дробилку

конусную, а подрешетный (фракция менее 15мм) – конвейерами П16-2, ИТ-1 передается в бункера корпуса измельчения топлива.

Для обеспечения нормальной работы конусной дробилки нужно обеспечить мерное распределение топлива вокруг конуса дробящего. Щель для разгрузки дробилки устанавливается на уровне 8-12мм. Во недопущения попадания металлических предметов в конусную дробилку, на конвейерах ИТ-1 и П16-1 поставлены электромагнитные металлоискатели.

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

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

Подготовленное топливо для агломерации является измельченным продуктом крупностью менее 3мм. Содержание классов крупностью 3мм в окончательно готовом топливе не должно превышать 9%. Непомерное измельчение топлива так же вредно, как и недоизмельчение, почему содержание классов в нем менее 0, 5мм должно быть минимальным.

Осуществление качественного контроля топлива подготовленного для агломерации проводится методом рассева проб топлива, отбираемых сотрудниками отдела технического контроля (ОТК).

Участок дробления известняка

Загрузка известняка в бункер дробления осуществляется ленточным конвейером ДИ-1, наполнение бункеров дробилок молотковых – конвейером ДИ-3.

Известняка дробление делается на дробилках молотковых типа ДМ РИЭ-10*10, работающих в цикле замкнутом с грохотами инерционными 173ГР, где отсеивается фр. менее 5мм. Что бы не попал металл в дробилку на конвейерах ДИ-1, ДИ-2 смонтированы металлоискатели и подвешенны электромагниты.

Что бы загрузка дробилок была равномерной, на каждую предусматривается бункер вместимостью 15 т, бункер оборудован питателем. Загрузка на дробилку известняка, в зависимости от его качества и крупности оборотного продукта, регулируется путем изменения скорости движения ленты питателя, шибера и реечного затвора. Качество процесса дробления обеспечивается величиной зазора между молотками ротора и колосниками решетки. Зазор должен составлять 8-10мм между колосниками колосниковой решетки.

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

Фракция известняка в конечном продукте не должна превышать 5мм, причем содержание фракции крупностью 5мм допускается не более 4%. Ситовый состав известняка контролируется специалистами ОТК.

Дозировочное отделение

Главное назначение дозировки, обеспечить производство агломерата определенного качества с определенными физико-химическими свойствами.

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

В отделении дозировочный работает система дозирование компонентов шихты в автоматическом режиме.

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

Из дозировочного отделения шихта поступает в КПС, где перемешивается с возвратом. Дозирование возврата в шихту определенной агломашин осуществляется тарельчатыми питателями из бункера общего возврата емкостью 500м³.

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

Шихта с возвратом перемешиваются в смесителях барабанных, отдельными для определенной машины. В смесителях происходит перемешивание всех видов шихты, нагрев шихты за счет горячего возврата и начальное ее увлажнение.

Спекательное отделение

В окомкователях ОВ6-3, 2-12-5, производится окомковывание шихты, в ней они включены в аглокорпус над определенной агломашиной. затем производится окончательное размешивание шихты с добавляемым топливом, увлажнение и окомковывание. В окомкователях увлажнение шихты совершается эвольвентными форсунками, которые создают тонкое распыление воды.

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

Шихта кладется в заранее наполненную постель. Постель предполагает собою мелочный агломерат фракцией 20-23мм, что выдается в самобалансных грохотах холодного агломерата с прибавлением просыпи с перед охладителей. Данный продукция подвергается добавочной классификации в узле сортировке постели в пневмокласификаторе. число постелей, загружаемое в колосниковую сетку, находится в зависимости с быстроты агломашины и обязано являться подобным,

Численность постели, загружаемое на колосниковую решетку, находится в зависимости от скорости агломашины и надлежит быть этим, дабы слой постели составлял не наименее 20мм. Численность постели контролируется по свидетельствам весов на конвейере П8-3. Регулировка числа постели выполняется уменьшением или же добавлением щелей на грохотах.

На агломашину загрузка шихты выполняется через питатель барабанный. Барабанный питатель располагается над загрузочным бункером. Мерное распределение шихты в бункере загрузочном в направлении,

перпендикулярном оси агломашины, осуществляется с помощью конвейеров передвижных, работающих в челноковом режиме.

На агломашинах высота слоя шихты находится в зависимости от степени подготовки шихты и может меняться от 300 до 500мм.

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

На всех агломашинах колосники чугунные в тележках спекательных заменены на стальные, которые производятся на предприятии штампованием.

Поджиг шихты является первоначальной стадией процесса спекания и от верной организации его зависят продуктивность агломашин и качество получаемого агломерата по механической крепости. Процесс спекание подготовленной шихты является важнейшим этапом в технологии получения качественного агломерата и реализовывается за счет горения углерода топлива в постельном слое шихты и развития жидкой фазы.

Процесс агломерации является совершенным, по употреблению тепловой энергии топлива за счет регенерации тепла. Потому, несмотря на малое содержание топлива в шихте (3, 5-4, 5%), при верной организации процедуры спекания в области горения топлива формируется температура до 1450-1500С⁰, при которой совершается плавление и развитие жидкой фазы.

Скорость передвижения тележек спекательных регулируется оператором агломератчиком в зависимости от вертикальной скорости процесса спекания тем самым, чтобы процесс спекание заканчивалось на предпоследней вакуум-камере.

Скорость вертикальную спекания можно вычислить по формуле:

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

где H – высота аглослоя шихты, мм;

V_T – скорость движения аглопалет, м/мин;

L – длина площади просасывания, м;

Скорость передвижения аглопалет должна быть временно уменьшена при надлежащих режимах спекания:

- нехватка или переизбыток влаги в шихте;
- неправильная подготовка перемешивания и окомковывания шихты;
- уплотнение шихты при загрузке;
- уменьшение температуры подогрева шихты;
- работа без постели;
- излишек углерода в шихте.

После уменьшения скорости движения аглопалет принимают все нужные меры к ликвидации причин.

Для получения максимальной производительности агломашины нужно стремиться вывести эксгаустеры на полную мощность. В редчайших случаях (при аварии или ремонте эксгаустера) с позволения начальника цеха допускается работа агломашины в режиме с одним эксгаустером. При эксплуатации одним эксгаустером нужно снизить общую высоту аглослоя шихты до 250-300мм и внести поправки в расход топлива.

Высокопроизводительная работа печей доменных достигается при условии, когда применяются агломерат крупности фракцией в границах 5-30мм, что достигается должным грохочением и дроблением агломерата.

Охлаждение и сортировка агломерата

Транспортируется агломерат в доменный цех конвейерами с лентой из резины. Для исключения случаев возгорания ленты, а также по требованиям санитарно-техническим, агломерат должен остывать до 100-120С⁰. Дробленый агломерат остывает на прямолинейных охладителях ОП-315 с продувкой воздуха снизу в верх.

На агломашине для отправки агломерата на охладитель используется схема обратной загрузки. Холодный агломерат по завершении их охлаждения

вначале поступает на грохот стационарный, где отделяется фр. более 30мм, и затем транспортируется в доменный цех, а фр. менее 30мм попадает на грохот самобалансный, на котором сначала отделяется мелочь (менее 5мм), а затем "аглопостель" крупностью 5-13мм. Мелкая фракция транспортируется в КПС, а "аглопостель" помещается на колосники тележек спекательных агломашины.

Произведенный агломерат по конвейерным транспортерам передается в доменный цех. Перед тем как загрузить в скип доменной печи из агломерата отделяется класс менее 5мм, который в смеси с холодным возвратом направляется в КПС.

1.3.2 Предъявляемые требования к электроприводу механизма и автоматизации.

В агломерационной машине система электропривода обязана удовлетворять следующим главным требованиям: точность поддержания скорости во всем диапазоне управления 5% диапазон управления скорости 1:10; Система регулирования скорости автоматическая, в функции сигналов технологических датчиков. Должны быть снабжены также автоматическое поддержание параметра тормозного момента, предварительный выбор зазора между палетами в верхней ветви ленты, фиксация палет на звездочках во время остановки машины и т. п. Схема обязана обеспечивать также подрегулирование скоростей тарельчатого питателя и барабанного.

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

Включение в работу механизмов движения агломашины реализуется в строго назначенной последовательности, что

обеспечивается определенными блокировками. Например, перед запуском агломашины подключает насос масло смазки и дробилки агломерата. Питатели запускаются и останавливаются одновременно с агломашиной и т. д.

1.4 Условия и режим работы.

Выбор типа электропривода и рода тока производится отталкиваясь от определенных условий, предъявляемых к порядку работы исполнительного механизма.

Важным условием производством качественного агломерата является обеспечение соответствия между скоростью перемещения, движения аглоленты и скоростью процесса спекания шихты, которая зависит от толщины ее слоя, влажности слоя, состава и др. Кроме того, скорость перемещения, движения аглоленты обязана быть согласована с работой питателя, передающего на нее шихту.

Система электропривода машины агломерационной должна удовлетворять следующим главным требованиям: погрешность поддержания скорости во всем диапазоне регулирования не более 15%. диапазон регулирования скорости 1 : 10 Система регулирования скорости автоматическая, построена по замкнутой системе с использованием обратных связей от сигналов технологических датчиков. Должно выполняться также автоматическое поддержание пахраметра тормозного момента, заблаговременно выбор зазора между спекательными тележками в верхней ветви ленты, фиксация спекательных тележек на звездочках во время остановки машины.

Этим требованиям удовлетворяет электропривод переменного тока с частотным регулированием

1.5 Разработка технического задания

Разработать автоматизированный регулируемый электропривод агломерационной машины, который должен обеспечить следующим заданным условиям и техническим требованиям:

1. Род тока – переменный;
2. Частотный преобразователь;
3. Питающее напряжение сети переменного трехфазного тока $U_c=380\text{В}$ с частотой $f_c=50\text{Гц}$;
4. Реактивный характер нагрузки.
5. Длительный режим работы;
6. Скорость максимальная линейная : $V_{\max}=6.9\text{ м/мин.}$;
7. Регулирование скорости в диапазоне: $D=1:10$;
8. Время переходного процесса не более 3 с;
9. Перерегулирование скорости не более 20%;
10. Коэффициент полезного действия 0.92;
11. Питающая сеть частота 50 Гц $\pm 2\%$, качество напряжения должно отвечать ГОСТ13109 – 87;
12. По защищенности от проникновения твердых тел и воды технические средства электропривода должны иметь степень защиты IP55, согласно ГОСТ14254 – 80;
13. По устойчивости к внешним вибрационным воздействиям аппаратура электропривода должна соответствовать исполнению L3 по ГОСТ12007–84;
14. Система электропривода обязана обеспечивать безотказную работу в помещениях с определенными условиями: температура окружающей среды от 1 до 40°C; влажность относительная от 40 до 80% (при температуре +25°C); атмосферное давление от 630 до 800 мм.рт.ст.; высота над уровнем моря до 1000м;

15. Бесперебойность работы электропривода должна обеспечиваться за счет очень высокой надежности средств аппаратных и правильной эксплуатации. Гарантийный срок работы 4000-6500 ч.;
16. Срок службы не менее 20 лет;
17. Конструкция системы обязана обеспечивать легкий доступ к каждому ее элементу, а также возможность быстрой замены модуля вышедшего из строя;
18. Требования по безопасности использования электропривода должны соответствовать ГОСТ25.861 – 83;
19. Все элементы, находящиеся под напряжением обязаны иметь защиту от случайного соприкосновения, а также заземление или зануление в соответствии с ГОСТ12.1030-81;
20. Степень воздушного шума при работе системы не должен превышать 70 дБ.

2 Проектно-расчетная часть

2.1 Выбор электродвигателя по мощности, скорости и техническим условиям

Для получения непрерывно качественного агломерата по технологическим условиям электропривод агломашины должен обеспечивать работу в режиме длительном, что облегчает практический расчет мощности электропривода и делает лишним проверки электродвигателей. Метод расчета мощности привода агломашины заключается из двух основных стадиях. Первая стадия, расчет мощности двигателя привода аглоленты. Для упрощения расчетов распределим нагрузку по определенным участкам агломашины, то есть, разделим агломашину на участки определенной длины, что представлено на рисунке 2.

Усилия окружные на звездочке электропривода определяются и складываются из следующих усилий :

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

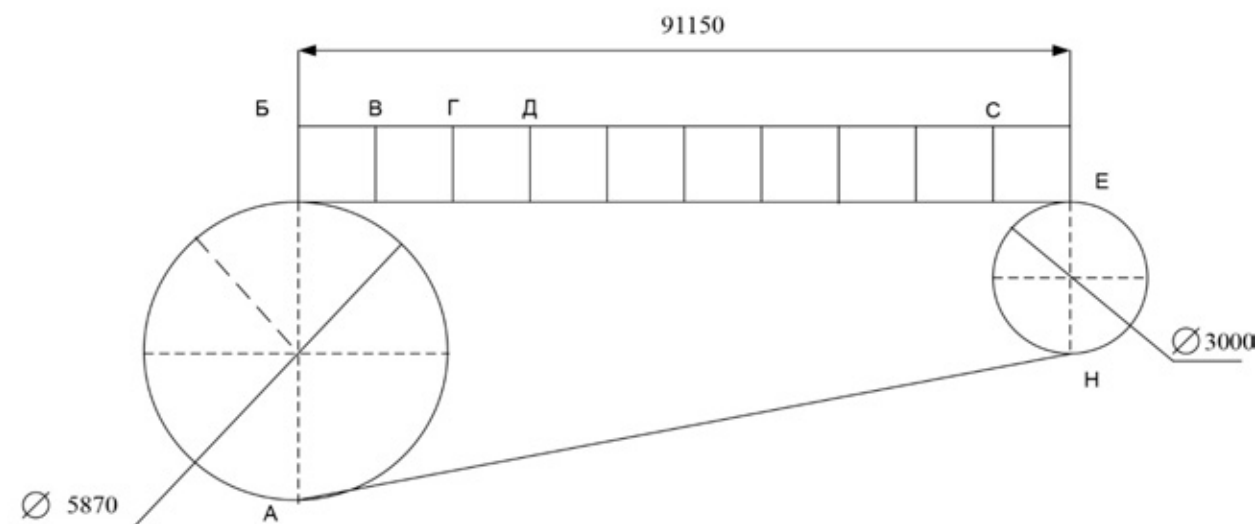


Рисунок 2. Распределение нагрузки по участкам агломашины.

При расчете мощности главного привода аглоленты учитывается использования всей действующей площади ленты машины только для спекания.

Первоначально рассчитывается распределение спекательных тележек по всей длине ленты агломашины:

1. Количество порожних тележек на участке БВ расчет производим по выражению по выражению

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

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

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

2. Количество спекательных тележек на участке ВГ и ГД, где наполняют первым и вторым слоем шихты, расчет производим по выражению по выражению

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

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

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

3. Количество спекательных тележек на участке ДС, где происходит процесс спекание, расчет производим по выражению по выражению

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

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

4. Количество спекательных тележек на участке СЕ, где происходит охлаждение агломерата, расчет производим по выражению по выражению

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

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

5. Количество спекательных тележек на участке АБ, расчет производим по выражению по выражению

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

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

($D_{НО}=5870$ мм.).

6. Количество спекательных тележек на участке ЕН, расчет производим по выражению по выражению

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

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

7. Количество спекательных тележек на наклонной части агломашины на участке НА, расчет производим по выражению

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

где

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

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

8. Общее спекательных количество спекательных тележек на агломашине расчет производим по выражению

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

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

Следующим шагом определяются усилия на преодоление сил трения качения ходовых колес по рельсам и трения в цапфах на пути горизонтальном.

1) На участке БВ это усилие рассчитывается по выражению

$$A_1 = \frac{Q_T \cdot n_1 \cdot (\mu \cdot d + 2 \cdot f)}{D} \cdot \beta =$$

$$= \frac{688662.2 \cdot (0.0141 + 2 \cdot 0.05)}{30} \cdot 1.3 = 1253 \text{ Н},$$

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

μ - приведенный трения коэффициент в подшипниках качения ($\mu=0.01$);

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

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

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

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

D - диаметр ролика ($D=30$ мм.);

2) На участке ВГ тележки засыпаются одним слоем шихты и усилия рассчитывается по выражению

$$A_2 = \frac{\frac{Q_1}{2} + \frac{Q_2}{2} \cdot \frac{H}{d} (\mu \cdot d + 2 \cdot f) \cdot n_2}{D} \cdot \beta =$$

$$= \frac{(68866.2 + 38112/2) \cdot (0.01 \cdot 1 + 0.05 \cdot 2) \cdot 2.5}{30} \cdot 1.3 = 2000 \text{ Н},$$

где

Q_2 - вес шихты на тележке, рассчитывается по выражению

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

где

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

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

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

На следующем участке ГД на аглотележки насыпается следующий второй слой шихты, и усилие рассчитывается по выражениям.

$$A_3 = \frac{(Q_1 + Q_2) \cdot (\mu \cdot \psi + 2 \cdot \psi_f) \cdot \psi_3}{D} \cdot b = \frac{(68866.2 + 38112) \cdot (0.0141 + 0.052) \cdot 2.5}{30} \cdot 1.3 = 2434 \text{ Н.}$$

3) На следующем участке ДС происходит процесс спекание шихты, и усилие рассчитывается по выражениям $A_4 = \frac{(Q_1 + Q_2 + p) \cdot (\mu \cdot \psi + 2 \cdot \psi_f) \cdot \psi_4}{D} \cdot b$

$$A_4 = \frac{(68866.2 + 38112 + 64746) \cdot (0.0141 + 0.052) \cdot 2}{30} \cdot 1.3 = 81260 \text{ Н,}$$

где

p - давление на одну спекательную аглотележку от разряжения под ней, это давление рассчитывается по выражению

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

где

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

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

5) На участке СЕ усилие рассчитывается по выражению

$$A_5 = \frac{(Q_1 + Q_2) \cdot (\mu \cdot \psi + 2 \cdot \psi_f) \cdot \psi_5}{D} \cdot b$$

$$= \frac{(68866.2 + 38112) \cdot (0.0141 + 0.052) \cdot 2}{30} \cdot 1.3 = 1947 \text{ Н.}$$

Подъемное усилие гидроуплотнения, которое воздействует на одну спекательную аглотележку, рассчитывается по выражению

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

где

l - длина спекательной аглотележки ($l = 150 \text{ см}$);

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

κ - вес пластин гидроуплотнения, доводящихся на одну спекательную аглотележку ($\kappa=736$ Н) ;

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

Усилие на преодоления сопротивления движения спекательных аглотележек от гидроуплотнения на участке ДС рассчитываются по выражению

$$A_6 = p_y \cdot n_4 \cdot \eta = 4856 \cdot 52 \cdot 0.15 = 37876 \text{ Н},$$

где

η - коэффициент трения скольжения стали по чугуна при незначительной смазке поверхности скольжения ($\eta=0.15$) ;

Усилие суммарное, нужное для продвижения спекательной аглотележки по верхнему пути горизонтальному, рассчитывается по выражению

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

Момент крутящий на звездочке приводной, для продвижения паллет по пути горизонтальному , рассчитывается по выражению

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

Далее рассчитываем все усилия на подъем тележек на участке АБ, то есть на звездочке приводной. Этот момент рассчитывается по выражению

$$M_2 = G \cdot R_{ПЛ} \cdot \frac{n}{1} \sin[p/n \cdot (b - 1) + a],$$

где

G - вес тележки порожней ($G=Q_T$) ;

$R_{\text{ПЛ}}$ - радиус линии подъема аглотележки—это расстояние от оси звездочки до центра тяжести порожней аглотележки, этот радиус рассчитывается по формуле:

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

где

$R_{\text{ОР}}$ - радиус оси роликов аглотележки, рассчитывается по выражению

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

где

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

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

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

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

α - угол поворота звездочки относительно заранее принятого положения начального.

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

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

$$=217 \cdot (\sin 15 + \sin 45 + \sin 75 + \sin 75 + \sin 45 + \sin 15)=$$

$$=838.6 \text{ кНм.}$$

На рисунке 3. изображены следующие силы, действующие на аглотележку, которая находится на нижней ветви агломашины.

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

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

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

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

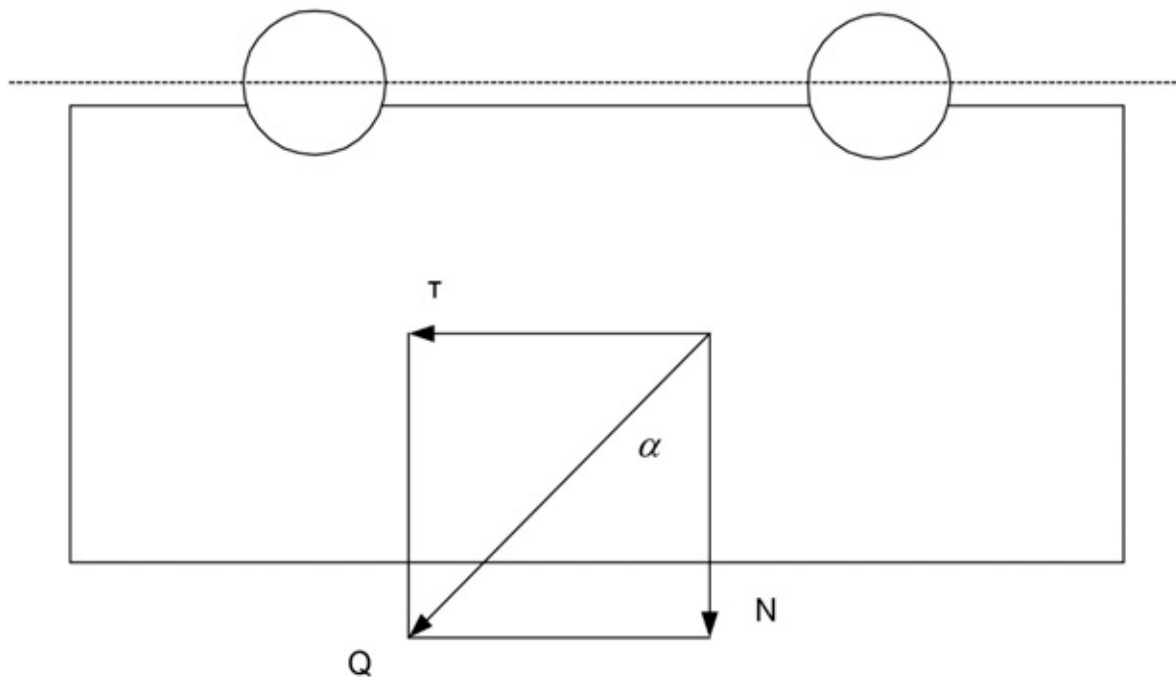


Рисунок 3. Распределение сил, действующих на аглотележку агломашины.

Сила сопротивления перемещению одной спекательной аглотележки рассчитывается по выражению

$$T_1 = \frac{N(mH + 2\psi)}{D} \cdot \beta = \frac{68853.84(0.0141 + 2 \cdot 0.05)}{30} \cdot 1.3 = 626 \text{ Н.}$$

Скатываясь по пути наклонному, спекательные аглотележки формируют силу давления на зубья звездочек, оказывать содействие приводному моменту, эта сила рассчитывается по выражению

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

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

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

где

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

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

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

Момент максимальный крутящий на разгрузочной части рассчитывается по следующему выражению

$$M_{\text{MAX}} = G_T \cdot R_{\text{ПЛ 1, 2}} \cdot \sum_1^n \sin \left[\frac{\pi}{n} \cdot (b - 0.5) \right] \quad (2.1)$$

Момент на звездочке разгрузочной равен сумме моментов, рассчитывается по следующему выражению

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

где

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

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

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

$$R_{\text{пл1}} = R'_{\text{ор}} + k_{\text{цт1}} = 1.4 + 0.44 = 1.84 \text{ м};$$

$$R_{\text{пл2}} = R'_{\text{ор}} + k_{\text{цт2}} = 1,4 + 0,27 = 1,67 \text{ м},$$

где

$R'_{\text{ор}}$ - радиус оси роликов, рассчитывается по выражению

$$R'_{\text{ор}} = R'_{\text{но}} \cdot \cos 20^\circ 30' = 1,5 \cdot 0.9333 = 1,4 \text{ м}$$

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

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

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

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

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

$$M_{\text{max2}} = 68,8662 \cdot 1,67 [\sin \frac{\pi}{3} (1 - 0,5) + \sin \frac{\pi}{3} (2 - 0,5)] = 51,5 \text{ кНм}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дополнительный момент на приводной звездочке, формируемый дополнительным усилием равен:

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

Суммарный момент действующий на звездочке головного привода, рассчитывается по выражению

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

Требуемая мощность головной части привода, рассчитывается по выражению

$$P_{\text{тр}} = \frac{i_{2e} \cdot \eta_d}{9550 \eta} \cdot 1.3 = \frac{125040^3 \cdot 0.372}{9550 \cdot 0.92} \cdot 1.3 = 69 \text{ кВт}$$

где

1.3- коэффициент, учитывающий увеличение мощности в режиме динамическом;

η - общий коэффициент полезного действия ($\eta=0.92$) ;

n_B - скорость вращения звездочки, рассчитывается по выражению

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

где

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

Скорость электропривода максимальная

$$n_{\text{элмакс}} = n_B \cdot i_{\text{ред}} = 0.372 \cdot 1448 = 538,13 \text{ об/мин}$$

или

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

Момент инерции механизма приведенный к валу двигателя рассчитывается по выражению

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

где

m – масса механизма (спекательных тележек);

ω – скорость вращения двигателя;

V_T – скорость движения спекательных аглотележек.

При выборе приводного электродвигателя предпочтения отдаем асинхронному электродвигателю фирмы SIEMENS серии 1LG4313-8AB.

Данная серия крановых двигателей предназначена для регулирования скорости в широком диапазоне, с использованием частотных преобразователей.

Технические данные двигателя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические данные двигателя 1LG4313-8AB

P_H , кВт	n_0 , об/мин	$U_{лн}$, В	При номинальной нагрузке			
			n_H , об/мин	$I_{лн}$, А	η_H , %	$\cos \varphi_H$
75	750	400	738	140	93.3	0.83

Продолжение таблицы 1.

$M_{двн}$, Н·м	$\frac{M_{п}}{M_H}$	$\frac{M_{макс}}{M_H}$	$I_{п}/I_H$	J , кг·м ²
971	2.2	2.6	5.7	2.48

Определение дополнительных параметров двигателя

Частота вращения двигателя синхронная угловая

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.1415 \cdot 750}{30} = 78.53 \text{ рад/с.}$$

Частота вращения двигателя номинальная угловая

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.1415 \cdot 738}{30} = 77.28 \text{ рад/с.}$$

Скольжение номинальное двигателя

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = \frac{750 - 738}{750} = 0,016.$$

Фазное номинальное напряжение и фазный ток обмотки статора

$$U_{1\text{фн}} = \frac{U_{1\text{лн}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В},$$

$$I_{1\text{фн}} = I_{1\text{лн}} = 140 \text{ А}$$

– при схеме соединения обмоток Y.

Пусковой максимальный ток двигателя

$$I_{1\text{макс}} = 5.7 \cdot I_{1\text{фн}} = 5.7 \cdot 140 = 798 \text{ А}.$$

Момент максимальный (критический) на валу двигателя на естественной характеристике

$$M_k = 2.6 \cdot M_{\text{двн}} = 2.6 \cdot 971 = 2524,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент пусковой на валу двигателя

$$M_{\text{пуск}} = 2.2 \cdot M_{\text{двн}} = 2.2 \cdot 971 = 2136,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2.2. Расчёт параметров схемы замещения электродвигателя

Производитель выбранных двигателей приводных серии 1LG4313-8AB не указывает параметры схемы замещения, по этой причине предварительно необходимо сделать расчет данных параметров.

Расчёт параметров схемы замещения в номинальном режиме

Для расчёта параметров ведем для Т-образной схемы замещения электродвигателя. Схема замещения представлена на рисунке 4.

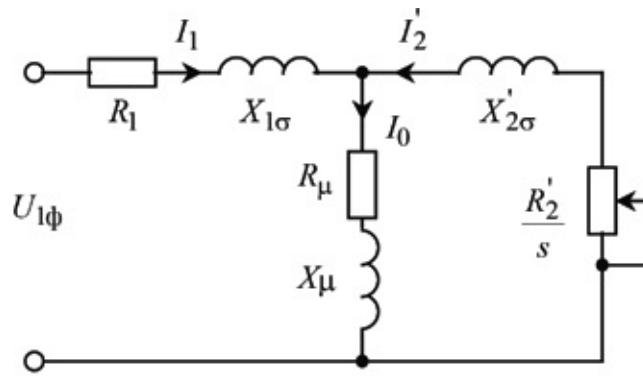


Рисунок 4 – Т – образная схема замещения асинхронного двигателя

Приведённое к обмотке статора сопротивление цепи ротора в номинальном режиме

$$R'_{2н} = \frac{3 \cdot U_{1\phi}^2 \cdot (1 - s_n)}{2 \cdot m_k \cdot P_n \cdot c_1^2 \cdot \left(\beta + \frac{1}{s_k} \right)} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0,016)}{2 \cdot 2,6 \cdot 75000 \cdot 1,021^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{0,088} \right)} = 0,028 \text{ Ом},$$

где

$m_k = 2,6$ – кратность максимального момента;

$$c_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1н}} = 1 + \frac{35,145}{2 \cdot 5,7 \cdot 146,743} = 1,021$$

– ток холостого хода;

$$I_{1p^*} = \frac{p^* \cdot P_n}{3 \cdot U_{1\phi} \cdot \cos \varphi_{p^*} \cdot \eta_{p^*}} = \frac{0,75 \cdot 75000}{3 \cdot 220 \cdot 0,83 \cdot 0,916} = 112,075 \text{ А}$$

– коэффициент, характеризующий соотношение $\frac{X_\mu + X_{1\sigma}}{X_\mu}$;

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{1p^*}^2 - \left[\frac{p^* \cdot (1 - s_n)}{1 - p^* \cdot s_n} \cdot I_{1н} \right]^2}{1 - \left[\frac{p^* \cdot (1 - s_n)}{1 - p^* \cdot s_n} \right]^2}} = \sqrt{\frac{112,075^2 - \left[\frac{0,75 \cdot (1 - 0,016)}{1 - 0,75 \cdot 0,019} \cdot 146,743 \right]^2}{1 - \left[\frac{0,75 \cdot (1 - 0,016)}{1 - 0,75 \cdot 0,016} \right]^2}} = 35,145 \text{ А}$$

– ток обмотки статора при частичной загрузке двигателя $p^* = 0,75$;

$$s_k = s_n \cdot \frac{m_k + \sqrt{m_k^2 - [1 - 2 \cdot s_n \cdot \beta \cdot (m_k - 1)]}}{1 - 2 \cdot s_n \cdot \beta \cdot (m_k - 1)} =$$

$$= 0,016 \cdot \frac{2,6 + \sqrt{2,6^2 - [1 - 2 \cdot 0,016 \cdot 1 \cdot (2,6 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0,016 \cdot 1 \cdot (2,6 - 1)} = 0,088$$

– критическое скольжение двигателя;

$\beta = 1$ – коэффициент, характеризующий соотношение активных сопротивлений ротора и статора и выбирается из диапазона $(0,6 \div 2,5)$.

Сопротивление короткого замыкания в номинальном режиме работы

$$X_{\text{кн}} = R'_2 \cdot \gamma \cdot c_1 = 0,028 \cdot 11,377 \cdot 1,021 = 0,329 \text{ Ом},$$

где

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{s_k}\right)^2 - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0,088}\right)^2 - 1} = 11,377$$

– коэффициент, характеризующий соотношение индуктивного сопротивления короткого замыкания и приведённого активного сопротивления ротора.

Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора в номинальном режиме работы

$$X_{1\sigma} = 0,42 \cdot X_{\text{кн}} = 0,42 \cdot 0,329 = 0,138 \text{ Ом}.$$

Активное сопротивление статорной обмотки в номинальном режиме работы

$$R_1 = R'_2 \cdot \beta \cdot c_1 = 0,028 \cdot 1 \cdot 1,021 = 0,029 \text{ Ом}.$$

Индуктивность обмотки статора, обусловленная потоком рассеяния, в номинальном режиме работы

Приведённая к обмотке статора индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоками рассеяния, в номинальном режиме работы

$$L'_{2\sigma} = \frac{X'_{2\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{ин}}} = \frac{0,187}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 5,96 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}.$$

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{ин}}} = \frac{0,138}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 4,39 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}.$$

Приведённое к обмотке статора индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора в номинальном режиме работы

$$X'_{2\sigma} = 0,58 \cdot \frac{X_{\text{кн}}}{c_1} = 0,58 \cdot \frac{0,329}{1,021} = 0,187 \text{ Ом}.$$

Индуктивное сопротивление цепи намагничивания

$$X_{\mu} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{205,717}{35,145} = 6,026 \text{ Ом},$$

где

$$\begin{aligned} E_1 &= \sqrt{(U_{1\text{фн}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}} - I_{1\text{н}} \cdot R_1)^2 + (U_{1\text{фн}} \cdot \sin \varphi_{\text{н}} - I_{1\text{н}} \cdot X_{1\sigma})^2} = \\ &= \sqrt{(220 \cdot 0,83 - 146,74 \cdot 0,029)^2 + (220 \cdot 0,558 - 146,74 \cdot 0,138)^2} = 205,717 \text{ В} \end{aligned}$$

– ЭДС ветви намагничивания, наведённая потоком воздушного зазора, в номинальном режиме;

Результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком в воздушном зазоре

$$L_m = \frac{X_{\mu}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{н}}} = \frac{5,853}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 18,64 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}.$$

$$\sin \varphi_{\text{н}} = \sqrt{1 - (\cos \varphi_{\text{н}})^2} = \sqrt{1 - 0,83^2} = 0,558.$$

2.3 Естественные механическая и электромеханическая характеристики двигателя

На основании значений параметров схемы замещения и их зависимость от скольжения, возможно с достаточной точностью рассчитать и построить электромеханическую и механическую характеристики двигателя.

Механическая характеристика двигателя представляет собой зависимость электромагнитного момента от скорости двигателя на валу двигателя $\omega(M)$. Тем не менее расчетные значения момента двигателя соответствуют значению электромагнитного момента. Вследствие этого механические расчетные характеристики двигателя представляют собой зависимость электромагнитного момента от скорости вращения $\omega(M_{\text{эм}})$.

Электромеханическая характеристика двигателя представляет собой зависимость скорости $I_1(\omega)$ или скольжения $I_1(s)$ от величины тока статора. Естественные характеристики строятся при частоте инвертора $f_{\text{и}} = f_{1\text{н}} = 50 \text{ Гц}$.

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_{1\text{фн}}^2 \cdot R_2'(s)}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[\left[X_{1\sigma}(s) + X_{2\sigma}'(s) \right]^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'(s)}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'(s)}{s \cdot X_{\mu\text{н}}} \right)^2 \right]};$$

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s).$$

Естественная электромеханическая характеристика асинхронного двигателя $I_1(\omega)$ с учетом эффекта вытеснения тока ротора и насыщения цепей потоков рассеяния рассчитывается по выражениям:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2(s) + I_2'^2(s) + 2 \cdot I_0(s) \cdot I_2'(s) \cdot \sin \varphi_2(s)};$$

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s),$$

где

$$I_2'(s) = \frac{U_{1\text{фн}}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'(s)}{s} \right)^2 + \left[X_{1\sigma}(s) + X_{2\sigma}'(s) \right]^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'(s)}{s \cdot X_{\mu}} \right)^2}};$$

$$I_0(s) = \frac{U_{1\text{фн}}}{\sqrt{R_1^2 + \left(X_{1\sigma}(s) + X_{\mu} \right)^2}};$$

$$\sin \varphi_2(s) = \frac{X_{1\sigma}(s) + X_{2\sigma}'(s)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'(s)}{s} \right)^2 + \left[X_{1\sigma}(s) + X_{2\sigma}'(s) \right]^2}}.$$

Для расчета используется приложение MathCAD 14, рассчитываются и графически строятся естественные характеристики электродвигателя $\omega(M_{\text{эм}})$ и

$I_1(\omega)$. При расчете механической характеристики определяются расчетные значения скольжения критического s_k , электромагнитного номинального $M_{эмн} = M_{эм}(s_n)$, критического $M_{эмк}(s_k) = M_{эмк}$ моментов, которые соответствующие расчетной естественной механической характеристике двигателя. При расчете электромеханической характеристики вычисляются расчетные значения тока холостого хода I_0 , номинального $I_n = I_{1фн}$ тока двигателя.

Естественные расчетные электромеханическая и механическая характеристики электродвигателя представлены, соответственно, на рисунках 5 и 6.

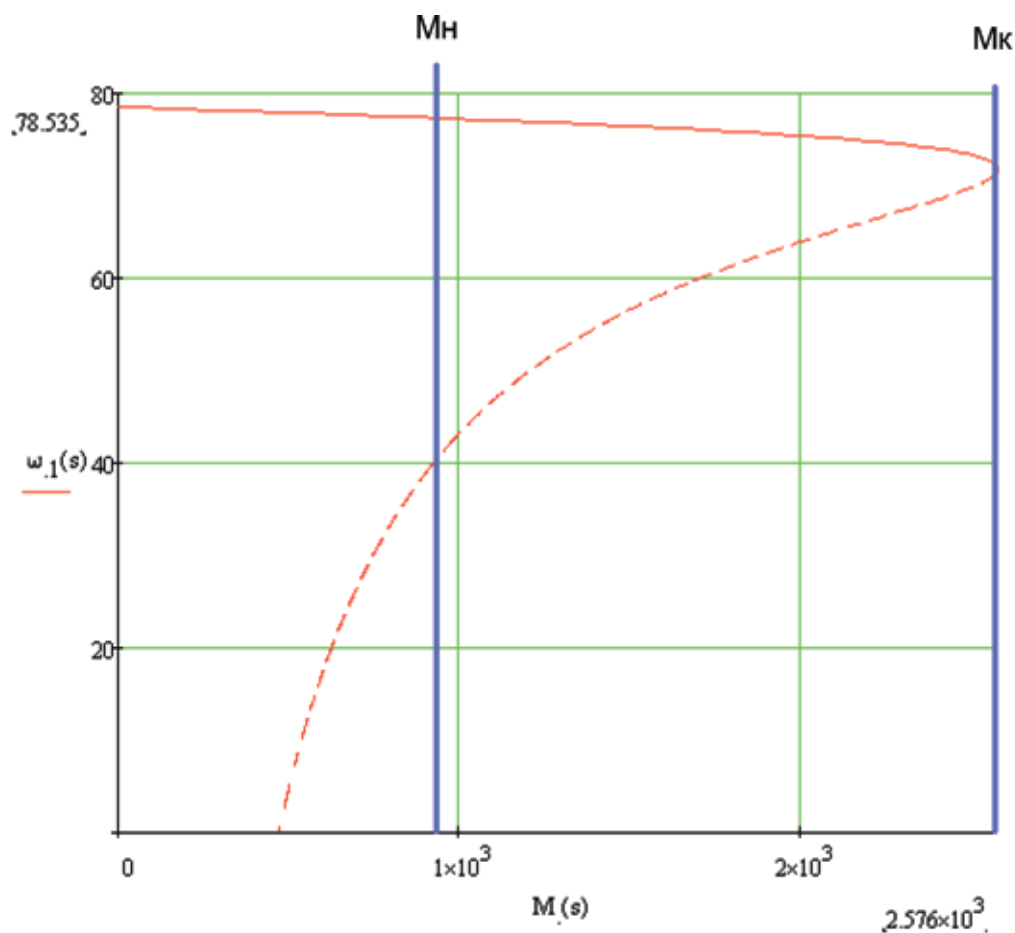


Рисунок 5 – Естественная механическая характеристика двигателя

По результатам вычислений механической характеристики определены значения электромагнитных моментов двигателя: номинального $M_{эмн} = 980,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$; критического $M_{эмк} = 2576 \text{ Н} \cdot \text{м}$ при угловой скорости $\omega_k = 71,5 \text{ рад/с}$.

– кратность максимального (критического) момента

$$m_k = \frac{M_{эмк}}{M_{эмн}} = \frac{2576}{980,2} = 2,62;$$

– критическое скольжение

$$s_k = \frac{\omega_0 - \omega_k}{\omega_0} = \frac{78.53 - 71,5}{78.53} = 0,089.$$

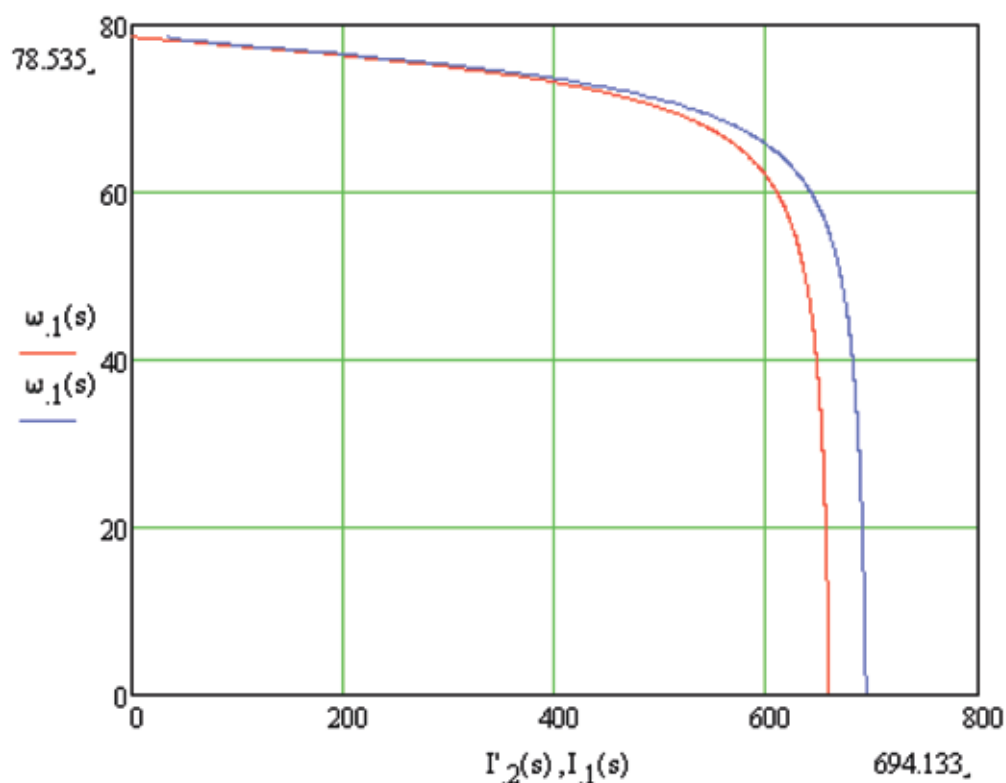


Рисунок 6 – Естественная электромеханическая характеристика двигателя

По итогам вычислений электромеханической характеристики определены значения тока холостого хода $I_0 = 36,718 \text{ A}$, номинального тока $I_{\text{н}} = 132 \text{ A}$.

Значения расчетных механической и электромеханической характеристик электродвигателя оказались близки к представленным в таблице 1 справочным параметрам двигателя.

2.4 Определение области допустимой длительной работы двигателя

Асинхронный электродвигатель питается и управляется от частотного преобразователя. При регулировании скорости электродвигателя будет применяться векторный способ управления, что обуславливает поддержание постоянного потокосцепления электродвигателя при регулировании скорости электродвигателя ниже номинальной. На основании этого был выбран электродвигатель с вентиляцией независимой, что разрешает ему работать с нагрузками близкими к номинальным на низких скоростях вращения электродвигателя.

Таким образом, перед выбором преобразователя частоты нужно определить область безопасной работы электродвигателя и определиться с максимальными нагрузками.

На основании с технических данных, предоставляемыми фирмой производителем, границы режима допустимой длительной работы электродвигателя при независимой вентиляции, можно изобразить в виде зависимостей:

– для тока двигателя

$$I_{\text{дв длит доп}}(\omega) = \begin{cases} I_{\text{дв н}} = 140 \text{ А, при } \omega \geq 0.5 \cdot \omega_{\text{н}} \\ 0.9 \cdot I_{\text{дв н}} = 0.9 \cdot 140 = 126 \text{ А, при } \omega = 0; \end{cases}$$

– для момента (электромагнитного) двигателя

$$M_{\text{эм длит доп}}(\omega) = \begin{cases} M_{\text{эм н}} = 980,2 \text{ Н} \cdot \text{м, при } \omega \geq 0.5 \cdot \omega_{\text{н}} \\ 0.9 \cdot M_{\text{эм н}} = 0.9 \cdot 980,2 = 882,2 \text{ Н} \cdot \text{м, при } \omega = 0. \end{cases}$$

В соответствии с приведенными зависимостями на механическую и электромеханическую характеристики наносим границы зон $M_{\text{эм длит доп}}(\omega)$ и $I_{\text{дв длит доп}}(\omega)$ длительной допустимой работы двигателя. Графики зависимостей приведены на рисунках 7 и 8.

Из представленных на рисунках характеристик следует, что длительно допустимый момент нагрузки, с которым может работать двигатель на

минимальной скорости $\omega_{\text{дв мин}} = 5,635 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ (диапазон регулирования скорости $1 \div 10$), составляет $M_{\text{эм длит доп}} = 908 \text{ Н} \cdot \text{м}$ при длительно допустимом токе статора $I_{\text{дв длит доп}} = 129 \text{ А}$.

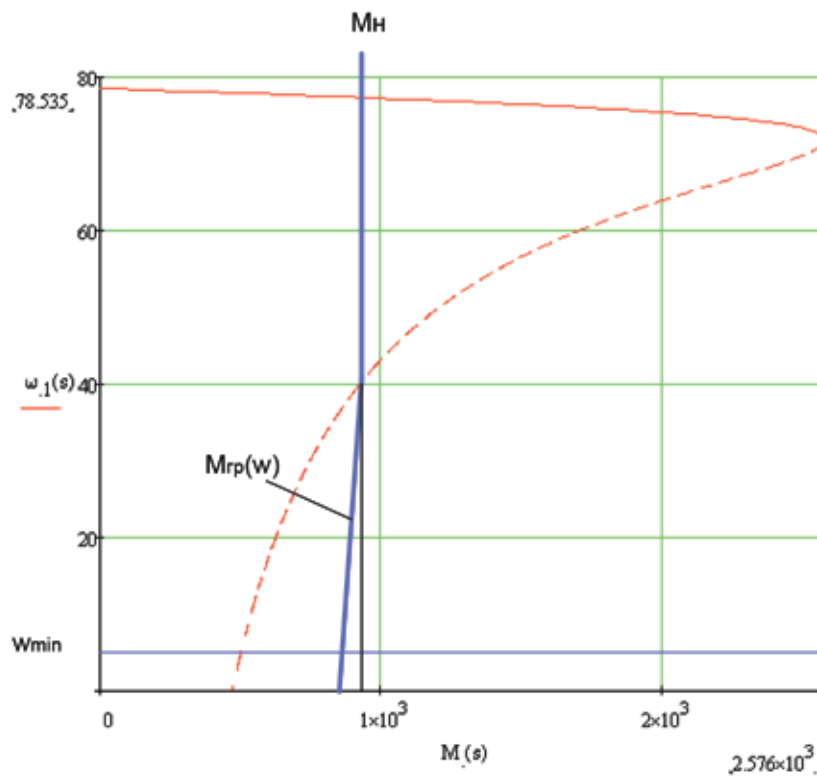


Рисунок 7 – Естественная механическая характеристика и граница области допустимой длительной работы $M_{\text{эм длит доп}}(\omega)$ двигателя

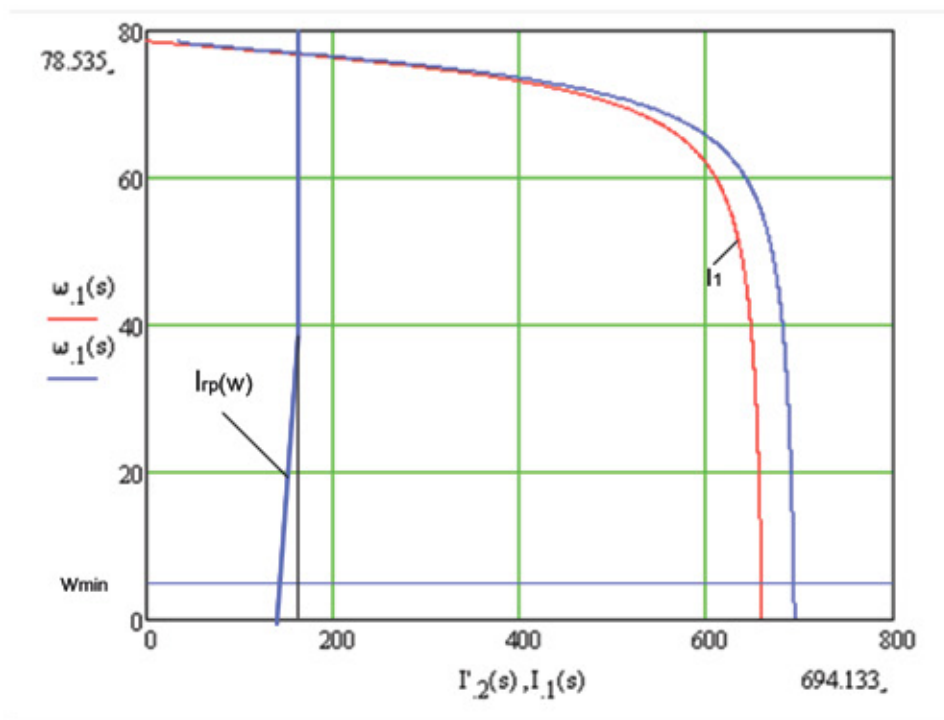


Рисунок 8 – Естественная электромеханическая характеристика и граница области допустимой длительной работы $I_{\text{дв длит доп}}(\omega)$ двигателя

2.5 Построение требуемых областей длительной и кратковременной работы двигателя

2.5.1 Построение областей работы в плоскости механических характеристиках двигателя

Статический момент, приложенный к валу двигателя

$$M_c = 863 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Требуемое максимальное значение динамического момента двигателя

$$M_{\text{дин}} = J_{\text{э}} \cdot \varepsilon = 9,28 \cdot 45,08 = 418 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где

$$J_{\text{э}} = 9,28 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

—эквивалентный момент инерции привода;

$$\varepsilon_{\text{макс}} = \frac{a \cdot \omega_{\text{эп макс}}}{V_{\text{макс}}} = \frac{0,1 \cdot 56,35}{0,125} = 45,08 \text{ рад/с}^2$$

– угловое ускорение привода;

$$V_{\text{макс}} = 0,125 \text{ м/с}$$

– заданная максимальная рабочая скорость движения палет;

$$a = 0,1 \text{ м/с}^2$$

– принятое значение ускорения привода.

Максимальный требуемый момент электропривода в пусковом режиме.

$$M_{\text{эп макс}} = M_{\text{с}} + M_{\text{дин}} = 863 + 418 = 1281 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Найденные значения моментов нанесены на плоскость механических характеристик электродвигателя (рисунок 9).

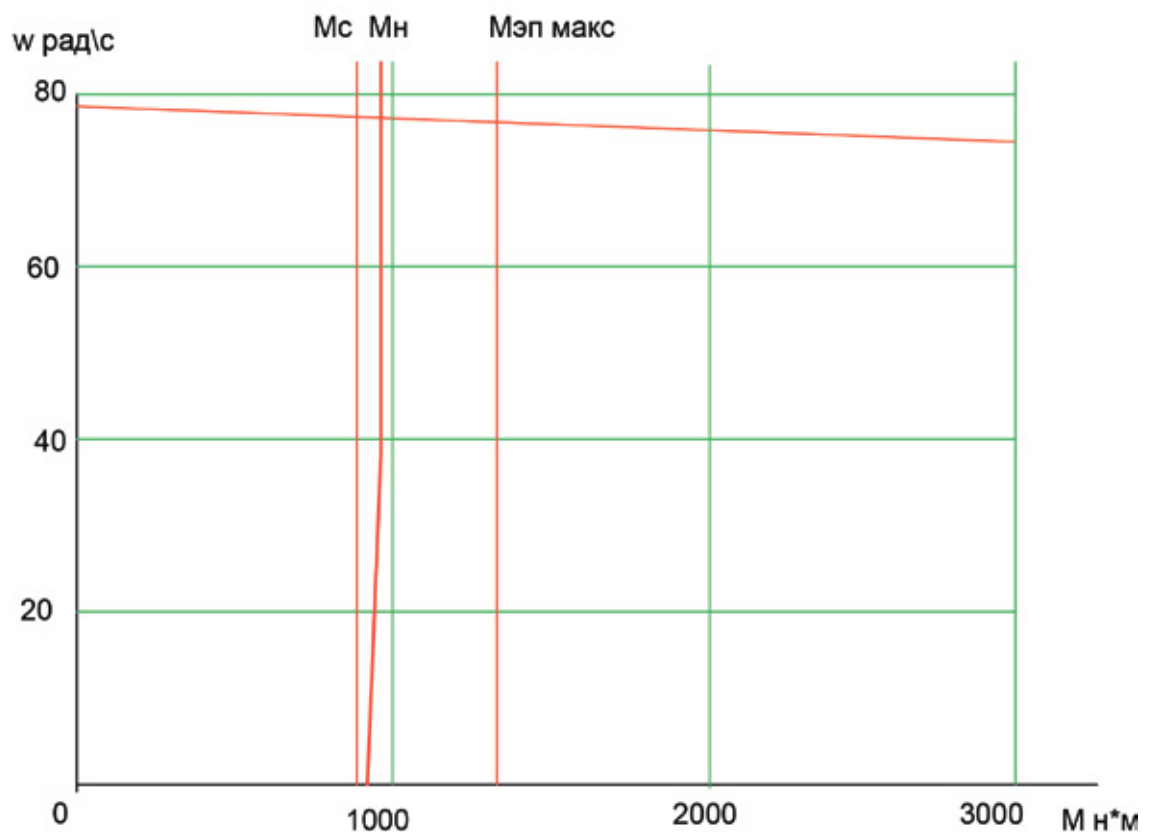


Рисунок 9 – Области работы электропривода в плоскости механических характеристик двигателя

2.5.2 Построение областей работы электропривода в плоскости электромеханических характеристик двигателя

Используя полученные значения моментов, определим соответствующие им значения токов двигателя. Для этого, с помощью процедуры Given в приложении MathCAD, решая уравнение механической характеристики двигателя $M(s)$ при заданном значении момента, определяем соответствующее ему скольжение s . Подставляя полученное значение скольжения в уравнение электромеханической характеристики двигателя $I(s)$, определяем значение тока обмотки статора, соответствующее исходному значению момента.

Например, решая уравнение

$$\frac{3 \cdot U_{1\Phi H}^2 \cdot R_2'(s)}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[(X_{1\sigma}(s) + X_{2\sigma}'(s))^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'(s)}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'(s)}{s \cdot X_{\mu H}} \right)^2 \right]} = M_c ,$$

при значении $M_c = 863 \text{ Н} \cdot \text{м}$ находим значение скольжения $s = 0,014$ и по выражению

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2(s) + I_2'^2(s) + 2 \cdot I_0(s) \cdot I_2'(s) \cdot \sin \varphi_2(s)} ,$$

где

$$I_2'(s) = \frac{U_{1\Phi H}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'(s)}{s} \right)^2 + [X_{1\sigma}(s) + X_{2\sigma}'(s)]^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'(s)}{s \cdot X_{\mu}} \right)^2}} ;$$

$$I_0(s) = \frac{U_{1\Phi H}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma}(s) + X_{\mu})^2}} ;$$

$$\sin \varphi_2(s) = \frac{X_{1\sigma}(s) + X_{2\sigma}'(s)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'(s)}{s} \right)^2 + [X_{1\sigma}(s) + X_{2\sigma}'(s)]^2}}$$

значение тока статора $I_{с\text{ макс}} = 120\text{ А}$.

Поступая аналогично, находим:

– для момента $M_{\text{эп макс}} = 1281\text{ Н} \cdot \text{м}$ – $I_{\text{эп макс}} = 172,8\text{ А}$;

Найденные значения моментов нанесены на плоскость электромеханических характеристик электродвигателя (рисунок 10).

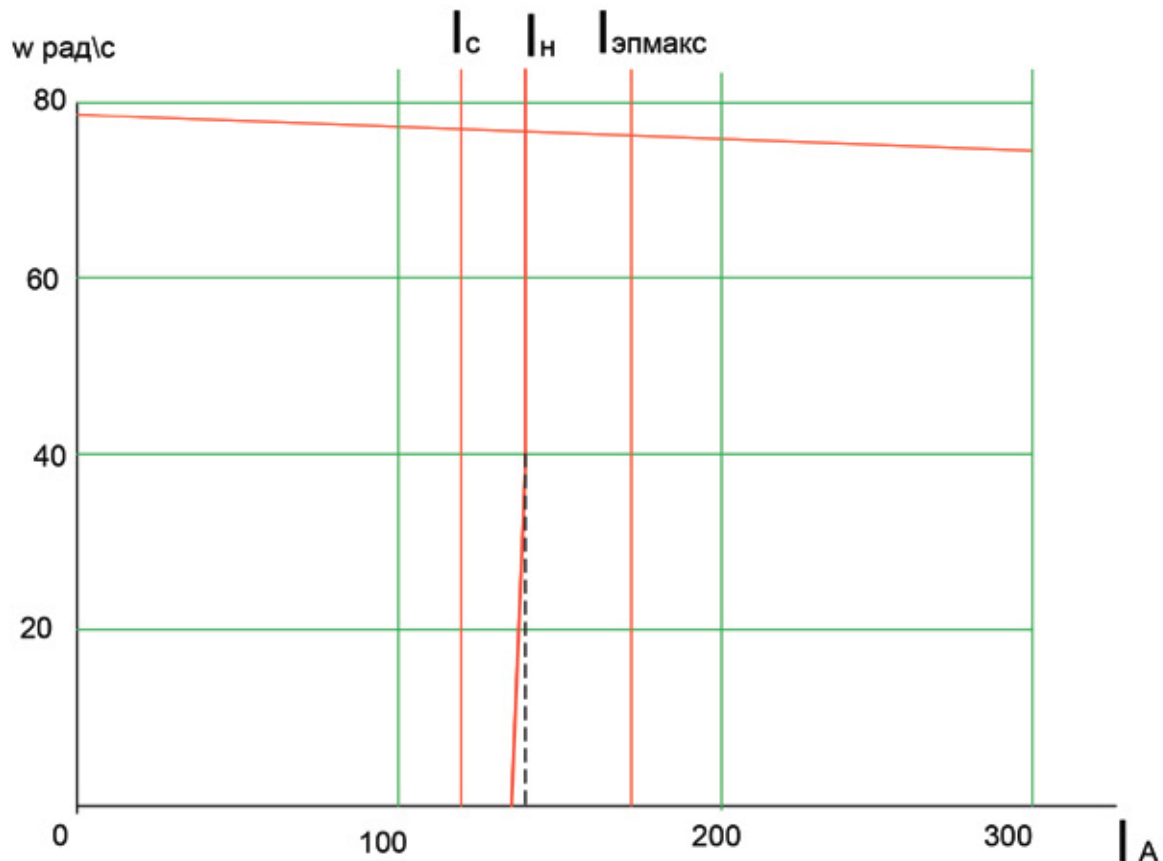


Рисунок 10 – Области работы электропривода в плоскости электромеханических характеристик двигателя

2.6 Выбор преобразователя частоты

Тип преобразователя частоты в общем случае выбирается из следующих условий: длительный ток нагрузки, ток кратковременной перегрузки, напряжение питающей сети и двигателя, диапазон регулирования выходной частоты, способы и законы частотного управления, набор комплектующих

устройств (дополнительных блоков, расширяющих возможности привода), условия эксплуатации.

Сложность выбора преобразователя частоты для совместной работы с электродвигателем заключается в том, что номинальные режимы работы электродвигателей ($S1 - S8$), основанные на постоянной времени нагрева двигателя (десятками минут), не приемлемы для преобразователей, постоянная времени нагрева которых определяется десятками секунд.

Преобразователи частоты спроектированы для продолжительной работы с номинальным током инвертора $I_{ин}$. Если номинальный ток протекает длительное время (более 60 с), то рабочая температура блока достигает максимально допустимого значения. Выше этого значения срабатывает защита ($I^2 \cdot t$), что не позволяет перегружать преобразователь по току даже кратковременно (рисунок 11).

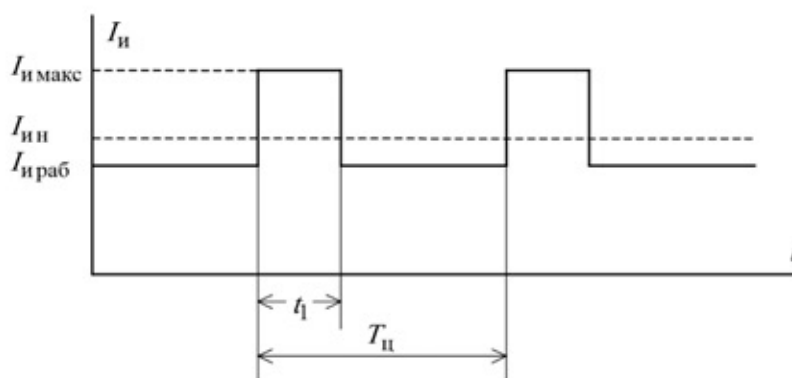


Рисунок 11

По этой причине преобразователи частоты в системах электропривода, имеющих кратковременные перегрузки двигателя, связанные с периодическими изменениями скорости или технологическими изменениями момента нагрузки, должны работать с эквивалентным за цикл работы током, не превышающим номинальный ток инвертора

$$I_{\text{ин}} \geq I_{\text{из}}.$$

Предварительно преобразователь частоты выбираем исходя из следующих условий.

Питающая сеть: 3-х фазная 380В, 50Гц;

Параметры нагрузки:

- 3-х фазная;
- максимальное выходное линейное напряжение 380В;
- максимальная частота

$$f_{\text{макс}} > 50 \cdot \frac{\omega_{\text{эп макс}}}{\omega_0 \cdot (1 - s_{\text{к}})}, \text{ Гц.}$$

- номинальный ток инвертора должен удовлетворять условию

$$I_{\text{ин}} > I_{\text{с макс}} = 120 \text{ А};$$

- максимальный ток инвертора должен удовлетворять условию

$$I_{\text{н макс}} > I_{\text{эп макс}} = 172,8 \text{ А}.$$

Условия выбора преобразователя по току должны быть выполнены с учетом фактических значений высоты над уровнем моря и температуры окружающей среды места установки преобразователя. Длительность перегрузки двигателя не должна превышать значение допустимого времени протекания максимального тока инвертора, а длительность фактического рабочего цикла электропривода не должна быть меньше времени предельного цикла инвертора;

Для рассматриваемого привода подъемного механизма спуск груза осуществляется в режиме рекуперативного торможения, что для возврата энергии в сеть требует установки дополнительного блока рекуперации. Исходя из перечисленных условий выбираем преобразователь частоты типа MICROMASTER 440 фирмы SIEMENS шкафного исполнения.

Функциональные особенности

- Векторное регулирование без датчика скорости

- Регулирование потока (FCC) для улучшения динамических характеристик и

повышения качества регулирования электродвигателя

- Мгновенное ограничение тока (FCL) для работы без отключения двигателя

- Встроенное динамическое торможение постоянным током

- Комбинированное торможение для улучшения возможностей торможения

- Времена ускорения и торможения с программируемым сглаживанием

- Использование замкнутого PID регулятора с автоподстройкой

- Встроенный прерыватель тормоза

- Выбираемая интенсивность разгона и остановки

- 4-х точечная интенсивность сглаживания

- Многоточечная V/f характеристика, задаваемая пользователем

- Установленные параметры могут быть перенесены на другие устройства

аналогичных процессов

Особенности защиты

- Защита от повышенного и пониженного напряжений

- Защита преобразователя от перегрева

- Защита от замыкания на землю

- Защита от короткого замыкания

- Защита от перегрева двигателя по потерям $I^2 t$

- Защита двигателя по термисторам PTC/KTY

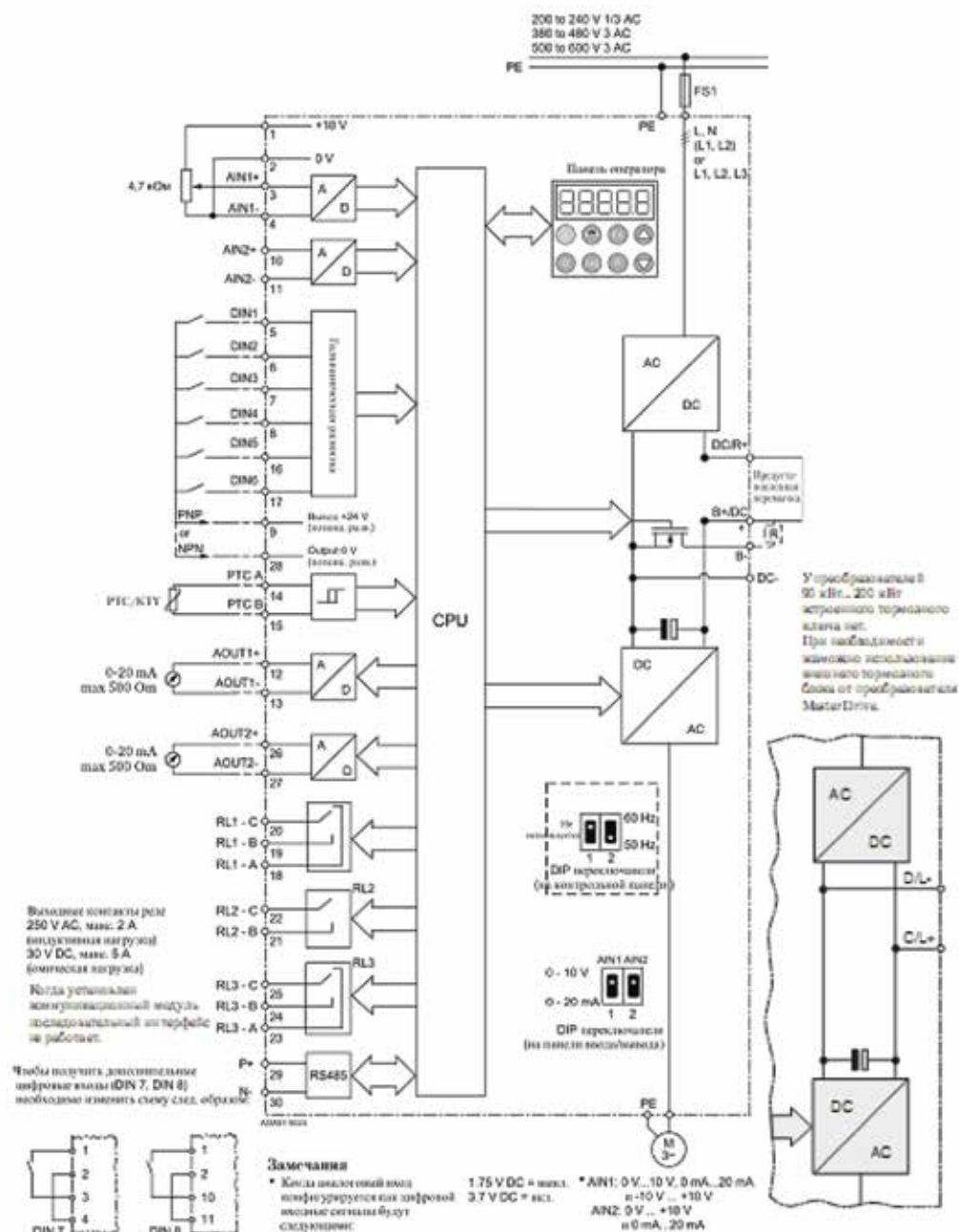


Рисунок 13- Функциональная схема преобразователя.

2.7 Структурная схема силового канала системы преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель

Структурная схема силового канала системы ПЧ – АД во вращающейся двухфазной системе координат d, q , ориентированной по результирующему вектору потокосцепления ротора, и компенсацией внутренних обратных связей представлена на рисунке 14.

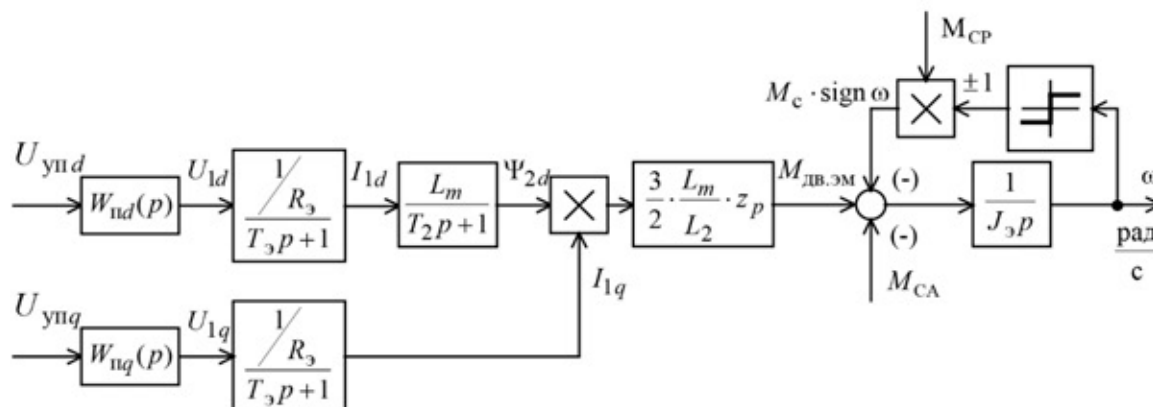


Рисунок 14 – Структурная схема силового канала системы преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель во вращающейся двухфазной системе координат, ориентированной по результирующему вектору потокосцепления ротора и компенсацией внутренних обратных связей

Управляющими сигналами на входе преобразователя структурной схемы силового канала являются напряжения постоянного тока. Выходные напряжения преобразователя представляют собой составляющие напряжения статора U_{1d} и U_{1q} в ортогональной системе координат d, q , ориентированной по результирующему вектору потокосцепления ротора Ψ_{2d} .

В системе ПЧ – АД предполагается применить частотное векторное управление с обратной связью по скорости (с датчиком или без датчика). Характерной особенностью частотно-регулируемых электроприводов переменного тока является относительно большая инерционность в цепях

обратных связей контуров регулирования тока, потокосцепления и скорости. Структурная схема силового канала асинхронного частотно-регулируемого электропривода с векторным управлением приведена на рисунке 15.

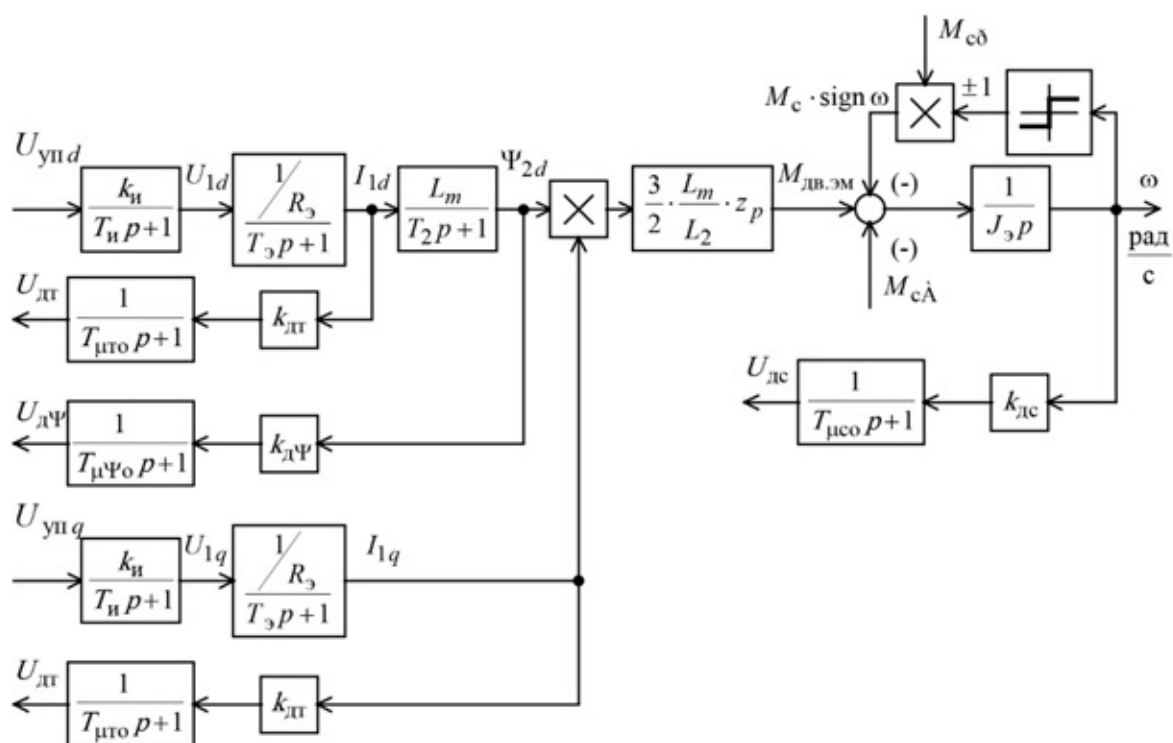


Рисунок 15 – Структурная схема силового канала электропривода подъёмника

2.7.1 Расчет параметров элементов структурной схемы силового канала электропривода

Расчёт параметров преобразователя

Максимальный коэффициент усиления преобразователя

$$k_{и} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{лфн}}{U_{уп макс}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 220}{10} = 31,11,$$

где $U_{уп макс} = 10$ В – принятое максимальное значение напряжения управления.

Эквивалентная постоянная времени преобразователя

$$T_{и} = \frac{0,5}{f_{шим}} = \frac{0,5}{6 \cdot 10^3} = 0,0833 \cdot 10^{-3} \text{ с},$$

где $f_{\text{шим}} = 6 \text{ кГц}$ – несущая частота инвертора.

Расчет параметров двигателя

Эквивалентная индуктивность обмотки статора

$$L_1 = L_{1\sigma} + L_m = 0,439 \cdot 10^{-3} + 18,64 \cdot 10^{-3} = 19,08 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Эквивалентная индуктивность обмотки ротора

$$L_2 = L'_{2\sigma} + L_m = 0,596 \cdot 10^{-3} + 18,64 \cdot 10^{-3} = 19,24 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Эквивалентное сопротивление силовой цепи преобразователь-двигатель

$$R_s = R_1 + R'_2 \cdot \frac{L_m^2}{L_2^2} = 0,029 + 0,028 \cdot \frac{(18,64 \cdot 10^{-3})^2}{(19,24 \cdot 10^{-3})^2} = 0,0553 \text{ Ом.}$$

Эквивалентная электромагнитная постоянная времени силовой цепи

$$T_s = \frac{\sigma \cdot L_1}{R_s} = \frac{0,0535 \cdot 19,08 \cdot 10^{-3}}{0,0553} = 18,5 \cdot 10^{-3} \text{ с,}$$

где

$$\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_2} = 1 - \frac{(18,64 \cdot 10^{-3})^2}{19,08 \cdot 10^{-3} \cdot 19,24 \cdot 10^{-3}} = 0,0535$$

– коэффициент рассеяния.

Электромагнитная постоянная времени цепи ротора

$$T_2 = \frac{L_2}{R'_2} = \frac{19,24 \cdot 10^{-3}}{0,028} = 0,6871 \text{ с.}$$

2.8 Структурная схема линеаризованной САУ электропривода

Регулирование скорости электропривода агломашины производится в первой зоне регулирования скорости приводных двигателей с номинальным значением потокосцеплений. При частотном векторном управлении асинхронным электродвигателем потокосцепление двигателя может

поддерживаться постоянным равным по значению номинальному. Это позволяет обеспечить постоянную жесткость рабочего участка механических характеристик двигателя и сохранить его перегрузочную способность.

Структурная схема линеаризованной САУ частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением приведена на рисунке 16.

На схеме рисунка 16 обозначены:

$W(p)_{\text{рт}}$, $W(p)_{\text{р}\Psi}$, $W(p)_{\text{рс}}$ - соответственно передаточные функции регуляторов тока, потокосцепления и скорости;

$k_{\text{т}}$ - коэффициент обратной связи по току;

k_{Ψ} - коэффициент обратной связи по потокосцеплению;

$k_{\text{с}}$ - коэффициент обратной связи по скорости;

$T_{\mu \text{то}}$ - малая постоянная времени цепи обратной связи по току;

$T_{\mu \Psi \text{о}}$ - малая постоянная времени цепи обратной связи по потокосцеплению;

$T_{\mu \text{со}}$ - малая постоянная времени цепи обратной связи по скорости.

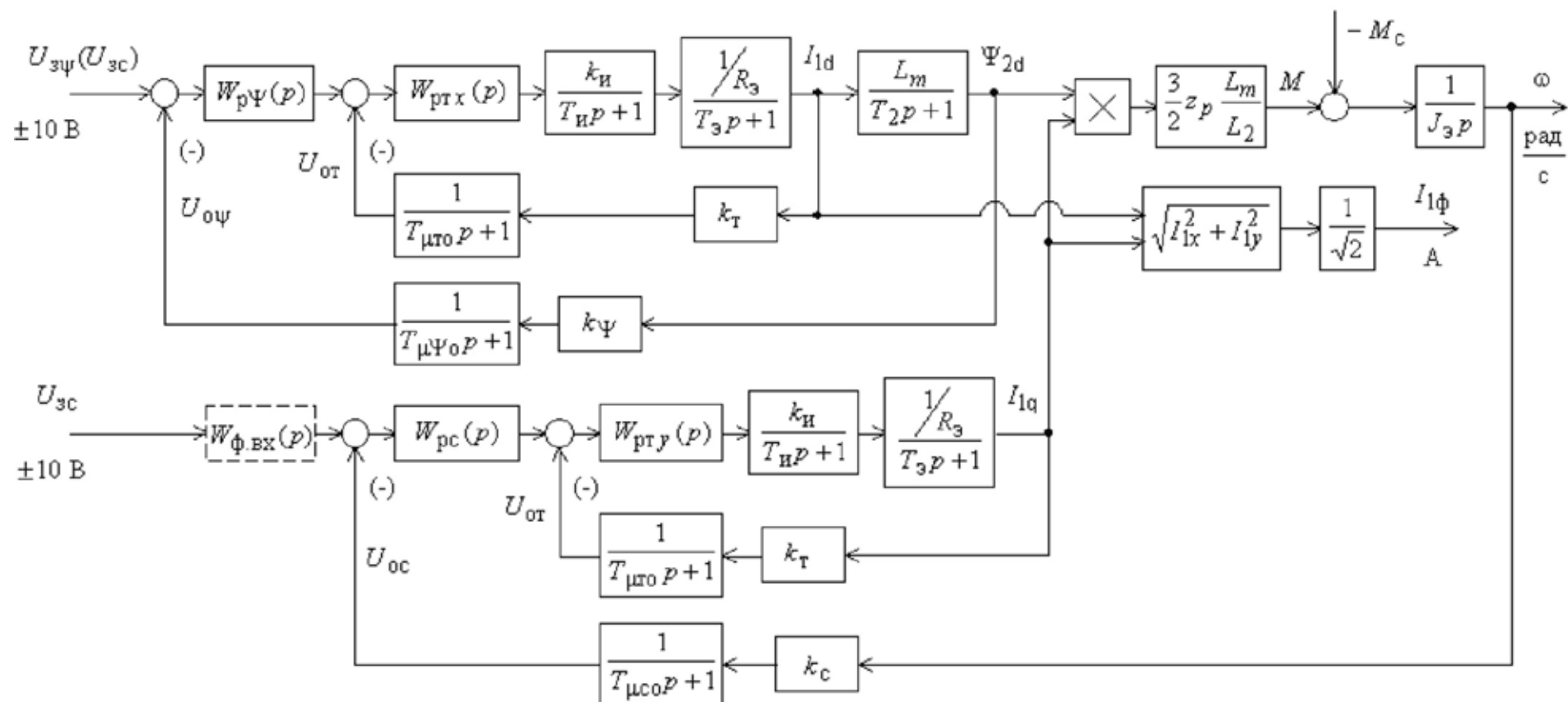


Рисунок 16 – Структурная схема линейризованной САУ электропривода

Малая постоянная времени цепи обратной связи по току.

$$T_{\mu \text{ то}} = \frac{T_{\text{ст}}}{3} = \frac{0,00133}{3} = 0,000444 \text{ с},$$

где

$$T_{\text{ст}} = \frac{1}{f_{\text{шим}}} \cdot n_{\text{т}} = \frac{1}{6 \cdot 10^3} \cdot 8 = 0,00133 \text{ с}$$

– период сглаживания результатов измерения тока;

$n_{\text{т}} = 8$ – количество периодов модуляции для измерения тока.

Малая постоянная времени цепи обратной связи по потокосцеплению

$$T_{\mu \Psi \text{ о}} = \frac{T_{\text{с}\Psi}}{3} = \frac{0,0133}{3} = 0,00444 \text{ с},$$

где

$$T_{\text{с}\Psi} = 16 \cdot \frac{1}{f_{\text{шим}}} \cdot n_{\Psi} = 16 \cdot \frac{1}{6 \cdot 10^3} \cdot 5 = 0,0133 \text{ с}$$

– период расчёта потокосцепления;

$n_{\Psi} = 5$ – количество периодов модуляции для измерения потокосцепления.

Малая постоянная времени цепи обратной связи по скорости

$$T_{\mu \text{ со}} = \frac{T_{\text{сс}}}{3} = \frac{0,0133}{3} = 0,00444 \text{ с},$$

где

$$T_{\text{сс}} = 16 \cdot \frac{1}{f_{\text{шим}}} \cdot n_{\text{с}} = 16 \cdot \frac{1}{6 \cdot 10^3} \cdot 5 = 0,0133 \text{ с}$$

– период расчёта потокосцепления;

$$n_{\text{с}} = 5$$

– количество периодов модуляции для измерения скорости.

Обеспечим адекватность параметров модели, справочных и полученных расчетных параметров электродвигателя. Параметры двигателя, соответствующие справочным данным: $I_{\text{дв н}} = I_{\text{1ф н}} = 140 \text{ А}$; $M_{\text{дв н}} = 971 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Параметры двигателя расчетные: $I_0 = 35,145 \text{ A}$; $I_n = I_1(s_n) = 132 \text{ A}$; $M_{эмн} = 980,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$.
 За основные параметры электродвигателя примем значения номинального тока $I_{1фн} = 140 \text{ A}$ и номинального электромагнитного момента $M_{эмн} = 980,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Решив совместно систему уравнений

$$\Psi_{2н} = \frac{M_{эмн}}{\frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \left(\frac{L_m}{L_2}\right) \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1фн}^2 - I_0^2}} = \frac{980,2}{\frac{3}{2} \cdot 4 \cdot \frac{0,01864}{0,01924} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{140^2 - I_0^2}},$$

$$\Psi_{2н} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_m = \sqrt{2} \cdot 0,01864 \cdot I_0$$

относительно тока I_0 , определим значение тока намагничивания $I_0^* = 33,34 \text{ A}$, соответствующее параметрам структурной схемы. Значение последнего существенно не отличаться от значения расчетного тока намагничивания I_0 .
 Рассчитываем параметры структурной схемы, необходимые для оптимизации контуров регулирования:

– значение номинального потокосцепления двигателя, Вб

$$\Psi_{2дн}^* = \Psi_{2н}^* = \sqrt{2} \cdot L_m \cdot I_0^* = \sqrt{2} \cdot 0,01864 \cdot 33,34 = 0,879 \text{ Вб};$$

– значение номинального тока $I_{1д}$, А

$$I_{1дн}^* = \sqrt{2} \cdot I_0^* = \sqrt{2} \cdot 33,34 = 47,15 \text{ A}$$

– значение номинального тока I_{1q} , А

$$I_{1qn}^* = \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1фн}^2 - (I_0^*)^2} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{140^2 - 33,34^2} = 192,3 \text{ A};$$

– максимально допустимое значение тока I_{1q}

$$I_{1q\text{ макс}}^* = \frac{M_{эм макс}}{\frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \left(\frac{L_m}{L_2}\right) \cdot \Psi_{2н}^*} = \frac{1281}{\frac{3}{2} \cdot 4 \cdot \frac{0,01864}{0,01924} \cdot 0,879} = 250,7 \text{ A},$$

где $M_{эм макс} = 1281 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – максимальный момент электропривода.

2.9 Оптимизация контуров регулирования САР электропривода

Основным воздействием на электропривод агломашины является управляющее воздействие. Оптимизация контуров регулирования электропривода по управляющему воздействию выполнена по методике, изложенной в учебном пособии [3].

Оптимизация контура тока

Структурная схема контура тока с инерционной обратной связью и полной компенсацией внутренней отрицательной обратной связи по ЭДС двигателя приведена на рисунке 17. Контуров токов I_{ld} и I_{lq} идентичные.

Контур тока характеризуется одной большой постоянной времени в прямом канале $T_3 = 0.01405$ с и двумя малыми постоянными времени в прямом канале $T_{\mu\pi\pi} = T_{\pi} = 0.0000833$ с и в цепи обратной связи $T_{\mu\tau\sigma} = 0.00043$ с.

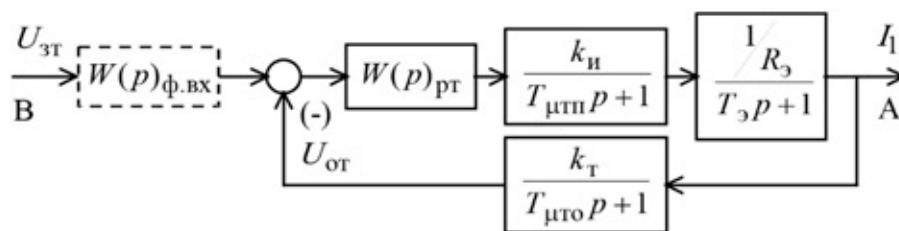


Рисунок 17 – Структурная схема контура тока

В качестве регулятора тока принимаем ПИ-регулятор с передаточной функцией

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

и настраиваем контур тока на модульный оптимум (МО):

$$k_{\pi\pi} = \frac{T_3 \cdot R_3}{k_{\pi} \cdot k_{\tau} \cdot a_{\tau} \cdot T_{\mu\tau\sigma}} = \frac{0.0185 \cdot 0.0553}{31.11 \cdot 0.0399 \cdot 2 \cdot 0.0005273} = 0.7815$$

– коэффициент усиления регулятора тока,

где

$$T_{\mu\tau\sigma} = T_{\mu\pi\pi} + T_{\mu\tau\sigma} = 0.0000833 + 0.000444 = 0.0005273 \text{ с}$$

– эквивалентная малая постоянная времени контура тока;

$$k_T = \frac{U_{\text{зт макс}}}{I_{\text{лq макс}}} = \frac{10}{311} = 0.0399 \frac{\text{В}}{\text{А}}$$

– коэффициент обратной связи по току;

$U_{\text{зт макс}} = 10 \text{ В}$ – принятое максимальное значение напряжения задания

на входе контура тока;

$a_T = 2$ – коэффициент оптимизации контура тока.

$T_{\text{рт}} = T_{\text{э}} = 0.0185 \text{ с}$ – постоянная времени регулятора тока

Передаточная функция замкнутого контура тока имеет следующий вид

$$\begin{aligned} W(p)_{\text{Т зам}} &= \frac{\frac{1}{k_T} \cdot (T_{\mu\text{ТО}} \cdot p + 1)}{a_T T_{\mu\text{ТП}} T_{\mu\text{ТО}} T_{\mu\text{ТЭ}} p^3 + a_T T_{\mu\text{ТЭ}}^2 p^2 + a_T T_{\mu\text{ТЭ}} p + 1} \approx \\ &\approx \frac{\frac{1}{k_T} \cdot (T_{\mu\text{ТО}} \cdot p + 1)}{a_T \cdot T_{\mu\text{ТЭ}}^2 \cdot p^2 + a_T \cdot T_{\mu\text{ТЭ}} \cdot p + 1} = \frac{\frac{1}{0.0399} \cdot (0.000444 \cdot p + 1)}{5.5609 \cdot 10^{-7} \cdot p^2 + 1.0546 \cdot 10^{-3} \cdot p + 1}. \end{aligned}$$

Настройка контура тока близка к настройке на МО системы 2-го порядка. Однако показатели качества работы оптимизированного контура тока по управлению зависят от отношения малых постоянных времени $T_{\mu\text{ТП}}$ и $T_{\mu\text{ТО}}$. Поскольку контур тока является внутренним контуром, то для уменьшения перерегулирования в нем на входе контура устанавливаем сглаживающий фильтр с передаточной функцией

$$W(p)_{\text{Ф ВХ}} = \frac{1}{T_{\text{Ф ВХ}} \cdot p + 1},$$

постоянную времени которого выбираем из условия

$$T_{\text{Ф ВХ}} = T_{\text{Ф ВХ Т}} = T_{\mu\text{ТО}} = 0.000444 \text{ с}.$$

Передаточная функция замкнутого оптимизированного контура тока с фильтром на входе имеет следующий вид:

$$W(p)_{\text{Т зам}} = \frac{\frac{1}{k_{\text{Т}}}}{a_{\text{Т}} \cdot T_{\mu\text{ТП}} \cdot T_{\mu\text{ТО}} \cdot T_{\mu\text{ТЭ}} \cdot p^3 + a_{\text{Т}} \cdot T_{\mu\text{ТЭ}}^2 \cdot p^2 + a_{\text{Т}} \cdot T_{\mu\text{ТЭ}} \cdot p + 1} \approx$$

$$\approx \frac{\frac{1}{k_{\text{Т}}}}{a_{\text{Т}} \cdot T_{\mu\text{ТЭ}}^2 \cdot p^2 + a_{\text{Т}} \cdot T_{\mu\text{ТЭ}} \cdot p + 1} = \frac{1}{5.5609^{-7} \cdot p^2 + 1.0546^{-3} \cdot p + 1}.$$

Контур является астатической системой 1-го порядка по управлению и имеет следующие ожидаемые показатели качества работы по управлению:

– статическая ошибка, А,

$$\Delta I_{\text{уст}} = 0;$$

– полоса пропускания контура по фазе и модулю

$$\omega_{\text{п}}^{(\Phi)} = \omega_{\text{п}}^{(\text{М})} \approx \frac{0.71}{T_{\mu\text{ТЭ}}} = \frac{0.71}{0.0005273} = 1346.48 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

или

$$f_{\text{п}}^{(\Phi)} = f_{\text{п}}^{(\text{М})} = \frac{\omega_{\text{п}}^{(\Phi)}}{2\pi} \approx \frac{1346.482}{2 \cdot 3.1415} = 214.3 \text{ Гц};$$

– перерегулирование, время первого и окончательного вхождения в 5% зону установившегося значения тока при отработке ступенчатого задания

$$\sigma \approx 4.3 \%,$$

$$t_{\text{пу1}}^{(5)} = t_{\text{пу2}}^{(5)} \approx 4.1 \cdot T_{\mu\text{ТЭ}} = 4.1 \cdot 0.0005273 = 0.002162 \text{ с}.$$

Оптимизация контура потокосцепления

При оптимизации контура потокосцепления внутренний оптимизированный замкнутый контур тока представим усеченной передаточной функцией 1-го порядка

$$W(p)_{\text{Т зам}} \approx \frac{\frac{1}{k_{\text{Т}}}}{T_{\text{Т}} \cdot p + 1},$$

где

$$T_{\text{Т}} = a_{\text{Т}} \cdot T_{\mu\text{ТЭ}} = 2 \cdot 0.0005273 = 0.0010546 \text{ с}$$

– эквивалентная постоянная времени оптимизированного контура тока.

Структурная схема контура потокосцепления приведена на рисунке 18.

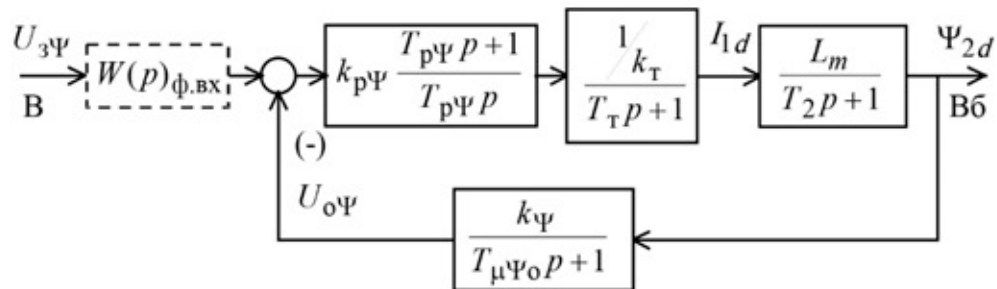


Рисунок 18 – Структурная схема контура потокосцепления

Контур потокосцепления характеризуется одной большой постоянной времени в прямом канале $T_2 = 0.6871$ с и малыми постоянными времени в прямом канале $T_T = 0.0010546$ с и в цепи обратной связи $T_{\mu\Psi o} = 0.00444$ с.

В качестве регулятора потокосцепления принимаем ПИ-регулятор с передаточной функцией

$$W(p)_{p\Psi} = k_{p\Psi} \cdot \frac{T_{p\Psi} \cdot p + 1}{T_{p\Psi} \cdot p}$$

и настраиваем контур потокосцепления на модульный оптимум:

$$T_{p\Psi} = T_2 = 0.6871 \text{ с}$$

– постоянная времени регулятора потокосцепления;

$$k_{p\Psi} = \frac{T_2 \cdot k_T}{L_m \cdot k_{\Psi}} \cdot \frac{1}{a_{\Psi} \cdot T_{\mu\Psi \Sigma}} = \frac{0.6871 \cdot 0.0399}{0.01864 \cdot 11.377} \cdot \frac{1}{2 \cdot 0.005495} = 11.76$$

– коэффициент усиления регулятора потокосцепления,

где

$$T_{\mu\Psi \Sigma} = T_T + T_{\mu\Psi o} = 0.0010546 + 0.00444 = 0.005495 \text{ с}$$

– эквивалентная малая постоянная времени оптимизированного контура;

$$k_{\Psi} = \frac{U_{3\Psi \text{ макс}}}{\Psi_{2н}} = \frac{10}{0.879} = 11.377 \frac{\text{В}}{\text{Вб}}$$

– коэффициент обратной связи по потокосцеплению;

$U_{\Psi \text{ макс}} = 10 \text{ В}$ – принятое максимальное значение напряжения задания на входе контура потокосцепления;

$a_{\Psi} = 2$ – коэффициент оптимизации контура потокосцепления.

Передаточная функция замкнутого контура потокосцепления по управлению имеет следующий вид

$$W(p)_{\Psi \text{ зам}} = \frac{\frac{1}{k_{\Psi}} \cdot (T_{\mu\Psi_0} \cdot p + 1)}{a_{\Psi} \cdot T_{\tau} \cdot T_{\mu\Psi_0} \cdot T_{\mu\Psi_3} \cdot p^3 + a_{\Psi} \cdot T_{\mu\Psi_3}^2 \cdot p^2 + a_{\Psi} \cdot T_{\mu\Psi_3} \cdot p + 1} \approx$$

$$\approx \frac{\frac{1}{k_{\Psi}} \cdot (T_{\mu\Psi_0} \cdot p + 1)}{a_{\Psi} \cdot T_{\mu\Psi_3}^2 \cdot p^2 + a_{\Psi} \cdot T_{\mu\Psi_3} \cdot p + 1} = \frac{\frac{1}{11,377} \cdot (4,44 \cdot 10^{-3} \cdot p + 1)}{6,039 \cdot 10^{-5} \cdot p^2 + 0,01099 \cdot p + 1},$$

Настройка контура близка к настройке на МО системы 2-го порядка. Контур является астатической системой регулирования 1-го порядка по управлению и обеспечивает нулевую установившуюся ошибку, Вб
 $\Delta\Psi_{\text{уст}} = 0$.

В зависимости от соотношения малых постоянных времени в прямом канале $T_{\mu\Psi_{\Pi}}$ и в цепи обратной связи $T_{\mu\Psi_0}$ контур имеет следующие динамические показатели качества работы:

– полоса пропускания по модулю

$$\omega_{\Pi}^{(м)} = \frac{(0,71 \div 0,9)}{T_{\mu\Psi_3}} = \frac{(0,71 \div 0,9)}{0,005495} = (129,21 \div 163,785) \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

или

$$f_{\Pi}^{(м)} = \frac{\omega_{\Pi}^{(м)}}{2\pi} \approx \frac{(129,21 \div 163,785)}{2 \cdot 3,1415} = (20,565 \div 26,068) \text{ Гц};$$

– перерегулирование и время первого вхождения в 5 % зону установившегося значения потокосцепления при отработке ступенчатого управляющего воздействия

$$\sigma = (4,3 \div 6,7) \%,$$

$$t_{\text{pyl}}^{(5)} = (4,1 \div 2,75) \cdot T_{\mu\Psi_3} = (4,1 \div 2,75) \cdot 0,005495 = (0,02253 \div 0,0151) \text{ с}.$$

При полученных значениях перерегулирования в контуре потокосцепления установка на входе контура фильтра нецелесообразна.

Оптимизация контур скорости

При оптимизации контура скорости внутренний оптимизированный замкнутый контур тока представим усеченной передаточной функцией 1-го порядка

$$W(p)_{\text{Т зам}} \approx \frac{1}{T_{\text{Т}} \cdot p + 1},$$

где

$$T_{\text{Т}} = a_{\text{Т}} \cdot T_{\mu\text{ТЭ}} = 2 \cdot 0.0005273 = 0.0010546 \text{ с}$$

– эквивалентная постоянная времени оптимизированного контура тока, с.

Структурная схема контура скорости приведена на рисунке 19.

Передаточная функция ПИ-регулятора скорости

$$W(p)_{\text{рс}} = k_{\text{рс}} \cdot \frac{T_{\text{рс}} p + 1}{T_{\text{рс}} \cdot p}.$$

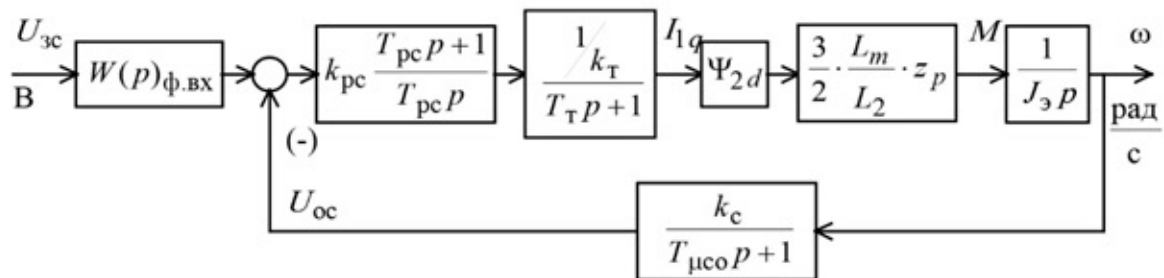


Рисунок 19 – Структурная схема контура скорости

Коэффициент усиления и постоянная времени регулятора скорости определяются по выражениям:

$$k_{pc} = \frac{(J_{\Sigma}) \cdot k_T}{\Psi_{2H} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{L_m}{L_2} \cdot z_p \cdot k_c} \cdot \frac{1}{a_c \cdot T_{\mu c3}} =$$

$$= \frac{9,28 \cdot 0,0399}{0,879 \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{0,01864}{0,01924} \cdot 4 \cdot 0,1775} \cdot \frac{1}{2 \cdot 0,005495} = 37,15 ;$$

$$T_{pc} = b_c \cdot a_c \cdot T_{\mu c3} = 2 \cdot 2 \cdot 0,005495 = 0,022 \text{ с},$$

где

$$T_{\mu c3} = T_T + T_{\mu c0} = 0,0010546 + 0,00444 = 0,0054495 \text{ с}$$

– эквивалентная малая постоянная времени оптимизированного контура;

$$k_c = \frac{U_{\Sigma \text{ макс}}}{\omega_{\text{оп макс}}} = \frac{10}{56,35} = 0,1775 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$$

– коэффициент обратной связи по скорости;

$$\omega_{\text{оп макс}} = 56,35 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad \text{– требуемое максимальное значение скорости}$$

электропривода;

$U_{\Sigma \text{ макс}} = 10 \text{ В}$ – принятое максимальное значение напряжения задания на входе контура скорости;

$$b_c = a_c = 2 \quad \text{– коэффициенты оптимизации контура скорости.}$$

На вход контура скорости устанавливаем сглаживающий фильтр с передаточной функцией

$$W(p)_{\text{ф.вх}} = \frac{1}{T_{\text{ф.вх}} \cdot p + 1}$$

и постоянной времени, равными

$$T_{\text{ф.вх}} = b_c \cdot a_c \cdot T_{\mu c3} = 2 \cdot 2 \cdot 0,005495 = 0,022 \text{ с},$$

Передаточная функция замкнутого контура скорости по управлению принимает вид

$$\begin{aligned}
W(p)_{\text{с зам}} &= \frac{\frac{1}{k_c} \times (b_c a_c T_{\mu\text{со}}^3 p + 1)}{b_c a_c^2 T_{\text{т}} T_{\mu\text{со}} T_{\mu\text{сз}}^2 p^4 + b_c a_c^2 T_{\mu\text{сз}}^3 p^3 + b_c a_c^2 T_{\mu\text{сз}}^2 p^2 + b_c a_c T_{\mu\text{сз}} p + 1} \approx \\
&\approx \frac{\frac{1}{k_c} \times (b_c a_c T_{\mu\text{со}}^3 p + 1)}{b_c a_c^2 T_{\mu\text{сз}}^3 p^3 + b_c a_c^2 T_{\mu\text{сз}}^2 p^2 + b_c a_c T_{\mu\text{сз}} p + 1} = \\
&= \frac{0.173272 p + 7.876}{1.327373 \cdot 10^{-6} \cdot p^3 + 2.4156 \cdot 10^{-4} \cdot p^2 + 0.022 \cdot p + 1}.
\end{aligned}$$

Настройка контура скорости близка к точной настройке на МО системы 3-го порядка. Контур скорости представляет собой астатическую систему 1-го порядка по управлению и обеспечивает точную отработку заданного значения скорости. Показатели качества работы оптимизированного контура скорости по управлению мало зависят от соотношения малых постоянных времени в прямой цепи и цепи обратной связи $T_{\mu\text{сп}} = T_{\text{т}}$ и $T_{\mu\text{со}}$. Предварительно принимаем следующие значения качественных показателей работы контура скорости:

– статическая ошибка при постоянном значении задающего сигнала

$$U_{\text{зс}} = \text{const}, \text{ рад/с},$$

$$\Delta\omega_{\text{уст}} = 0;$$

– скоростная ошибка при линейно изменяющемся входном сигнале

$$U_{\text{зс}}(t)$$

$$\Delta\omega_{\text{ск}} \approx \frac{(b_c a_c T_{\mu\text{сз}} - T_{\mu\text{со}})}{k_c} \cdot \left(\frac{dU_{\text{зс}}}{dt} \right) = (b_c a_c T_{\mu\text{сз}} - T_{\mu\text{со}}) \cdot \left(\frac{d\omega}{dt} \right)_{\text{зад}};$$

– полоса пропускания контура по модулю и по фазе

$$\omega_n^{(\text{м})} \approx \frac{0.5}{T_{\mu\text{сз}}} = \frac{0.5}{0.005495} = 91, \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \text{ или } f_n^{(\text{м})} = \frac{\omega_n^{(\text{м})}}{2\pi} \approx \frac{91}{2 \cdot 3.1415} = 14.5 \text{ Гц},$$

$$\omega_n^{(\text{ф})} \approx \frac{0.36}{T_{\mu\text{сз}}} = \frac{0.36}{0.005495} = 65.5, \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \text{ или } f_n^{(\text{ф})} = \frac{\omega_n^{(\text{ф})}}{2\pi} \approx \frac{65.5}{2 \cdot 3.1415} = 10.43 \text{ Гц};$$

– перерегулирование, время первого и окончательного вхождения в 5 % зону установившегося значения скорости при отработке скачка задания

$$\sigma \approx 8.1\%;$$

$$t_{py1}^{(5)} \approx 7.0 \cdot T_{\mu c\pi} = 7 \cdot 0.005495 = 0.0385 \text{ с};$$

$$t_{py2}^{(5)} \approx 12.0 \cdot T_{\mu c\pi} = 12 \cdot 0.005495 = 0.066 \text{ с}.$$

2.10 Имитационные исследования регулируемого электропривода агломашины.

Электропривод агломашины работает с постоянным потокосцеплением, равным номинальному значению $\Psi_{2н}$, в длительном режиме с постоянной нагрузкой, регулированием скорости и режимами пуска и торможения. Электропривод агломашины требует обеспечения плавности переходных процессов в электроприводе. Для ограничения ускорения (замедления) и рывка на входе регулируемого электропривода предусматриваем установку S-образного задатчика скорости.

С учетом отмеченных особенностей работы электропривода наметим следующие задачи имитационных исследований контуров регулируемого электропривода:

- в контуре потокосцепления статическая ошибка по управлению равна нулю, поэтому оценим только характер переходного процесса и время переходного процесса при отработке ступенчатого задания номинального значения потокосцепления и;

- в контуре скорости с ПИ-регулятором статические ошибки по управлению и возмущению равны нулю. Поэтому в процессе имитационных исследований произведем выбор параметров настройки регулятора скорости и оценим работу электропривода в режиме регулирования скорости и в пусковых и тормозных режимах.

Структурная схема САУ электропривода агломашины.

Учтем следующие основные нелинейности элементов структурной схемы.

- насыщение регулятора скорости, принимаем $U_{pc \text{ макс}} = 10 \text{ В}$;
- насыщение регулятора тока, принимаем $U_{pt \text{ макс}} = 10 \text{ В}$;
- ограничение напряжения на выходе инвертора $E_{и \text{ макс}} = 311 \text{ В}$;
- реактивный характер момента трения $M_c(\omega) = M_c \cdot \text{sign } \omega$.
- насыщение регулятора потокосцепления, принимаем $U_{p\psi \text{ макс}} = 10 \text{ В}$;

Структурная схема приведена на рисунке 20. Параметры элементов структурной схемы сведены в таблице 3.

По структурной схеме в программной среде Матлаб набирается имитационная модель, представленная на рисунке 21.

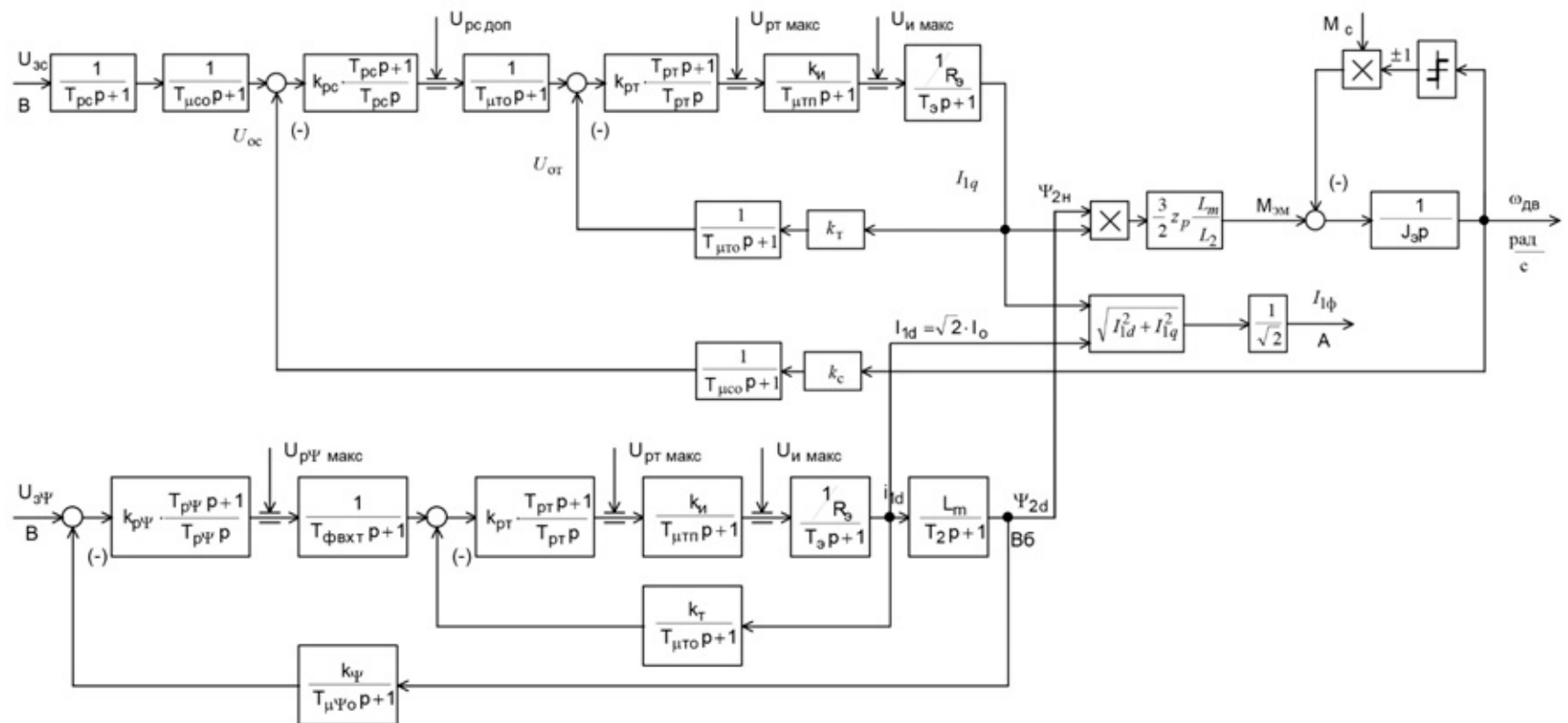


Рисунок 20 – Структурная схема нелинейной непрерывной САУ электропривода агломашины.

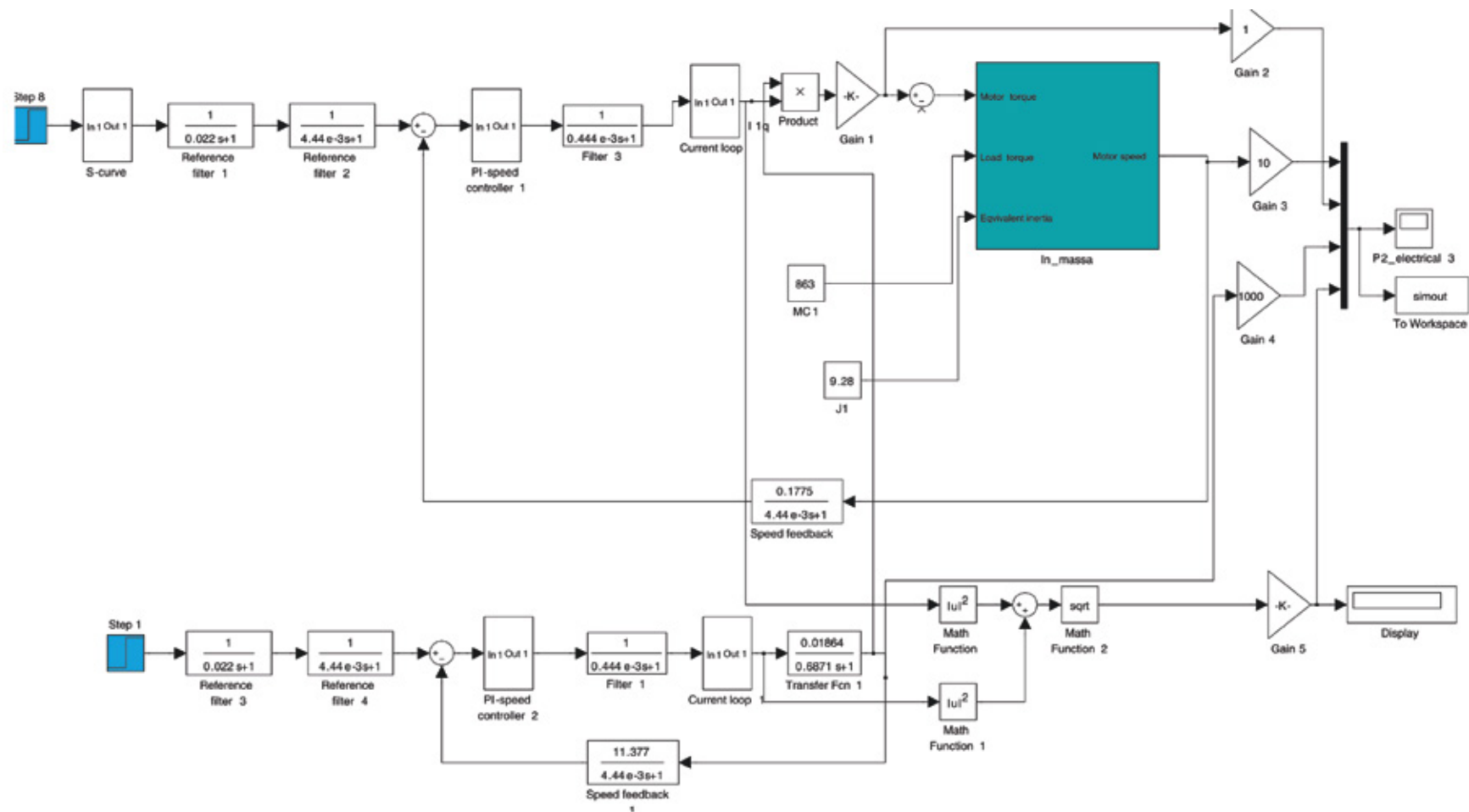


Рисунок 21 – Схема набора имитационной модели электропривода агломашины.

В состав имитационной модели рисунке 20 входят суперблоки:

- контура тока (рисунок 22);
- регулятора тока (рисунок 23);
- регулятора скорости (рисунок 24);
- регулятора потокосцепления (рисунок 25).
- механической системы приемного устройства (рисунок 26).

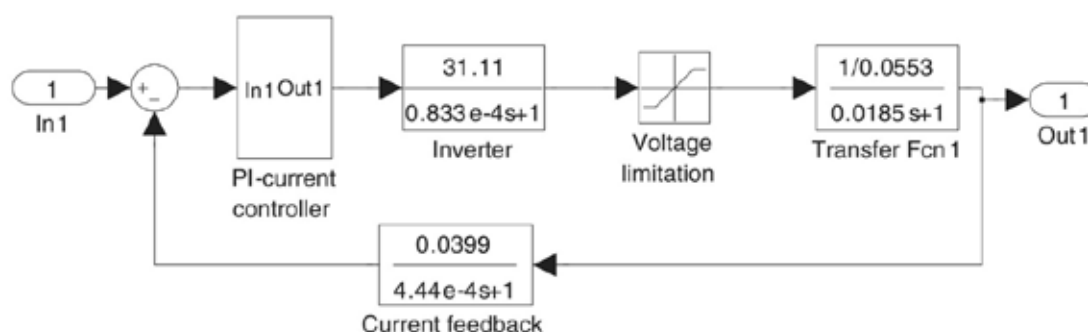


Рисунок 22 – Схема набора имитационной модели контура тока

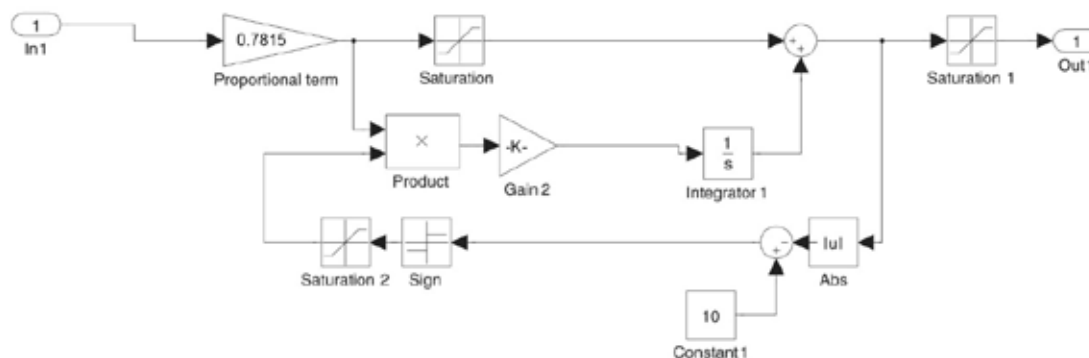


Рисунок 23 – Схема набора имитационной модели регулятора тока

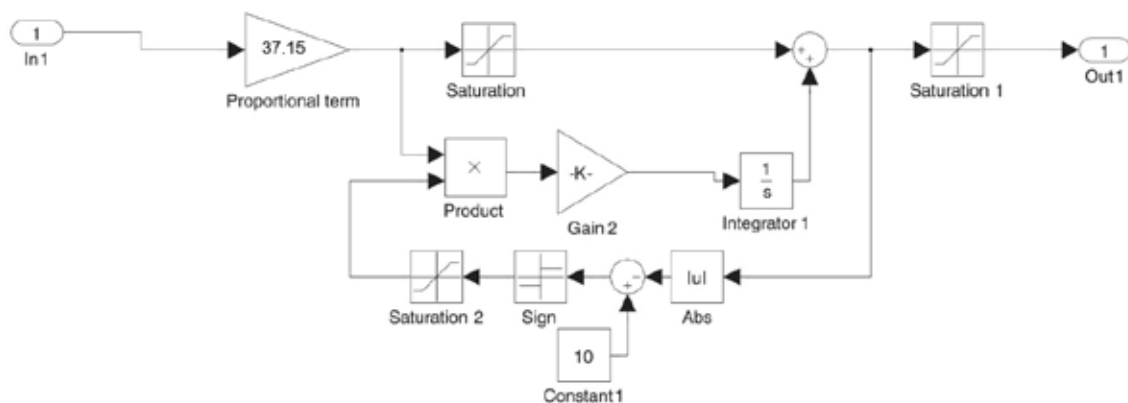


Рисунок 24 – Схема набора имитационной модели регулятора скорости

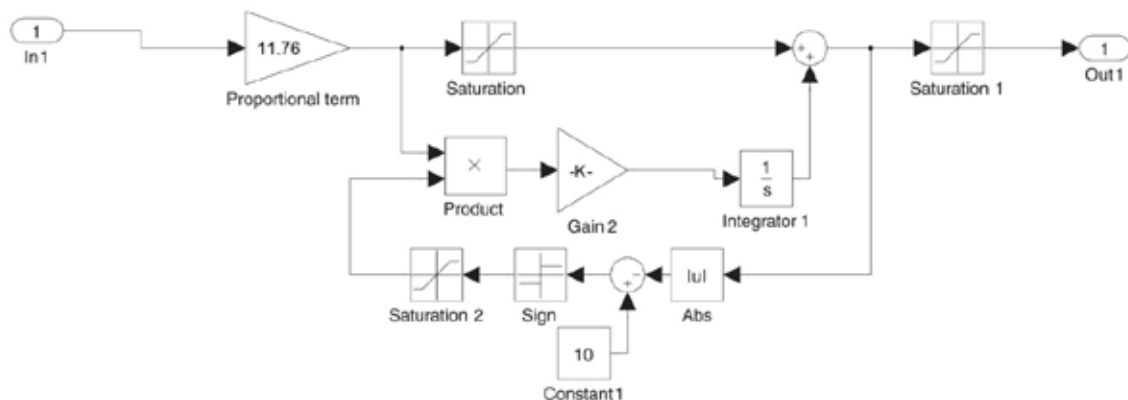


Рисунок 25 –. Схема набора имитационной модели регулятора потокосцепления

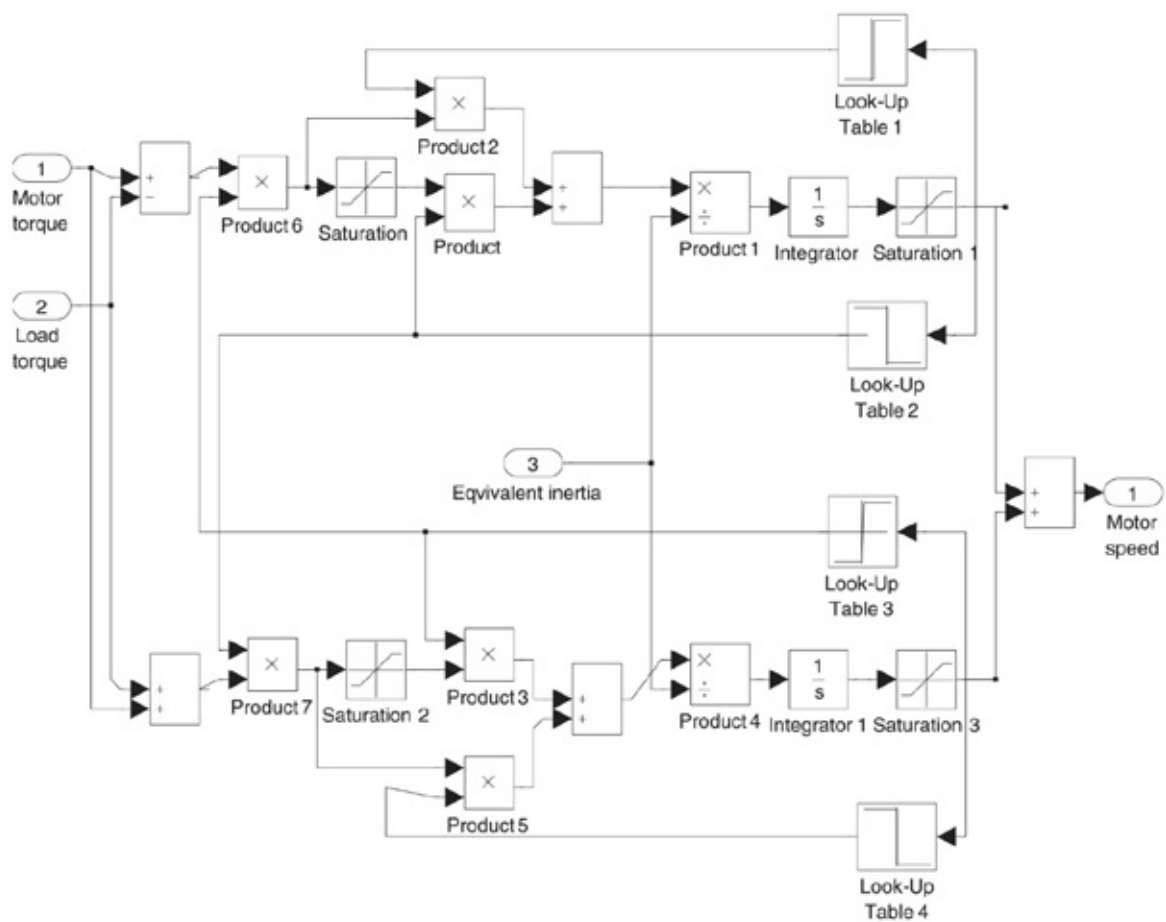


Рисунок 26 – Схема набора имитационной модели механической системы

Таблица 3-Параметры элементов структурной схемы

$U_{3\Psi}$, В	$k_{p\Psi}$	$T_{p\Psi}$, с	k_{Ψ} , $\frac{В}{Вб}$	$T_{\mu\Psi 0}$, с	$T_{\Phi \text{ вх } T}$, с	k_{pT}	T_{pT} , с	k_T , $\frac{В}{А}$	$T_{\mu TO}$, с	$k_{и}$	$T_{\mu TP}$, с	R_3 , Ом
10	11,7 6	0.687 1	11,377	0.0044 4	0.00044 4	0.781 5	0.018 5	0.039 9	0.00044 4	31.1 1	0.000083 3	0.055 3

Продолжение таблицы 3

T_3 , с	L_m , Гн	T_2 , с	$\Psi_{2дн}$, Вб	$U_{p\Psi \text{ макс}}$, В	$U_{pT \text{ макс}}$, В	$T_{\Phi \text{ вх } c1}$, с	$T_{\Phi \text{ вх } c2}$, с	k_{pe}
0.0185	0.006958	0.6871	0.879	± 10	± 10	0.022	0.00444	37,15

Продолжение таблицы 3

T_{pc} , с	k_c , $\frac{В \cdot с}{\text{рад}}$	$T_{\mu co}$, с	$T_{\Phi \text{ вх } T}$, с	k_{pT}	T_{pT} , с	k_T , $\frac{В}{А}$	L_2 , Гн	z_p	J_3^* , кг·м ²	$\omega_{\text{макс}}$, $\frac{\text{рад}}{с}$	$I_{1q \text{ макс}}$, А	$U_{и \text{ макс}}$, В
0.022	0.1775	0.00444	0.000444	0.7815	0.0185	0.0399	0.01924	4	9,28	56,53	250,7	311.17

Программа имитационных исследований контура потокосцепления

Программа имитационных исследований контура потокосцепления включает в себя оценку процесса формирования номинального значения потокосцепления двигателя.

Структурная схема контура потокосцепления приведена на рисунке 23

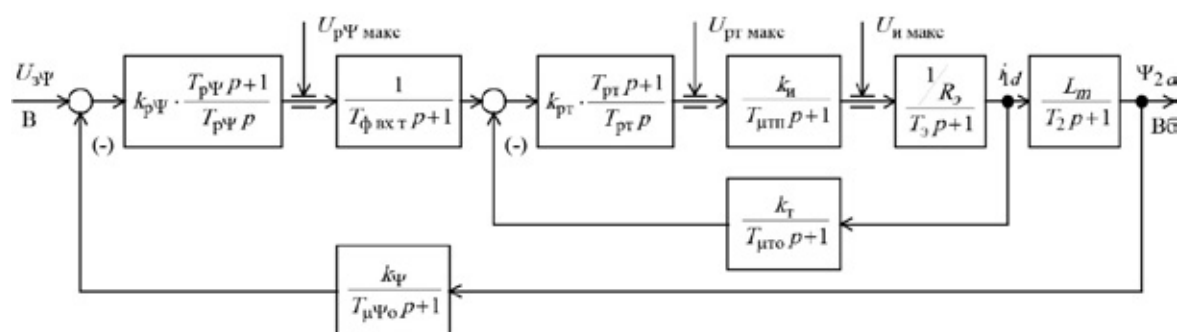


Рисунок 27 – Структурная схема контура регулирования потокосцепления

По структурной схеме рисунка 27 набираем имитационную модель контура потокосцепления (рисунок 28).

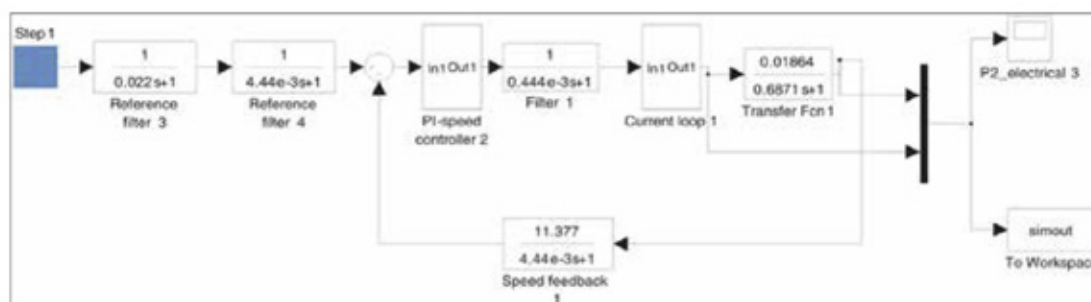


Рисунок 28 – Схема набора имитационной модели контура потокосцепления

На рисунке 29 приведены временные диаграммы изменения тока намагничивания $I_{ld}(t)$ и потокосцепления $\Psi_{2d}(t)$ при ступенчатом задании управления на входе контура $U_{3\Psi} = 10 \text{ В}$.

Процесс формирования потокосцепления двигателя характеризуется следующими количественными показателями:

- установившееся значение потокосцепления $\Psi_{2d} = \Psi_{2н} = 0.879 \text{ Вб}$;
- статическая ошибка отработки заданного значения потокосцепления $\Delta\Psi_{уст} = 0$;
- время достижения значения $0.95 \cdot \Psi_{2d \text{ уст}} \quad t_1^{(5)} \approx 0.115 \text{ с}$.

Внутренний контур тока обеспечивает ограничение максимального значения тока на уровне $I_{ld \text{ макс}} = I_{lq \text{ макс}} = 311 \text{ А}$ и установившееся значение тока равное $I_{ld \text{ уст}} = 47,16 \text{ А}$.

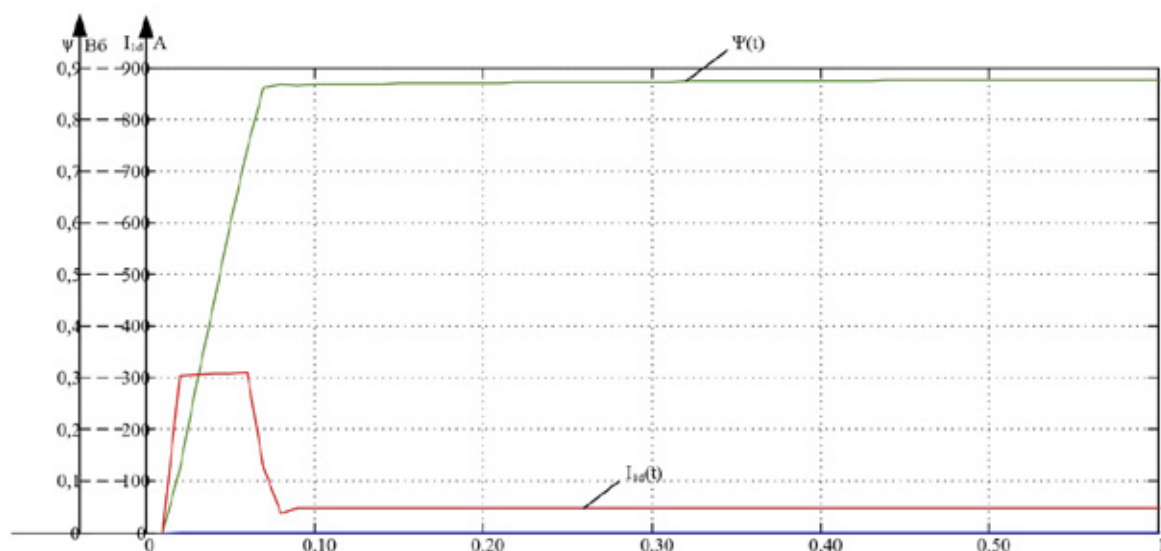


Рисунок 29 – Переходные процессы в контуре потокосцепления при $U_{3\Psi} = 10 \text{ В}$

Задатчик интенсивности скорости

Для обеспечения требуемой повышенной плавности движения с ограниченными значениями ускорения и рывка (второй производной скорости). С этой целью на входе регулируемого электропривода установлен S-образный задатчик скорости, формирующий на входе контура скорости управляющие сигналы с ограниченными значениями первой и второй производными. Форма выходной сигнала задатчика скорости представлена на рисунке 30. Схема набора имитационной модели S-образного задатчика скорости приведена на рисунке 31.

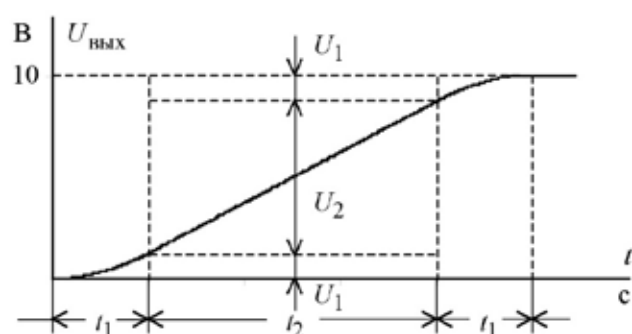


Рисунок 30 – Временная характеристика S-образного задатчика скорости

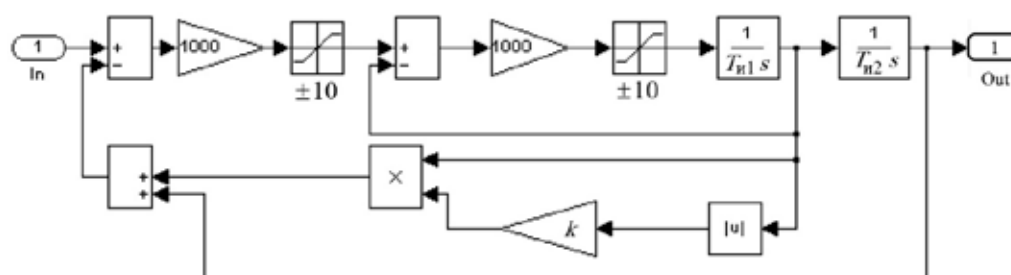


Рисунок 31 – Схема набора имитационной модели задатчика скорости

Настройка задатчика интенсивности скорости осуществлена из условия времени пуска привода на максимальную скорость, соответствующую максимальной скорости. $V_{\text{макс}} = 0.5 \text{ м/с}$,

$$t_2 + 2 \cdot t_1 = 1 \text{ с.}$$

Интервалы времени сглаживания (t_1) приняты равными 0.2 секунды, тогда $t_2 = 0.6 \text{ с.}$

Параметры настройки задатчика интенсивности скорости:

$$T_{и1} = t_1 = 0.2 \text{ с}; \quad T_{и2} = t_2 + t_1 = 0.6 + 0.2 = 0.8 \text{ с};$$

$$k = 0.05 \cdot \frac{t_1}{t_2 + t_1} = 0.05 \cdot \frac{0.2}{0.6 + 0.2} = 0.0125.$$

2.11 Расчет переходных процессов электропривода агломашины

Цель исследований – проверка работоспособности электропривода во всех основных технологических режимах работы.

Исследования сводились к проверке работы САУ электропривода в следующих режимах:

- пуск привода при разных значениях управления;
- торможение электропривода до минимальной скорости.
- останов электропривода.

Результаты исследований на имитационной модели приведены на рисунках 32-35.

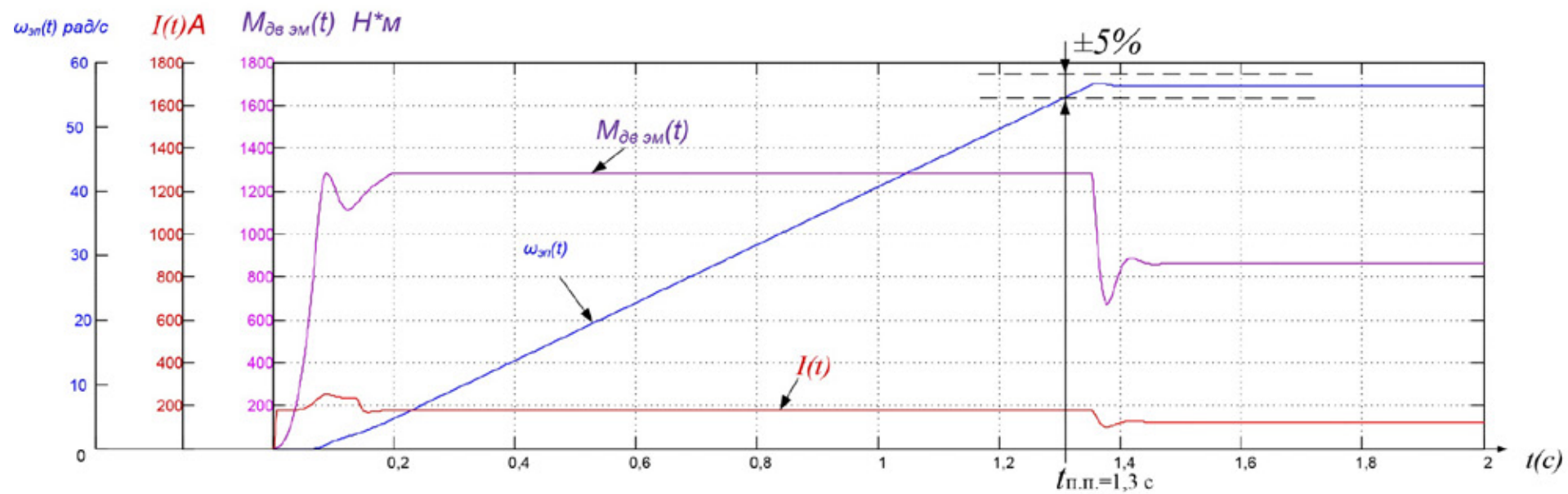


Рисунок 32 – Пуск на максимальную скорость

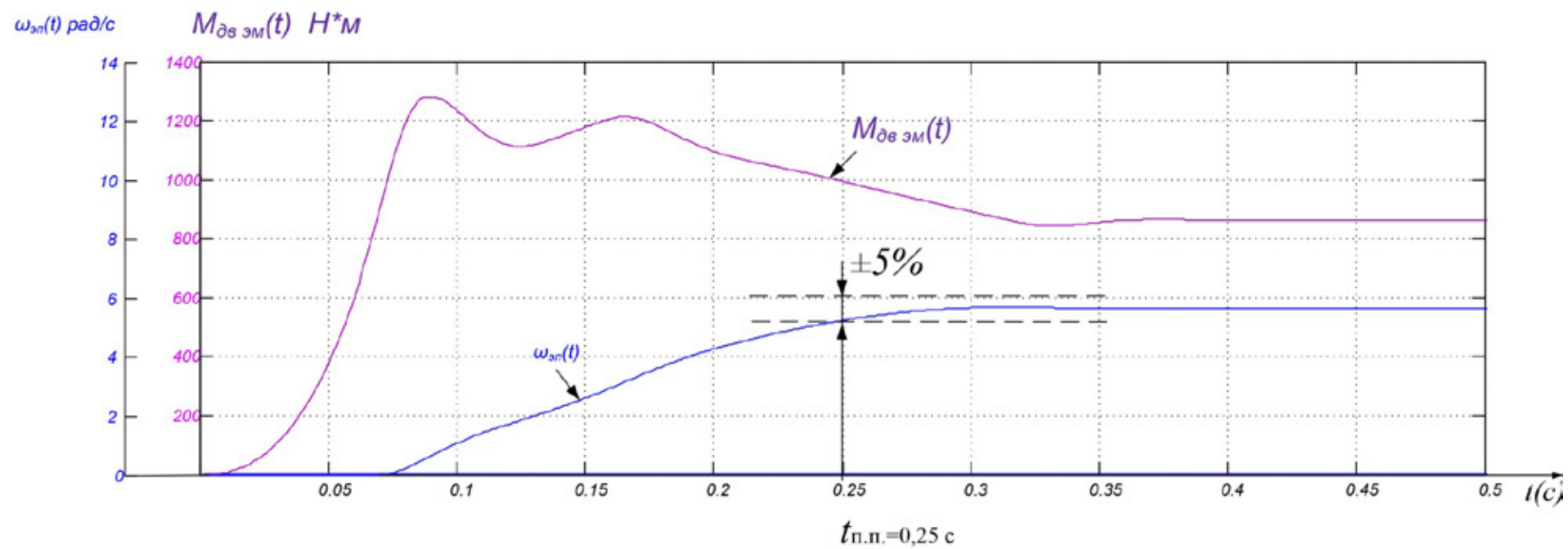


Рисунок 33 – Пуск на минимальную скорость

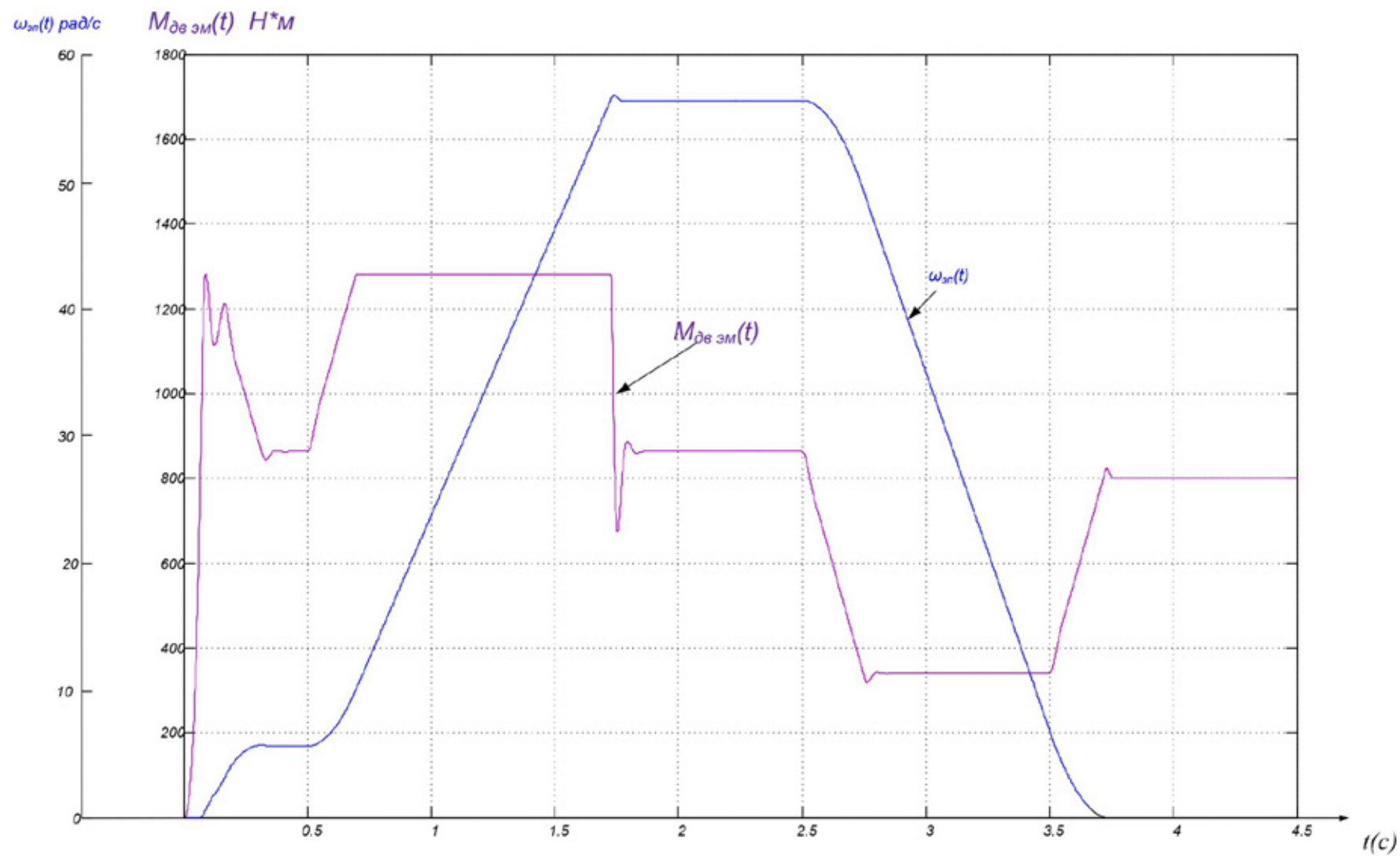


Рисунок 34 – Пуск на минимальную скорость разгон до максимальной, торможение.

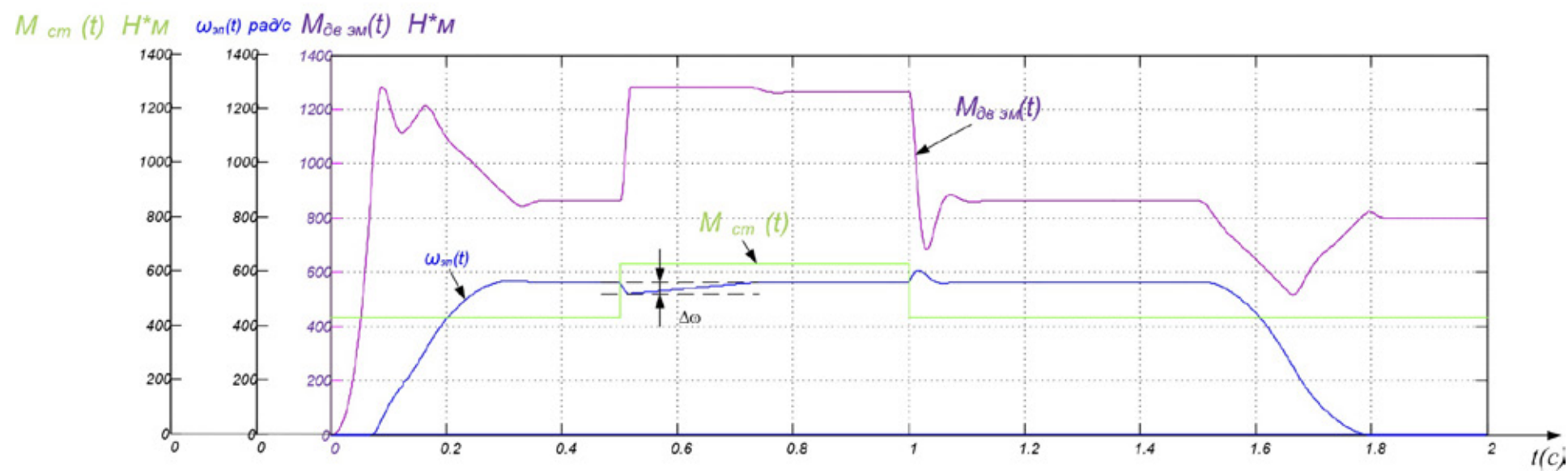


Рисунок 35 – Пуск на минимальную, наброс нагрузки, торможение.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Федорову Алексею Алексеевичу

Институт	Институт электронного обучения (ИнЭО)	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов проектной работы: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- Заказчиком проекта является ОАО «Евраз ЗСМК», на проведение пуско-наладочных работ компанией выделено 140 000 рублей, - Общие ограничения по бюджету проекта 300 000 рублей, - В реализации проекта задействованы 3 человека: 1 бригадир (инженер-разработчик), 2 (инженер-наладчика);
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Проект выполняется в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность» В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- Отчисления по страховым взносам - 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *График Ганта*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	Кандидат экономических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Федоров Алексей Алексеевич		

3.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Темой дипломного проекта является «электропривод агломашины». Данный проект подходит для агломерационного цеха, а в частности, для работы агломашины, где регулирование скорости осуществляется при помощи релейно-контакторной системы управления на основе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Не смотря на простоту данного метода, он имеет ряд существенных недостатков: низкую энергетическую эффективность, низкий КПД установки, а также ведет к увеличению механических нагрузок на установку.

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

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проекта;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

В связи с этим данный проект решает вопрос о модернизации системы управления и электропривода агломашины.

Заказчиком разработки проекта на внедрение частотно-регулируемого электропривода для линии является ОАО «Евраз ЗСМК» г. Новокузнецк.

Целевым рынком сбыта для разрабатываемого устройства являются предприятия металлургической промышленности. Вместе с тем, аналогичные схемные решения отдающего устройства с компенсатором, включенного в технологическую линию, можно использовать в различных отраслях промышленности: кабельной, текстильной, бумажной полиграфической и др.

Проект выполняется по заказу ОАО «Евраз-ЗСМК» г. Новокузнецк.

3.1. Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование.

В связи с бурным развитием техники проектные и пуско–наладочные работы проводятся на всех, без исключения, предприятиях, где осуществляется реконструкция или модернизация действующего электрооборудования. Стоимость электрооборудования и его монтаж составляет большой удельный вес в общей стоимости развития предприятия.

Организация и планирование пуско–наладочных работ производится параллельно с модернизацией производства в соответствии с нормативными актами. Пусконаладочные работы при монтаже электроприводов и их установке являются завершающей стадией процесса строительно–монтажных работ. Высокий уровень механизации и автоматизации производства, повышенные требования к качеству увеличивают объём ПНР и выделяют их в самостоятельный вид деятельности. От качества проведения ПНР зависит бесперебойность работы, безопасность и экономичность обслуживания электрооборудования. Финансирование ПНР осуществляется из ремонтного фонда предприятия, либо цеха. Средства выделяются на основе рассчитываемой калькуляции проведения ПНР.

В данной части выпускной квалификационной работы будут рассмотрены расчет затрат на проектные и пуско–наладочные работы при вводе в эксплуатацию электропривода агломерационной машины.

Сегментировать рынок услуг по разработке и внедрению в производстве электропривода можно по следующим критериям: изменение в конструкции существующих линий по производству продукции агломирата, длительность эксплуатации оборудования (рисунок 36).

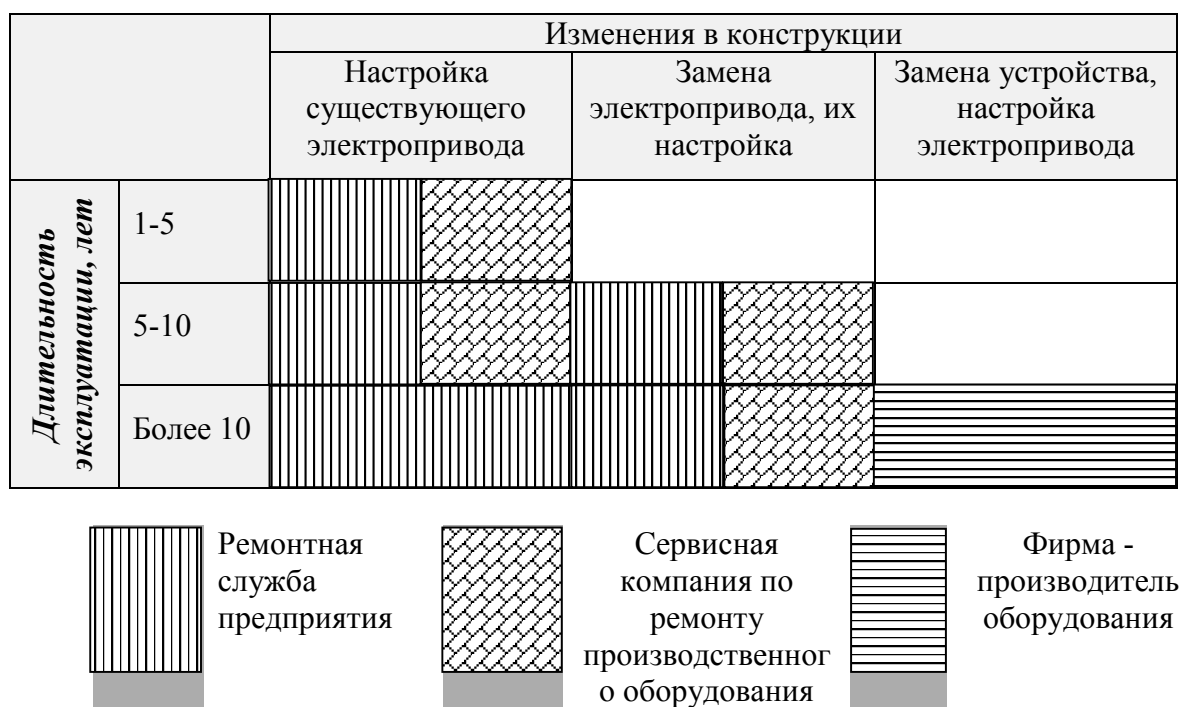


Рисунок 36. Карта сегментирования рынка услуг по разработке и внедрению в производстве электропривода:

На основании условий договора, проект необходимо выполнить за 22 календарных дня с момента подписания договора.

Бюджет на выполнение данного проекта составляет 300 000 руб . Реализация и внедрение данного проекта в эксплуатацию, позволит значительно повысить ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

При прохождении испытаний и положительной эффективности данного проекта, экономической и практической выгоде от внедрения данного проекта в цехах агломирата, его коммерческий потенциал возрастает и в дальнейшем может быть реализован на другие производства, где возможно использование данной технологии.

На сегодняшний день данная разработка по внедрению автоматического электропривода асинхронного двигателя с ЧП, является ресурсоэффективной и ресурсосберегающей передовой системой не имеющая аналогов.

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (см. табл.1). Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок

При разработке электропривода, разработчик руководствовался следующими соображениями: стоимость двигателя постоянного тока больше чем асинхронного двигателя, затраты на его эксплуатацию больше (в сравнении с асинхронным двигателем). Выпуск двигателей постоянного тока сокращается, электропривод постоянного тока заменяется электроприводом переменного тока. Решено использовать электропривод переменного тока с частотным регулированием.

Рассматривалось три варианта исполнения:

1. Преобразователь частоты (далее ПЧ) немецкой фирмы Siemens A1000 модель 2A0040, двигатель 4A132M6 мощностью 7,5 кВт, 1000 об/мин, редуктор F41 3 H40 P90.
2. ПЧ немецкой фирмы «BOSH» модель E3-9100, двигатель 4A132M6 мощностью 7,5 кВт, 1000 об/мин, редуктор F41 3 H40 P90. Для связи с контроллером линии необходим дополнительный модуль связи. На разработку устройства и его программирование заложим в стоимость оборудования ориентировочно 40 000 руб.
3. ПЧ шведско-швейцарской фирмы ABB модель ACS880-01-031A-2, двигатель фирмы ABB модель M3BP 160 MLA мощностью 7,5 кВт, 1000 об/мин, редуктор ABB 1SDA 073732R1. Не комплектуется модулем связи, необходимо приобрести устройство отдельно.

Таблица4. Стоимость комплекта.

Наименование комплектующих	Вариант исполнения					
	1		2		3	
	марка	стоимость	марка	стоимость	марка	стоимость
ПЧ	Siemens A1000	48550	Bosh E3-9100	42085	ABBACS880	53590
Редуктор	F41 3 H40 P90	38320	F41 3 H40 P90	24895	ABB 1SDA 073732R1	38320
Двигатель	4A132M6	20860	4A132M6	20860	ABB M3BP 160 MLA	32150
Коммут. аппаратура	комплект	15180	комплект	15180	комплект	15180
Модуль связи	интегрирован	0	разрабатывается отдельно	40000	приобретается отдельно	12500
Сумма за комплект	122 910		143 020		151 740	

Производим выбор варианта (комплекта) с использованием метода экспертных оценок.

Для проведения оценки выбраны следующие показатели: техническая производительность, помехозащищенность, точность, плавность протекания процессов, степень стандартизации и унификации, удобство управления, шум при работе и экономические– капитальные вложения, затраты на эксплуатацию, надежность.

По выбранным критериям с помощью экспертов необходимо присвоить коэффициент весомости, отражение их важности.

По каждому критерию необходимо установить оценку степени обеспечения:

Цели	низкий	средний	высокий (выше средней)
Уровень цели Оценка обеспечения цели	1.0	0.5	0

Таблица 5. Сравнительная характеристика электроприводов

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			примечание
		1	2	3	
1	2	3	4	5	4
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Производительность	1	0	0	0	равная у всех комплектов
2. Помехозащищенность	0,5	0	0,5	0	
3. Точность	0,5	0	0	0	у 3-го комплекта точность выше, но у всех комплектов достаточная
4. Плавность протекания процессов	0,5	0	0	0	
5. Удобство встройки	0,2	0	0,5	0	дополнительные затраты на модуль связи
6. Степень стандартизации унификации	0,3	0	1	0,5	2-й комплект - модуль связи, 3-й двигатель больших размеров
7. Удобство управления	0,5	0	0,5	0	
8. Шум при работе	0,1	0,5	0,5	0	3-й комплект имеет лучшие показатели, т.к. ПЧ и АД одного производителя
Экономические критерии оценки эффективности					
9. Капитальные вложения	1	0	0,5	0,5	
10. Затраты на эксплуатацию	0,8	0	0	0	
11. Надежность	0,8	0	0,5	0	надежность 2-го комплекта ниже, т.к. модуль связи произведен штучно, а не серийно
Итого		0,05	1,85	0,65	

В результате сравнения и оценки критериев выбран первый вариант исполнения, т.к. у него оптимальные технические показатели при выгодной стоимости проекта. Дальше расчеты производятся для комплекта оборудования с ПЧ фирмы Siemens.

3.2 Планирование комплекса работ на создание проекта

Комплекс работ по созданию проекта включает в себя:

- проектировка электропривода;
- пуско-наладочные работы электропривода.

Проект электропривода будут разрабатывать: руководитель проекта и инженер-разработчик.

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

Планирование необходимо для обеспечения оптимального ведения работ, уменьшение затрат, увеличение производительности труда.

3.2.1. Планирование научно-исследовательских работ

Этапы и содержание НИР сведены в таблицу 7.

Трудоемкость характеризуется количеством живого труда, затраченного на изготовление какой либо продукции. Все этапы работы и значения трудоемкости занесены в календарный план-график, таблица 8.

Таблица 7. Этапы и содержание проекта

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1. Разработка технического задания	1.1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
2. Изучение документации	2.1.	Изучение технической документации	Инженер
3. Расчет параметров, выбор двигателя и ПЧ	3.1.	Расчет мощности двигателя	Инженер
	3.2.	Расчет момента инерции	Инженер
	3.3.	Выбор преобразователя частоты	Инженер
	3.4.	Расчет параметров элементов структурной схемы силового канала. Оптимизация контуров	Инженер
	3.5.	Разработка электрической схемы привода.	Инженер
	3.6.	Анализ результатов	Руководитель, инженер
4. Моделирование работы привода	4.1.	Разработка программы исследований модели	Руководитель, инженер
	4.2.	Создание имитационной модели в среде Simulink программы Matlab	Инженер
	4.3.	Исследование нелинейной САУ СЭП асинхронного привода с векторным управлением	Инженер
	4.4.	Исследование нелинейной САУ СЭП в заданных режимах работы	Инженер
	4.5.	Исследование двухмассовой системы САУ СЭП	Инженер
5. Обобщение и оценка результатов.	5.1	Оценка результатов. Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер

Таблица 8. Календарный план-график НИР

Этап	Название	Исполнитель	t-емкость, дней		апрель															май																			
			рабочие	клендарные	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	1																																			
		Инженер																																					
2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель																																					
		Инженер	3	5																																			
3	Расчат параметров, выбор двигателя и ПЧ	Руководитель	1	1																																			
		Инженер	11	15																																			
4	Моделирование работы привода	Руководитель	1	1																																			
		Инженер	6	11																																			
5	Обобщение и оценка результатов	Руководитель	3	3																																			
		Инженер	3	3																																			

Календарный план разработки проекта составлен с учетом всех выходных и праздничных дней.

3.2.2. Планирование пуско-наладочных работ

Пуско-наладочные работы являются завершающим звеном производства линии, обеспечивающие ввод в эксплуатацию объект. Ниже рассмотрены основные этапы проведения ПНР на линии. Работы выполняются высококвалифицированными специалистами и рабочими по заранее разработанным и согласованным программам. Электротехнические ПНР, согласно [1], должны обеспечивать проверку и испытание электрооборудования в соответствии с действующими правилами устройства электроустановок, технической документацией предприятия-изготовителя оборудования и другими нормативными документами, а также получение заданных проектом электромеханических параметров работы оборудования.

Результат проверок, снятие характеристик аппаратуры, испытания и других работ, входящих в комплекс наладки электроустановок, оформляются в виде протоколов установленной формы, которые прикладываются к акту сдачи объекта в эксплуатацию.

Проведению ПНР в короткие сроки и с высоким качеством в значительной степени способствуют подготовительные мероприятия:

- заблаговременное ознакомление с проектом электроустановки, выявление неточностей, пробелов и других дефектов проекта;
- выявление и подсчёт объёма ПНР, определение необходимого количества наладочного персонала;
- подготовка комплектов наладочной аппаратуры и инструмента;
- составление рабочего графика проведения ПНР и согласование его с монтажной организацией и заказчиком;
- внешний осмотр электрооборудования и установка количества электромонтажных работ;
- определения технических характеристик электрооборудования;
- составление рабочей программы испытаний и наладки электрооборудования с учётом особенностей настраиваемого объекта.

Для того чтобы качественно и в короткие сроки произвести наладку электрооборудования и электрических схем, необходимо хорошее знание данного оборудования, проектные схемы и расчёты электрических параметров. Поэтому наладочный персонал комплектуется из опытных и квалифицированных специалистов.

Цены на проведение ПНР определены, исходя из сложности выпускаемой промышленностью продукции, в соответствии с требованиями 3 части СНиП "Организация, производство и приём работ".

При составлении смет или расчёте на выполнение работ, когда договором предусматривается промежуточная оплата, следует руководствоваться структурой ПНР, приведённой в таблице 9.

Таблица 9. Структура ПНР

№	Состав работы	Стоимость ПНР (%) от общей сметной стоимости
1	Подготовительные работы	10
2	Наладочные работы, проводимые до индивидуальных испытаний технологического оборудования	40
3	Наладочные работы в период индивидуальных испытаний технологического оборудования	30
4	Комплексное опробование	15
5	Оформление отчётной и приемно-сдаточной документации	5

Ценами учтены затраты на следующие работы:

1. Подготовительные работы - организаторскую и инженерную подготовку работ; изучение электротехнической части проекта и ознакомление с технической документацией; получение от заказчика согласованных установок устройств защиты и автоматики; подготовку парка приборов, а также программ наладки и комплекта протоколов.

2. Внешний осмотр электрооборудования на соответствие проекту; проверку и настройку отдельных элементов и функциональных групп; сборку испытательных схем; проверку параметров и снятие характеристик отдельных устройств; измерение сопротивления изоляции; проверку соединения обмоток; регулировку релейной аппаратуры.

3. Наладку электрооборудования под напряжением, включая силовые цепи; снятие и получение необходимых характеристик, сопоставление их с расчётными данными проекта; испытание и наладку оборудования вхолостую и под нагрузкой совместно с технологическим оборудованием.

4. Обеспечение взаимных связей устройств в составе электроустановки и механизмов в составе агрегата; согласование входных и выходных параметров и характеристик отдельных механизмов в составе агрегата; обеспечение на агрегатах электрических и электромеханических параметров и режимов, предусмотренных проектом.

Составление в одном экземпляре протоколов ПНР и испытаний; внесение в протокол схем, которые были изменены в процессе работы.

Таблица 10. Этапы и содержание ПНР

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1. Подготовительный этап	1.1.	Ознакомление с проектом, выявление неточностей. Составление рабочего графика проведения ПНР.	Руководитель , представитель заказчика, бригада наладчиков
	1.2.	Подготовка аппаратуры и инструмента;	Бригада наладчиков
	1.3.	Внешний осмотр электрооборудования и проверка готовности;	Бригада наладчиков
	1.4.	Определение соответствия техническим характеристикам;	Бригада наладчиков
	1.5.	Составление рабочей программы испытаний и наладки с учетом особенностей объекта.	Бригада наладчиков

Таблица 10 Продолжение

2. Проверочные работы:	2.1.	Проверка количества электромонтажных работ и их соответствие к рабочим чертежам проекта	Бригада наладчиков
	2.2.	Проверка установленной аппаратуры, градуировка и снятие в необходимых случаях характеристик	Бригада наладчиков
	2.3.	Проверка правильности выполнения схем	Бригада наладчиков
	2.4.	Проверка работы электрических систем, блокировок и автоматики.	Бригада наладчиков
3. Наладочные работы:	3.1.	Ввод параметров двигателя в преобразователь частоты, проверка работы системы;	Бригада наладчиков
	3.2.	Проверка работы и функционирования блоков сигнализации и защиты	Бригада наладчиков
	3.3.	Ввод параметров системы в преобразователь частоты	Бригада наладчиков
	3.4.	Проверка диапазона изменения напряжения преобразователя , настройка устройства задания скорости	Бригада наладчиков
	3.5.	Итоговая проверка защиты	Бригада наладчиков
	3.6	Настройка и снятие необходимых характеристик элементов автоматического управления в соответствии с требованиями технологического процесса, испытание оборудования в холостую	Бригада наладчиков
4. Комплексное опробование	4.1.	Обеспечение взаимных связей устройств в составе электрической установки;	Бригада наладчиков
	4.2.	Согласование входных и выходных параметров на входе и выходе характеристик отдельных механизмов	Бригада наладчиков
	4.3.	Проверка режимов работы системы при управлении с пульта управления	Бригада наладчиков
5. Оформление документации	5.1.	Составление протоколов ПНР	Бригада наладчиков
	5.2.	Приемка линии. Внесение в один экземпляр принципиальных схем проекта и изменений, внесенных во время ПНР	Руководитель , представитель заказчика, бригада наладчиков

3.2.3. Состав бригады для проведения ПНР

Число членов бригады и распределение объёмов ПНР между членами бригады зависит от профессиональной подготовки наладчиков и их практического опыта, а также диктуется рядом требований к ПНР:

1. Работы характеризуются узкой специализацией, сложностью.
2. По правилам и нормам эксплуатации и настройки электрооборудования напряжением до 1000 В запрещаются работы на оборудовании, находящемся под напряжением, менее чем двум членам бригады.

Распределение объёма работ между членами выполняет бригадир, как опытный специалист, знающий каждого члена бригады. Продолжительность выполнения любой операции на каждом этапе зависит от технической сложности. Состав бригады, выполняющей ПНР приведён в таблице 11.

Таблица 11. Состав бригады, выполняющей ПНР

	Состав бригады	Категория
1	Инженер-наладчик (бригадир)	I
2	Инженер-наладчик	II
3	Инженер-наладчик	III

С бригадой наладчиков, производящих ПНР, заключено трудовое соглашение, в котором оговорён срок проведения работ и сумма, на которые заключается соглашение. Срок проведения ПНР составляет 22 рабочих дня продолжительностью 8 часов.

Распределение объёма и времени выполнения ПНР по этапам отражено в таблице 12.

Таблица 12. Распределение времени выполнения ПНР

№	Члены бригады	Время выполнения работ по этапам, раб.дни				
		1	2	3	4	5
1	Инженер-наладчик (бригадир)	3	7	6	4	2
2	Инженер-наладчик	3	7	6	4	2
3	Инженер-наладчик	3	7	6	4	2

По таблице 8, согласно, строим календарный график, на июнь месяц 2016года, проведения ПНР (таблица 13.).

Таблица 13. календарный план-график ПНР

Этап	Исполнит.	t-емкость, дни		Выполнение ПНР по дням																																				
		Рабочие	Календ-е	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30							
1 – ый	Инженер – наладчик I (бригадир)	3	3																																					
	Инженер – наладчик II	3	3																																					
	Инженер – наладчик III	3	3																																					
2 – ой	Инженер – наладчик I (бригадир)	7	9																																					
	Инженер – наладчик II	7	9																																					
	Инженер – наладчик III	7	9																																					
3 – ий	Инженер – наладчик I (бригадир)	6	10																																					
	Инженер – наладчик II	6	10																																					
	Инженер – наладчик III	6	10																																					
4 – ый	Инженер – наладчик I (бригадир)	4	4																																					
	Инженер – наладчик II	4	4																																					
	Инженер – наладчик III	4	4																																					
5 – ый	Инженер – наладчик I (бригадир)	2	2																																					
	Инженер – наладчик II	2	2																																					
	Инженер – наладчик III	2	2																																					

Календарный план ПНР составлен с учетом выходных праздничных дней. Результат испытаний ПНР обеспечивают работу электрооборудования в соответствии с действующими правилами устройства электроустановок, технической документацией предприятия-изготовителя.

3.3 Бюджет проектной работы

Осуществление проектной работы потребует расчеты следующих пунктов затрат:

- материальные затраты;
- капитальные затраты (необходимое специальное и дополнительное оборудование, стоимость монтажных и пусконаладочных работ, а также транспортные расходы);
- расчет заработной платы исполнителей проекта;
- расчет пенсионных и страховых расходов;
- расчет накладных расходов;
- расчет расходов при эксплуатации электропривода;
- расчет амортизационных отчислений;
- расчет заработной платы обслуживающего персонала.

3.3.Расчет бюджета проекта по внедрению электропривода

3.3.1.Смета затрат на ПНР

Между ОАО «Евраз ЗСМК» и пусконаладочной бригадой составляется договор на проведение ПНР с выплатой после завершения ПНР договорной цены, согласно ценам на 1 апреля 2016 года в общем размере 69 351,82 рублей. В договоре оговорено, что инженер-наладчик бригадир (I категория) получает 40% (27 740,73 руб.), инженер-наладчик (II категория) 32% (22 192,58 руб.), инженер-наладчик (III категория) 28% (19 418,51 руб.) от фонда оплаты труда. Дополнительные затраты по заработной плате приведены в таблице 14.

Таблица 14. Дополнительные затраты по заработной плате

№	Наименование статей	Плановые (руб.)	Примечание
1	Стоимость работ	38 679,21	
2	Районный коэффициент	11 603,76	30% от п. 1
3	Коэффициент, действующий при проведении ПНР в зоне работы действующего оборудования	1 160,38	10% от п. 1
4	Коэффициент, учитывающий работы на установке, находящейся под напряжением	11 603,76	30% от п. 1
5	Основная заработная плата, включая доплаты	63 047,11	п.1+п.2+п.3+п.4
6	Дополнительна заработная плата	6 304,71	10%отп.5
7	Итого	69 351,82	п.5+п.6

Затраты предприятия на проведение пуско-наладочных работ приведены в таблице 15.

Таблица 15. Общая стоимость затрат на проведение ПНР

№	Наименование статей	Плановые (руб.)	Примечание
1	Заработная плата	69 351,82	
2	Отчисления в внебюджетные Фонды	25 351,30	30%от п.1
3	Накладные расходы	15 152,50	16% от п.1
4	Себестоимость работ	109 855,62	п.1+ п.2+п.3
5	Прибыль	8 788,45	8% от п.4
6	Цена ПНР	118 644,07	п.4+п.5
7	НДС	21 355,93	18% от п.6
8	Итого	140 000,00	п.6 + п.7

Цены всех комплектующих представлены в таблице 1 на 1 апреля 2016 года. Таким образом, на проведение пуско-наладочных работ ОАО «Евраз» затратило 140 000 рублей, на приобретение оборудования 122 910 рублей (см. раздел 4.1.1). Общая продолжительность работ по проекту - 22 рабочих дня.

3.3.2. Расчет расходов при эксплуатации электропривода (стоимости силовой электроэнергии)

Эксплуатационные расходы включают следующие статьи затрат:

- Расходы на электроэнергию
- Заработная плата обслуживающего персонала
- Амортизационные отчисления
- Затраты на ремонт
- Расходы на материалы, связанные с эксплуатацией

Силовая электроэнергия используется для питания приводов рабочих механизмов и рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{сил.эн}} = \frac{P_{\text{уст}} \times F_{\text{д}} \times k_{\text{м}} \times k_{\text{в}} \times k_{\text{з}}}{k_{\text{об}} \times k_{\text{с}}} = \frac{5 \times 3725 \times 0,6 \times 0,6 \times 0,7}{0,92 \times 0,9} = 5545,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

де $P_{\text{уст}}$ – мощность установленного оборудования, 5 кВт;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, 3725 часов, автоматические линии в 2 смены;

$k_{\text{м}}$ – коэффициент одновременного использования электродвигателей (0.6-0.7);

$k_{\text{в}}$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени (0.6-0.8);

$k_{\text{з}}$ – средний коэффициент загрузки оборудования (0.7-0.8);

$k_{\text{с}}$ – коэффициент, учитывающий потери в сети (0.92-0.95);

$k_{\text{об}}$ – коэффициент, учитывающий потери в двигателях (0.9-0.93).

Затраты на силовую энергию в денежном выражении рассчитывается:

$$C_{\text{эл}} = W_{\text{сил.эн}} \times C_{\text{э}} = 5545,3 \times 3,52 = 19519 \text{ руб} / \text{год}$$

где $C_{\text{э}}=3,52$ руб. – стоимость одного кВт-часа электроэнергии для промышленных предприятий.

3.3.3. Расчет амортизационных отчислений

Годовые амортизационные отчисления рассчитываются на основе норм амортизации

$$A_{год} = K \times \frac{H_A}{100} = 107730 \times \frac{9,6}{100} + 15180 \times \frac{3,5}{100} = 10873,38 \text{ руб}$$

где K – капитальные вложения в электрооборудование;

H_A – проценты отчислений на амортизацию

- Электродвигатели – 9.6%
- Преобразователи, выключатели, трансформаторы и т.д. – 3.5%

3.3.4. Заработная плата обслуживающего персонала

Обслуживание частотного электропривода, двигателя и редуктора входит в обязанности оперативно-ремонтного персонала ремонтной службы предприятия.

При выполнении работы наладчик автоматических линий имеет повременную оплату труда. Оплата труда включает в себя основную и дополнительную заработную плату. К основной относится оплата, начисленная за проработанное время на предприятии и различные доплаты (сверхурочная работа, работа в выходные дни, региональные надбавки, премии, районный коэффициент).

Оклад наладчика автоматических линий по присвоенному 6 разряду: 9100 руб.

Дневная заработная плата:

$$З_{нал} = \frac{(1.3 \times З_T + \text{Надб}) \times P_K}{F_D};$$

где $З_T$ - оклад в месяц;

Надб = 3000руб надбавка за сложность;

1.4 - доплата за должность;

$P_K = 1.3$ - коэффициент, учитывающий районное регулирование;

$F_d = 22$ количество рабочих дней в месяц.

Рассчитаем основную зарплату:

$$Z_{НАЛ} = \frac{(1,4 \times 1,3 \times 9100 + 3000) \times 1,3}{22} = 876,32 \text{ руб/дн}$$

Основная заработная плата за период работы:

$$Z_{ОСН} = Z \times t_p ;$$

где t_p - период рабочего времени:

$t_p = 247$ – период рабочего времени – 1 год (в 2016 году 247 рабочих дней);

Рассчитаем основную заработную плату за год:

$$Z_{ОСН} = Z_{НАЛ} \cdot t_p = 876,32 \cdot 247 = 216\,450,60 \text{ (руб)};$$

Дополнительная заработная плата – это выплаты за неотработанное время (оплата отпусков и т. д.).

Дополнительная заработная плата рассчитывается:

$$Z_{ДОП} = 0.15 \times Z_{ОСН} ;$$

Рассчитаем дополнительную зарплату:

$$Z_{ДОП} = 0,15 \cdot Z_{ОСН} = 0,15 \cdot 216\,450,60 = 32\,467,59 \text{ (руб)};$$

Суммарная зарплата:

$$Z_{\Sigma} = Z_{ОСН} + Z_{ДОП} = 216\,450,60 + 32\,467,59 = 249\,918,18 \text{ (руб)}.$$

Расчет затрат на оплату труда сведем в таблицу 6

Таблица 16. Затраты на оплату труда

	Исполнитель
Основная з/пл, руб.	216 450,60
Дополнительная з/пл, руб.	32 467,59
Итого	249 918,18

Отчисления на социальное страхование (ЕСН)

Страховые отчисления на сегодняшний день по существующему законодательству составляет 30 %:

$$\text{ЕСН} = 30\% \cdot \text{З/п} = 0,30 \cdot 249\,918,18 = 74\,675,46 \text{ (руб)};$$

Обязанности по обслуживанию линии ЛКОР-125 занимают 10% рабочего времени наладчика. Зарплата обслуживающему персоналу в год составит:

$$\text{З}_{\text{ПЕР}} = 249\,918,18 \cdot 0,1 = 24\,991,82 \text{ (руб/год)}.$$

3.3.5. Общая сумма эксплуатационных расходов

Общая сумма эксплуатационных расходов складывается из затраты на силовую энергию C_{Σ} , годовых амортизационных отчислений $A_{\text{год}}$ и зарплаты обслуживающего персонала $\text{З}_{\text{ПЕР}}$.

$$P_{\Sigma} = C_{\Sigma} + A_{\text{год}} + \text{З}_{\text{ПЕР}} = 19\,519 + 10\,873,38 + 24\,991,82 = 55\,384,20 \text{ (руб/год)}$$

При расчетах общих затрат на эксплуатацию расходы на электроэнергию составили 19519 (руб/год), заработная плата обслуживающего персонала 24991 (руб/год), амортизационные отчисления 10873 (руб/год). Общая сумма эксплуатационных расходов составила 55 384,20 (руб/год).

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования

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

3.4.1. Интегральный финансовый показатель

Определяется как:

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

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{р}i}$ – стоимость i -го варианта исполнения включая ПНР(таблица 1);

$$\Phi_{\text{р}1} = 122\,910 + 140\,000 = 262\,910 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{р}2} = 143\,020 + 140\,000 = 283\,020 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{р}3} = \Phi_{\text{max}} = 151\,740 + 140\,000 = 291\,740 \text{ руб}$$

Φ_{max} – максимальная стоимость всего проекта

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{\text{р}1}}{\Phi_{\text{ПНР}}} = \frac{262910}{291740} = 0,9$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{\text{р}2}}{\Phi_{\text{ПНР}}} = \frac{283020}{291740} = 0.97$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{\text{р}3}}{\Phi_{\text{ПНР}}} = \frac{291740}{291740} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

3.4.2. Интегральный показатель ресурсоэффективности

Определяется следующим образом:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 17).

Таблица 17 Сравнительная оценка вариантов исполнения

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 Siemens	Исп.2 Bosh	Исп.3 ABB
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	3	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	3	5
4. Энергосбережение	0,20	5	5	5
5. Надежность	0,25	5	4	5
6. Материалоемкость	0,15	5	5	3
ИТОГО	1	4,85	4,15	4,4

$$I_{p-учн1} = 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,01 = 4,85;$$

$$I_{p-учн2} = 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 = 4,15;$$

$$I_{p-учн3} = 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,1 = 4,4.$$

3.4.3. Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{4,85}{0,9} = 5,39$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{4,15}{0,97} = 4,28$$

$$I_{исп.3} = \frac{I_{р-исп3}}{I_{финр}^{исп.3}} = \frac{4,4}{1} = 4,4$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл. 14) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.1}} = \frac{5,39}{5,39} = 1$$

$$\mathcal{E}_{cp2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}} = \frac{4,28}{5,39} = 0,79$$

$$\mathcal{E}_{cp3} = \frac{I_{исп.3}}{I_{исп.1}} = \frac{4,4}{5,39} = 0,82$$

Таблица 18. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1 Siemens	Исп.2 Bosh	Исп.3 ABB
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9	0,97	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,15	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	5,39	4,28	4,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,79	0,82

Сравнение значений с позиции финансовой и ресурсной эффективности указывает на первый вариант исполнения фирмы «Siemens», как наиболее эффективный, который и используется в данном проекте.

3.4.4 Определение научно-технической эффективности проекта

На основании оценки результатов исследования, где основной характеристикой исследований является их актуальность, теоретическая новизна, концептуальность, доказательность, перспективность и возможность внедрения результатов в практику, можно сделать вывод, что эти данные соответствуют научно-технической эффективности. Так же можно отметить, что данные исследования соответствуют НТП- не прерывному процессу внедрения новой техники и технологии, организации производства и труда на основе достижений научных знаний.

В качестве выводов по разделу отметим следующее:

1) В результате сравнения и оценки критериев комплектов электроприводов выбран преобразователь частоты фирмы Siemens A1000 модель 2A0040, двигатель 4A132M6 мощностью 7,5 кВт, 1000 об/мин, редуктор F41 3 H40 P90. т.к. у данного комплекта оптимальные технические показатели при выгодной стоимости проекта;

2) Было осуществлено планирование работ по проекту, составлены графики проектных и пусконаладочных работ. Работы были проведены за 22 рабочих дня бригадой из трех человек.

3) Составлена смета затрат на проектирование. Проведен расчет капитальных и амортизационных вложений, расчет заработной платы исполнителей проекта и обслуживающего персонала, также были рассчитаны эксплуатационные и накладные расходы. На проведение пуско-наладочных работ ОАО «Евраз ЗСМК» затратило 140 000 рублей, на приобретение оборудования 122 910 рублей. Общий бюджет затрат на реализацию проекта - 262 910,00 руб.

4) На основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования, а также по итогам сравнения финансовой и ресурсной эффективности наиболее эффективным получается первый комплект электропривода – фирмы «Siemens».

По полученным результатам расчетов можно сделать вывод, что данный проект имеет хорошие показатели новизны, значимость теоретического уровня, и при этом может использоваться в широком спектре отраслей за сравнительно небольшое время реализации.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Федорову Алексею Алексеевичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

- *ОАО ЗСМК, аглоизвестковое производство, агломерационный цех*
- *вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)*
- *опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)*
- *негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды;*
2. Основными вредными факторами агломерационного цеха являются:
Запыленность (металлической, токопроводящей пылью различных фракций);
Загазованность;
Шум и вибрация;
Отклонение показателей микроклимата;
Недостаточная освещенность рабочей зоны.
3. *Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды;*
Опасными факторами агломерационного цеха являются:
Возможность получения травм в следствии:
а) движения машин и механизмов;
б) движение производственного материала;
в) выброс горячего шлака из-под зажигательного горна.
Поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования.
4. *Охрана окружающей среды:*
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
5. *Защита в чрезвычайных ситуациях:*
- перечень возможных ЧС на объекте;
- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;
- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;
разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

Перечень графического материала:

План эвакуации при пожаре

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Федоров Алексей Алексеевич		

4 Социальная ответственность

4.1 Введение

Промышленное предприятие ОАО ЕВРАЗ ЗСМК расположено на территории города Новокузнецка в специально выделенном промышленном районе. Цеха, с вредными выделениями, выделяются расположением с подветренной стороны по отношению к другим цехам. В необходимых случаях применяются пылеулавливание и газоочистка.

Между предприятием и жилым районом создана санитарно-защитная зона, ширина которой 2000м. Metallургический комбинат относится к 1 классу по количеству вредных веществ, выбрасываемых предприятием в воздушный бассейн СанПиН 2.2.4.548 - 96.

В санитарно-защитной зоне расположены пожарное депо, гаражи, склады и проводится озеленение на территории предприятия, в свою очередь, между отдельными зданиями и сооружениями существуют санитарные разрывы, которые обеспечивают не затенение оконных проемов, а отделяют объекты друг от друга и от остальных сооружений. Разрывы между зданиями используют под зеленые насаждения.

Подход рабочих к цеху проходит, согласно установленному маршруту, по специально оборудованным пешеходным тротуарам, подземным переходам, переход железнодорожных путей осуществляется через установленные лабиринты. Перед входом на территорию комбината, возле проходной, и при выходе из цеха находятся стенды со схемами маршрутов движения по комбинату и непосредственно к цеху.

4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Агломерационный цех является сложным производственным комплексом, оснащенным разнообразным механическим, электрическим и подъемно-транспортным оборудованием, обслуживание которого требует четкого и неукоснительного соблюдения производственной санитарии.

Практически все участки агломерационного цеха резко отличаются друг от друга по метеорологическим условиям. На участке спекания и транспортировке горячего агломерата тепловое излучение намного превышает санитарные нормы, имеет место пониженная влажность воздуха, в то время как на остальных участках производства температурные условия соответствуют нормам. Для агломерационного цеха характерна большая протяженность и разнообразность производственных механизмов, имеющих дистанционное управление расположенных на высоте и в подвальных помещениях, что, безусловно, снижает видимость и слышимость световой, и звуковой информации, затрудняет прием предупредительных сигналов.

Опасными факторами агломерационного цеха являются:

- Возможность получения травм в следствии:
 - а) движения машин и механизмов;
 - б) движение производственного материала;
 - в) выброс горячего шлака из-под зажигательного горна.

- Поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования.

Основными вредными факторами агломерационного цеха являются:

- Запыленность (металлической, токопроводящей пылью различных фракций);
- Загазованность;
- Шум и вибрация;
- Отклонение показателей микроклимата;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны.

Основные технологические операции агломерационного цеха сопровождаются выделением значительного количества пыли. Пыль в основном состоит из окислов железа с примесью других веществ.

Другим фактором, характеризующим санитарно-гигиенические условия труда в агломерационном цехе, является загазованность. Наличие в атмосфере цеха различных вредных газов и аэрозолей обусловлено нарушениями

технологического режима, неисправностью и несовершенством технологического оборудования. В таблице 16 приведено содержание некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны цеха и для сравнения ПДК по ГОСТ 12.1.005-88.

Таблица 19. Содержание некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны аглоцеха

Наименование вещества	Концентрация вещ-ва в воздухе, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение в количество раз
агломерационная пыль	17,0	4,0	4,25
SiO ₂	6.1	-	-
CO	Не обнаружено	20,0	-
SO ₂	Не обнаружено	20,0	-
NO ₂	Не обнаружено	5,0	-

Большинство технологических операций аглоизвесткового производства сопровождается образованием шумов низкой и высокой частоты, а так же вибрации. Громкими шумами и вибрацией, уровни которых превышают допустимые нормы, сопровождается транспортировка шихты, кокса, просыпи, и т.д., сортировка и дробление агломерата или его компонентов.

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

Помещение, по возможности, должно освещаться естественным светом, так как оно оказывает благоприятное влияние на психику. Если естественного

освещения не достаточно, то необходимо применять искусственное освещение от различных светильников. Нормальная освещенность рабочего места зависит от характера работ и составляет для помещения оператора 400 лк, для общего освещения 50 лк – группа региона 1 (Кемеровская область).

4.3 Техника безопасности

К работе электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования АИП допускаются лица не моложе 18 лет, имеющих специальное образование, прошедших медицинское освидетельствование, прошедшие проверку знаний ПЭЭП и ПТБ электроустановок потребителей в цеховой комиссии, утвержденной распоряжением главного электрика комбината.

Персонал электрослужбы, связанный с производством работ на высоте (обслуживание верхнего освещения, мостовых кранов), прошедшие специальное обучение, назначается распоряжением по цеху и ежегодно должен проходить медицинскую комиссию на освидетельствование пригодности к работе на высоте, по результатам которой делается отметка в удостоверении.

При эксплуатации электроустановок потребителей, электротехнический персонал электрослужбы должен систематически повышать свою квалификацию и уровень знаний правил, и инструкций по охране труда, изучать передовой опыт и безопасные приемы обслуживания электроустановок.

Периодически один раз в квартал электромонтер из числа оперативного персонала электрослужбы должен участвовать в противоаварийных тренировках с целью предупреждения и ликвидации неполадок и аварий.

Техника безопасности при ремонте и обслуживании электрооборудования аглоизвесткового производства предусматривает:

- Назначение лиц, ответственных за безопасность работ. Такими

лицами являются производители работ, начальники участков, мастера и бригадиры монтажных работ.

- Включение, в проект производства работ, решений по созданию условий для безопасного и безвредного производства, по санитарно-гигиеническому обслуживанию работающих, по достаточному освещению рабочих мест.

- Внедрение передового опыта работы по предупреждению производственного травматизма.

- Организация кабинетов по технике безопасности.

Важную роль в обеспечении безопасности труда для электротехнического персонала играют электротехнические средства защиты и предохранительные приспособления. Электротехнические средства подразделяются на основные и дополнительные. К основным средствам относятся:

- изолирующие клещи (для операции с предохранителями);
- электроизмерительные указатели напряжения;
- монтажный инструмент с изолирующими ручками;
- диэлектрические перчатки;
- изолирующие штанги (оперативные, измерительные, для наложения заземления).

К дополнительным средствам относятся:

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

При выполнении работ необходимо соблюдать следующие правила:

а) весь персонал должен иметь на руках удостоверение о ежегодной проверке знаний по технике безопасности;

б) все работающие должны быть ознакомлены с правилами оказания первой медицинской помощи пострадавшему от электрического тока;

в) запрещается во время работы электрических машин касаться токоведущих частей, открывать дверцы и люки кожухов и машин, а также снимать защитное ограждение;

г) вращающиеся части машин должны быть ограждены;

д) корпуса всех электроустановок должны быть надежно заземлены;

е) в электрических схемах должна быть предусмотрена защита от перегруза и короткого замыкания;

ж) доступ к работе должен производиться только после выполнения всех технических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность при проведении работ.

Важной мерой, обеспечивающей электробезопасность обслуживающего персонала, является защитное заземление металлических, не токоведущих (конструктивных) частей электрооборудования привода, нормально не находящихся под напряжением относительно земли, в случае повреждения изоляции электродвигателя, аппаратов управления, сетей, и т.п.. Правила устройства электроустановок предписывают, чтобы при напряжении 500 В и выше все металлические токоведущие части электрооборудования имеющими с ними электрический контакт корпуса и конструкции механического оборудования были заземлены.

Защитное действие выносного заземления обусловлено только малой величиной его сопротивления, согласно ПУЭ, при напряжении до 1000 В, сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4-х Ом.

4.4 Производственная санитария

Так как необходимым и важнейшим условием любого технологического процесса является – безопасность труда, то в агломерационном цехе создано все чтобы удовлетворяло условиям для безопасного труда.

В цехе и машинно–агрегатном зале оборудованы санитарные посты, укомплектованные аптечками, медикаментами, носилками и другими средствами для оказания первой до врачебной медицинской помощи пострадавшим.

Питьевой режим, для работающих в производственных помещениях цеха, организован в соответствии с требованиями санитарных норм. А именно в проходах производственных помещений, в вестибюлях и непосредственно в цехе установлены питьевые фонтанчики и автоматы газированной воды.

Прием пищи производится только в столовых, буфетах или специально отведенных для этого помещениях, прием пищи на рабочих местах запрещен.

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха производственных помещений цеха соответствуют установленным требованиям, и поэтому в процессе производства обеспечивается непрерывная работа всех основных приточно-вытяжных, аспирационных, вентиляционных установок. Защита от пылевыведения предусматривает устройство местной вытяжной вентиляции для отсоса пыли непосредственно от места пылеобразования, это такие места где производится перегрузка материала с конвейера на конвейер, движение конвейерных лент с материалом и т.п.. Местные отсосы конструктивно устроены встроенными и сблокированными с оборудованием так, что агрегат нельзя запустить в работу при выключенном отсосе. Отопление цеха в зимнее время производится с помощью воздушных завес, отопителей, и приточных вентиляторов.

Помещение цеха в соответствии с санитарными нормами имеет естественное освещение. Естественное освещение осуществляется боковым

светом – через световые проемы в наружных стенах и через прозрачные части стен, выполненных из пустотелых стеклянных блоков, и верхним – через световые проемы, устраиваемые в покрытии. В помещениях цеха предусмотрено также искусственное освещение (рабочее и аварийное освещение) в соответствии с установленными требованиями. Источники питания аварийного освещения соответствуют требованиям ПУЭ и удовлетворяют основным требованиям к производственному освещению, а это:

- а) обеспечено достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности, а также в пределах окружающего пространства;
- б) на рабочей поверхности отсутствовать резкие тени;
- в) в поле зрения отсутствует прямая и отраженная блескость;
- г) величина освещенности всегда постоянная во времени.

В таблице 20 приведены данные искусственного освещения на рабочих местах участка спекания агломерата, и даны сравнения с нормами СНиП 23-05-95.

Таблица 20. Искусственное освещение на участке спекания агломерата

Вид освещения	Типы светильников	Освещенность на рабочем месте, лк	По нормам СниП, лк
Искусственное	ЛБ	290	150

Включение и отключение рубильников общего освещения в здании цеха, смена и чистка светильников, арматуры и ламп, смена штепсельных розеток и предохранителей, монтаж и демонтаж производятся только электротехническим персоналом.

Для удовлетворения нужд работающих на территории цеха предусмотрены санитарно – бытовые помещения, куда относятся гардеробные с умывальниками и душевыми, комнаты для просушивания и обезвреживания одежды, помещения для приема пищи и отдыха, здравпункты для оказания первой помощи пострадавшим, а также для проведения лечебной и санитарно-профилактической работы.

Технологические операции при изготовлении агломерата и его транспортировке сопровождается образованием шумов низкой и высокой частоты. Технологические процессы сопровождающиеся особо резким шумом, проводят в отдельных изолированных зданиях, в отделениях и цехах устанавливают звукоизоляционные кабины для обслуживающего персонала. Одним из методов уменьшения шума является снижение или ослабление шума в его источниках, поэтому работающие в цехе агломерации в процессе эксплуатации всех видов машин необходимо выполнять соответствующие Правила технической эксплуатации, своевременное устранение этих причин позволяет снизить уровень шума.

Наряду с образованием шумов технологические процессы сопровождаются вибрацией. Для борьбы с вибрацией предусмотрены виброгасящие фундаменты, также хорошо применяются виброизоляционные материалы из листов, стальных пружин и резиновых прокладок. Применение вибропоглощающих элементов достигается также значительное снижение уровня производственного шума. В качестве индивидуальной защиты от вибраций рабочий персонал носит обувь на толстой резиновой подошве.

Одним из необходимых условий здорового и производительного труда является обеспечение чистоты воздуха и нормальных метеорологических условий в помещении, устранение таких вредных факторов, как пыль, пар, избыточное тепло и влага. В соответствии с санитарными нормами площадь на одного человека в помещении должна быть не меньше $4,5 \text{ м}^2$ и объем не менее 15 м^3 , воздухообмен должен составить не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$. оптимальный

микроклимат, например, в помещении оператора поддерживается с помощью принудительной вентиляции и кондиционирования, а также отопления.

Пыль агломерационного цеха в основном состоит из коксовой пыли. Размер пыли колеблется в широких пределах, крупные фракции оседают быстро, а мелкие длительное время находятся в воздухе и именно они отрицательно влияют на организм человека. Для борьбы с пылью в цехе используются различного рода фильтры, оросители и пылесосы.

Для предотвращения влияния вредных веществ на организм человека применяется дистанционное управление технологическим процессом.

4.5 Пожарная безопасность

При проектировании и строительстве производственных зданий и сооружений, в частности электромашинных помещений и трансформаторных подстанций, необходимо учитывать категорию пожарной опасности производства. Согласно НПБ 105-03 агломерационный цех относится к категории производства В, как производство, характеризующиеся наличием горючих жидкостей с температурой вспышки паров выше 61°C , горючей пыли и волокон, нижний предел взрываемости которых более 65 г/м^3 к объему воздуха; веществ способных только гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом; твердых сгораемых веществ и материалов.

Согласно СНиП 21-01-97 здания и сооружения по огнестойкости подразделяются на пять степеней, характеризуемых пределом огнестойкости основных строительных конструкций и пределами распространения огня по этим конструкциям. Так, здания и сооружения первой степени огнестойкости выполняются из несгораемых материалов, к каким относится агломерационная фабрика.

Минимальные пределы первой степени огнестойкости основных

строительных конструкций в часах приняты согласно данным, приведенных в таблице 21.

Таблица 21. Минимальные пределы первой степени огнестойкости основных строительных конструкций

Степень огнестойкости зданий и сооружений	Категория пожарной и взрывной опасности	Основные строительные конструкции					
		Несущие стены, лестничных клеток, колонны	Лестничные площадки, косоуры, ступени, балки и марши в лестничных клетках	Наружные стены из навесных панелей	Внутренние несущие стены (перегородки)	Плиты, настилы и другие несущие конструкции междуэтажных и чердачных перекрытий	Плиты, настилы и другие несущие конструкции покрытий
1	В	2,5	1	0,5	0,5	1	0,5

Пожарная опасность электроустановок. Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючей является изоляция обмоток электрических машин, трансформаторов, различных электромагнитов (контакторы, реле, электроизмерительные приборы), проводов и кабелей. Изоляция бумажно-масляных конденсаторов также является горючей. Опасной в отношении пожара является изоляция проводов (резина, бумага, полиэтилен) и кабелей.

Наибольшую пожарную опасность представляют маслonaполненные аппараты – трансформаторы, баковые выключатели высокого напряжения, а также кабели с бумажной изоляцией, пропитанные маслoканифoлевым составом.

В силовых трансформаторах с масляным охлаждением не исключено межвитковое КЗ в результате которого в части обмотки (витке) возникает настолько большой ток, что изоляция быстро разлагается с выделением горючих газов. При отсутствии надлежащей защиты, отключающий поврежденный трансформатор, не исключен взрыв газовой смеси с разрушением стенок кожуха и последующим выбросом горящего масла в помещение.

Очень опасны в пожарном отношении кабели высокого напряжения с бумажной изоляцией, пропитанные компаундом, содержащим минеральное масло, проложенные в открытом помещении или в кабельных сооружениях. Загорание изоляции кабеля возможно при длительном прохождении токов перегрузки и коротких замыканиях при отказе (не отключении) срабатывания максимальной токовой защиты.

Учитывая пожарную опасность электроустановок, ПУЭ устанавливает ряд специальных требований к электрооборудованию при проектировании и монтаже. В процессе эксплуатации электроустановок необходимо также соблюдать ряд мер, предусмотренных ПТЭ с учетом пожарной безопасности.

Огнестойкость строительных конструкций. Максимальные пределы распространения огня по основным строительным конструкциям в зависимости от степени огнестойкости зданий и сооружений принимают согласно данным таблицы 19.

В качестве меры против распространения начавшегося пожара применяют общие или местные противопожарные преграды.

Общие противопожарные преграды, разделяющие здание по вертикали или по горизонтали на отдельные отсеки, представляют собой противопожарные стены или перекрытия, выполняемые из несгораемых материалов (кирпича, железобетона).

Местные противопожарные преграды – это бортики или пороги в дверях помещения, кюветы или обваловки вокруг открытых резервуаров с

огнеопасными жидкостями.

Эвакуация из зданий и помещений в случае возникновения пожара обеспечивается через эвакуационные выходы, которые должны вести;

- Из помещений первого этажа непосредственно наружу или через вестибюль, коридор, лестничную клетку;
- Из помещений любого этажа (кроме первого) в коридор ведущий на лестничную клетку;
- Из помещения в соседнее помещение на этом же этаже, обеспеченное выходами согласно выше сказанному.

Количество эвакуационных выходов должно быть не менее двух.

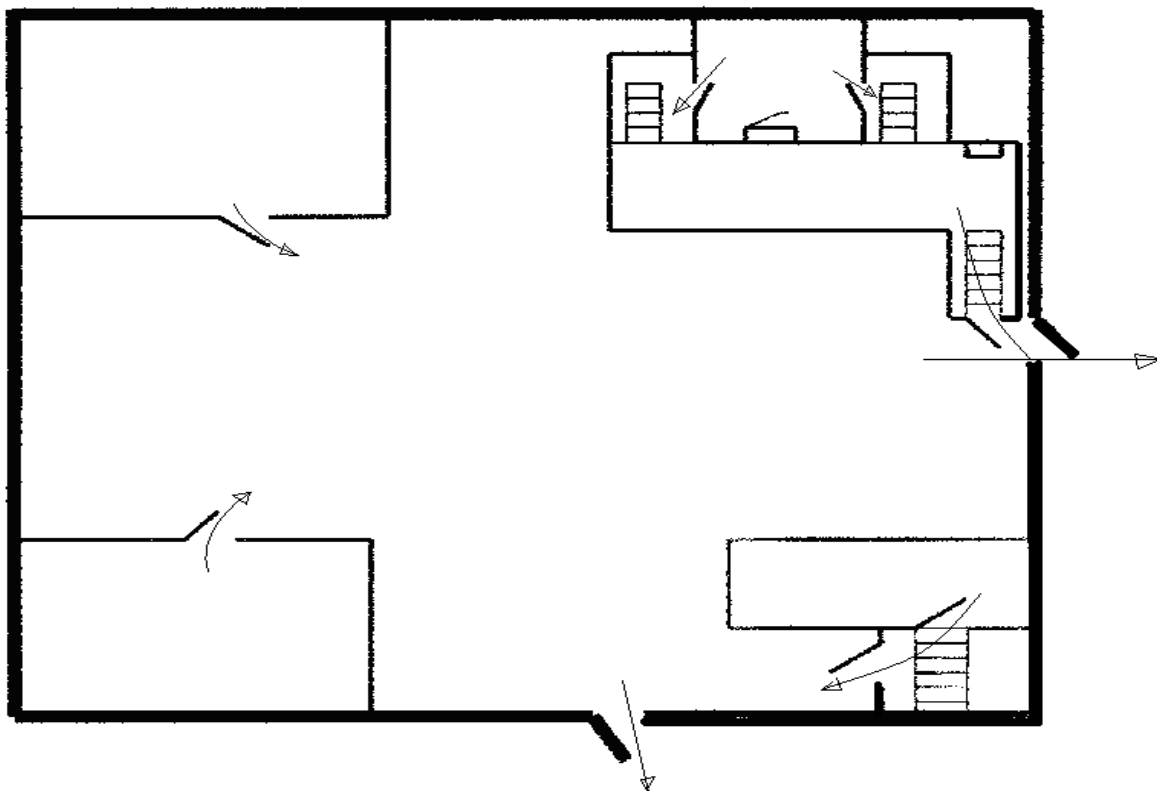
Таблица 22. Максимальные пределы распространения огня по основным строительным конструкциям

Степень огнестойкости зданий и сооружений	Основные строительные конструкции					
	Несущие стены, стены лестничных клеток, колонны	Лестничные площадки, косяки, ступени, балки и марши в лестничных клетках	Наружные стены из навесных панелей	Внутренние несущие стены (перегородки)	Плиты, настилы и другие несущие конструкции междуэтажных и чердачных перекрытий	Плиты, настилы и другие несущие конструкции покрытий
I	Не допускается					
II	Не допускается			40		Не допускается
III		Не допускается		40	25	Не нормируется
IV	40	25	40	40	25	То же
V	Не нормируется					

На рисунке 37 приведен план эвакуации персонала агломерационного цеха из помещения установки электрооборудования привода агломашины, в

случае пожара. На плане эвакуации приняты следующие обозначения:

1. помещение установки электрооборудования привода агломашины;
2. огнетушитель (пожарный щит);
3. пожарный кран.



Рисунке 37. План эвакуации при пожаре.

Классификация помещений по пожарной опасности. При выборе конструкций электрических машин и аппаратов, устанавливаемых в пожароопасных помещениях, учитывается степень пожарной опасности этих помещений в соответствии с классификацией, установленной ПУЭ.

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Пожароопасная зона цеха агломерации относится к классу П-Па – зоны расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

Требование к электрооборудованию пожароопасных помещений.

Электрические машины и аппараты, применяемые в электроустановках, должны обеспечивать как необходимую степень защиты их изоляции от вредного действия окружающей среды, так и достаточную безопасность в отношении пожара или взрыва вследствие какой-либо неисправности в соответствии с ГОСТ-14255-69.

ГОСТ 18311-72 устанавливает следующую классификацию видов исполнения электрооборудования (электротехнических устройств):

- общего назначения;
- специальное (тропического исполнения, холодостойкое, влагостойкое, химически стойкое);
- открытое (не защищенное от прикосновения к движущим и токоведущим частям);
- защищенное (от случайного прикосновения к его движущим и токоведущим частям от случайного попадания внутрь посторонних предметов и пыли);
- водозащищенное;
- брызгозащищенное;
- каплезащитное;
- пылезащитное;
- закрытое (защищенное электрооборудование, выполненное так, что возможность сообщения между его внутренним пространством и окружающей средой может иметь место только через не плотности соединений между частями электрооборудования);
- герметичное (защищенное, выполненное так, что исключена возможность сообщения между его внутренним пространством и окружающей средой);
- взрывозащищенное (предусмотрены конструктивные меры с целью устранения или затруднения возможности воспламенения окружающей

взрывоопасной среды).

Электропроводки. В пожароопасных помещениях всех классов допускается открытая электропроводка непосредственно по несгораемым конструкциям и поверхностям изолированными проводами, например марок АППР, АПВ, АППВ, проводка в стальных трубах проводом марок ПРТО и АПРТО, в пустотных каналах несгораемых строительных конструкций проводами АПВ и ПВ. В пожароопасных зонах всех классов применение неизолированных проводов запрещено.

Электрические машины с частями, нормально искрящими по условиям работы, должны быть удалены от мест скопления горючих веществ на расстояние не менее 1 м или отделены несгораемыми экранами.

Стационарно устанавливаемая в пожароопасных установках пусковая аппаратура, искрящая по условиям работы, должна иметь исполнение по степени защиты оболочек согласно таблице 20.

В пожароопасных зонах всех классов могут применяться пусковые аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, продуваемые чистым воздухом под избыточным давлением, а также аппараты и приборы в маслonaполненном исполнении (за исключением кислородных установок и подъемных механизмов).

В пределах пожароопасных помещений допускается размещать закрытые трансформаторные подстанции с маслonaполненными трансформаторами, но при условии, что двери камер трансформаторов не выходят в пожароопасные помещения.

Таблица 20. Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов, сборок зажимов в

зависимости от класса пожароопасной зоны.

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны класса			
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках (краны, тельферы, электротележки и т.п.), искрящие по условиям работы	П-I	П-II	П-IIIa	П-III
То же, не искрящие по условиям работы	IP44	IP54	IP44	IP44
	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов силовых и вторичных цепей	IP44	IP44	IP44	IP44

Классификация взрывоопасных зон. Взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или более 5% свободного объема помещения. Класс зоны взрывоопасности агроцеха В-1а - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не

образуется, а возможны в результате аварий или неисправностей.

Виды взрывозащищенного электрооборудования. Согласно ГОСТ 18311-80 взрывозащищенным называется электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры с целью устранения или затруднения возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

Согласно ГОСТ 12.2.020-76 взрывозащищенное электрооборудование для внутренней и наружной электроустановок (группа II) может иметь следующие виды взрывозащиты:

- взрывонепроницаемая оболочка;
- защита вида «е» (в электрооборудовании не имеющих нормально искрящих частей, принят ряд мер дополнительно к используемым в электрооборудовании общего назначения, затрудняющих появление опасных нагревов, электрических искр и дуг);
- заполнение и продувка оболочки;
- кварцевое заполнение оболочки;
- специальный вид взрывозащиты.

Требование к электрооборудованию взрывоопасных установок. Надежная и безопасная работа электрооборудования во взрывоопасных зонах обеспечивается в результате правильного его выбора, качества изготовления и регулярного проведения осмотров, профилактических испытаний и ремонтов. Поэтому для взрывоопасных зон имеет особое значение выполнение требований ПУЭ и ГОСТ при выборе электроустановок.

Вновь смонтированная или реконструированная электроустановка должна быть принята в эксплуатацию специальной комиссией, состав которой утверждается главным инженером предприятия.

Особое внимание следует уделять надежности неподвижных контактных соединений в электрических цепях; их следует выполнять сваркой, пайкой или

свинчиванием.

Согласно ПУЭ электрические машины, стационарно установленные с частями, как искрящие по условию работы, так и не искрящими, должны иметь уровни взрывозащиты согласно данным в таблице 23 .

Таблица 23. Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин в зависимости от класса взрывоопасной зоны

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты
В-I	Взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44. искрящие части машины должны быть заключены в оболочку также со степенью защиты не менее IP44.
В-II	Взрывобезопасное (допускается применять взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для работы в средах со взрывоопасными смесями газов и паров с воздухом)
В-IIa	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты IP54. искрящие части машины должны быть заключены в оболочку со степенью защиты IP54.

Особенности тушения пожара в электроустановках. Горючими веществами и материалами в электроустановках являются в основном

органические материалы – бумага, пряжа, ткани, резина, пластмассы, минеральное масло и др. Горение их обычно сопровождается значительным выделением дыма и газообразных продуктов разложения, часто имеет вид тления. Минеральное масло (трансформаторное) и кабельные мастики горят коптящим пламенем со значительным выделением окиси углерода CO , являющейся отравляющим газом.

Если горящая электроустановка почему-либо не отключена и находится под напряжением, то тушение представляет дополнительную опасность поражение персонала электрическим током. Поэтому, как правило, приступать к тушению пожара электроустановки можно только после снятия с нее напряжения.

Для тушения пожара электрооборудования можно использовать воду (распыленную или компактной струей), воздушно-механическую пену, инертный газ, порошки и другие огнегасительные средства (закрывание очага горения кошмой, сухим песком и т.п.).

Для тушения пожара в электроустановках аглоцеха применяются углекислотные огнетушители типа УП-2М, который предназначен для тушения горящих твердых материалов, нефтепродуктов и электрических установок, где нежелательно применение воды. Эффект тушения пожара, огнетушителем УП-2М, достигается за счет охлаждения горючего вещества и за счет разбавления воздуха углекислым газом. Огнетушитель оборудован двумя стальными баллонами, установленными на ручной тележке, их емкость по 40 литров; огнетушитель имеет гибкий шланг длиной 9 м с раструбом; для приведения огнетушителя в действие необходимо маховичком отвернуть вентиль сначала на одном, а затем (по истечении углекислоты) на другом баллоне.

Пожарная сигнализация. Для быстрого извещения службы пожарной охраны о возникшем пожаре, в каком либо помещении или сооружении предприятия – служит электрическая пожарная сигнализация, она

обнаруживает начальную стадию пожара и сообщает о месте его возникновения, а также может автоматически включать стационарные установки тушения пожара. Система электрической пожарной сигнализации состоит из извещателей – датчиков, устанавливаемых в защищаемом от пожара помещении, приемной станции (расположенной в помещении пожарной команды), источников питания и электрической сети, связывающей извещатели с приемной станцией.

В качестве пожарной сигнализации агломерационного цеха применяется приемная станция типа ТЛО-30/2М на 30 лучей, с извещателями типа ПКИЛ-7 (расположены на лестничных площадках, в коридорах) и КИ-1 (расположены в кабельных полуподвалах, в машинных залах, и т.п.).

4.6 Охрана окружающей среды

Западно-Сибирский металлургический комбинат является крупнейшим предприятием черной металлургии в России, поэтому для его нормального функционирования необходимо проводить мероприятия по защите воздушного и водного бассейнов в городе Новокузнецке.

Накопление вредных веществ в окружающей среде оказывает влияние как на растительный и животный мир, так и на человека и приводит к нарушению нормальных жизненных условий. Технологический процесс производства черных металлов сопровождается образованием большого количества различной пыли и сажи, загрязняющих атмосферу. Для того чтоб избежать этого в цехе производят очистку выбрасываемой в атмосферу пыли и сажи с помощью пылеотделителей различной конструкции. На рисунке 42 показана пылеосадочная камера бункерного типа где принцип осаждения пыли основан на резком снижении скорости движения загрязненного воздуха в камере, где пылинки, теряя скорость, под действием силы тяжести, оседают на дно.



Рисунок 38. Центробежный пылеотделитель.

На рисунке 38 изображен центробежный пылеотделитель (циклон) в котором загрязненный воздух, подаваемый в кольцевое пространство между цилиндрами, получает вращательное движение, пылинки центробежной силой отбрасываются к стенкам наружного цилиндра, теряют скорость и соскальзывают по конической части вниз в бункер.

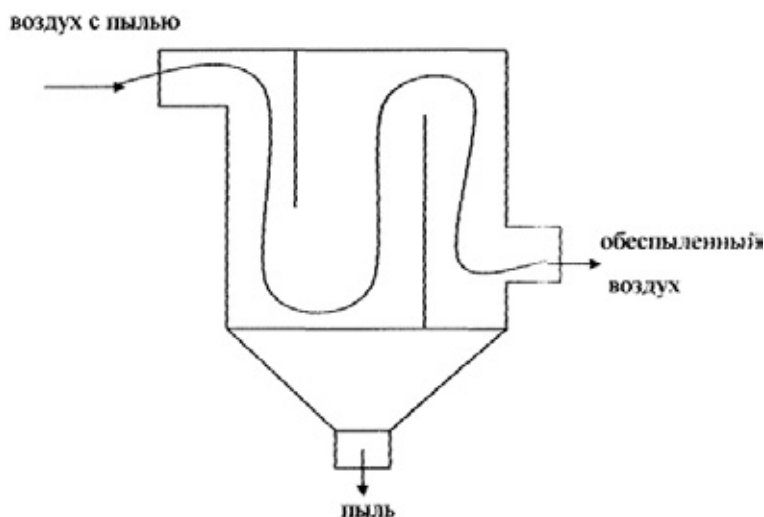


Рисунок 39. Пылеосадочная камера бункерного типа.

На предприятиях черной металлургии водоснабжение достигает больших объемов. Для очистки сточных вод используют методы отстаивания, фильтрования, нейтрализация, озонирование и т.д. содержание загрязняющих

веществ составляет на окончательном этапе 500-5000 мг/л и является не агрессивным. Помимо очистки, сточные воды подвергаются охлаждению и перед спуском в реку Томь, и перед повторным использованием в производственных нуждах.

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести систематизированное наблюдение за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения. Полученная информация позволяет быстро выявить причины повышения концентрации вредных веществ в окружающей среде и активно их устранить.

Защита окружающей среды современном этапе, помимо экономической задачи повышения общественной производительности труда, включает также и социальную задачу – улучшение условий жизни человека, сохранение его здоровья. Понятие эффективности в этом случае включает не только технико-экономическую эффективность, но и социальную, и экологическую в масштабе народного хозяйства данного региона и страны в целом.

Из экологического отчета ОАО ЗСМК в 2013 году сброс в реку Томь нормативно-очищенных сточных вод после пруда-охладителя комбината составил 28 миллионов кубических метров, что на 13 миллионов кубических метров больше, чем в 2012 году; на 11,8 миллионов кубических метров возрос объем сброшенных дебалансных вод с гидроотвального хозяйства. Объем использования оборотной воды пруда-охладителя комбината возрос с 82% до 84%. Природоохранная деятельность комбината заслужила положительную оценку в ходе независимого экологического аудита, выполненного в сентябре-октябре 1999 года группой российско-американских специалистов.

В 2006 году комбинат имел разрешение на выбросы в атмосферу для 42 вредных веществ (примесей). Все установленные нормативы временно-согласованных выбросов (ВСВ) выполнены. Нормативы предельно-допустимых выбросов (ПДВ) выполнены на 20 примесей: диоксид серы, свинец, соляная кислота, оксид меди, оксид марганца, окислы хрома, сажа,

ацетон, акролеин, углеводороды прочие, оксид цинка, пыль извести, пыль каменноугольная, пыль древесная, зола углей, красочная аэрозоль, сварочная аэрозоль и др.

Сумма платежей за природоиспользование в 2013 году составила 57 миллионов рублей. С целью снижения непроизводительных затрат комбината, связанных с выплатами за выбросы и сбросы вредных веществ в атмосферу и водоемы, приказом по комбинату от 04.01.2000г №4 поставлены задачи перед производством и цехами по повышению уровня технологической и исполнительной дисциплины, по выполнению конкретных природоохранных мероприятий.

4.7 Чрезвычайные ситуации

Рассмотрим возможные чрезвычайные ситуации в агломерационном цехе на примере плана ликвидации аварии, на участке спекания агломерата, и запишем их в виде таблицы 24

Рассмотрим возможные чрезвычайные ситуации в агломерационном цехе на примере плана ликвидации аварии, на участке спекания агломерата, и запишем их в виде таблицы 24

Наименование аварии	При каких условиях возможны аварийные ситуации	Возможные развития аварии, в том числе за пределами цеха	Способы и средства предотвращения аварии	Меры по локализации аварии
1	2	3	4	5
1.Взрыв гремучей смеси в горне агломашины №1.	1.Остановка вентиляторов горна	1.Разрушение конструкций горна, газо-провода. 2.Отравление персонала коксовым газом. 3.Остановка агломашины №1. 4.Остановка доменной печи.	1.Выполнение графика ППР. 2.Готовность резервного вентилятора. 3.Тренировка оперативного персонала. 4.Наличие резерва запасных частей, материалов,	1.Запуск резервного вентилятора. 2.Остановка агломашины. 3.Перекрыть подачу газа в горн агломашины

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

Выводы:

Динамические показатели качества работы РЭП во всём диапазоне регулирования скорости полностью удовлетворяют требованиям технического задания.

Для ограничения ускорения (замедления) и рывка на входе регулируемого электропривода предусмотрена установка S-образного задатчика скорости.

Время пуска электропривода до максимальной рабочей скорости 1,3с. Перерегулирование скорости практически отсутствует.

Динамический провал (всплеск) скорости при набросе (сбросе) нагрузки на минимальной скорости составляет 7,6%, время отработки возмущающего воздействия составляет 0,21с.

Заключение

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование электропривода агломерационной машины.

Предложено заместить существующий морально устаревший и отработанный свой ресурс электропривод постоянного тока на частотно-регулируемый асинхронный электропривод. По итогам расчета требуемой мощности двигателя избран электродвигатель фирмы SIEMENS серии *1LG4313-8AB*, а также частотный преобразователь типа MICROMASTER 440 фирмы SIEMENS

В процессе выполнения проекта была определена область работы, рассчитаны параметры схемы замещения двигателя и построены его характеристики, Произведена оптимизация контуров регулирования линейной системы автоматического регулирования электропривода.

В качестве регуляторов были выбраны ПИ-регуляторы тока, скорости и потокосцепления системы автоматического управления регулируемого электропривода, так же были даны рекомендации по их настройке и определены показатели качества ожидаемые их работы. В результате расчетов выявлено, что система САУ РЭП является существенно нелинейной, что требует необходимость проведения дополнительных исследований для оценки их влияния на качество регулирования. В результате имитационных экспериментов установлено, что требуемый диапазон регулирования 1:10 обеспечивается, точность необходимая поддержания скорости не хуже 3%, это соответствует техническому заданию, плавность и время регулирования определяется постоянной времени s – образного задатчика интенсивности.

В следствии выполненной выпускной квалификационной работы спроектирован данный электропривод, полностью отвечающий всем требованиям технического задания.

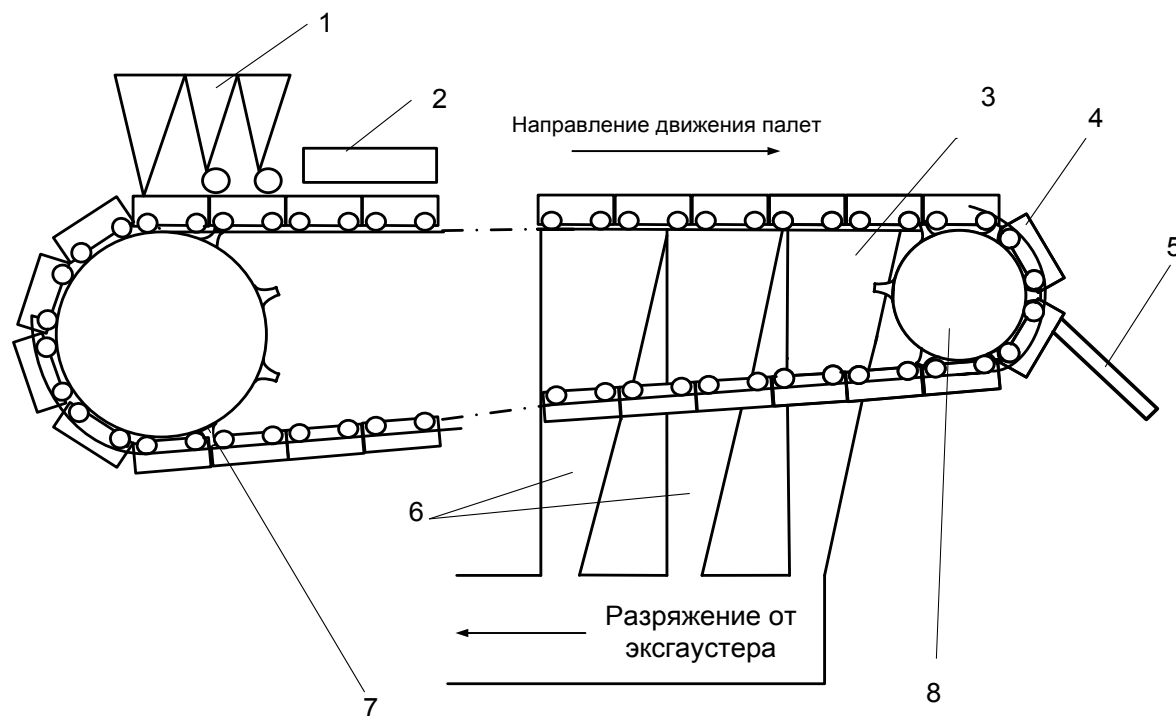
В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы планирования, финансирования и проведения пуско-наладочных работ электропривода агломашины. Составлена смета на проведение ПНР и построен график занятости исполнителей при выполнении пуско-наладочных работ, график выполнения пуско-наладочных работ и круговая диаграмма сметной стоимости на проведение пуско-наладочных работ.

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

Приложение А

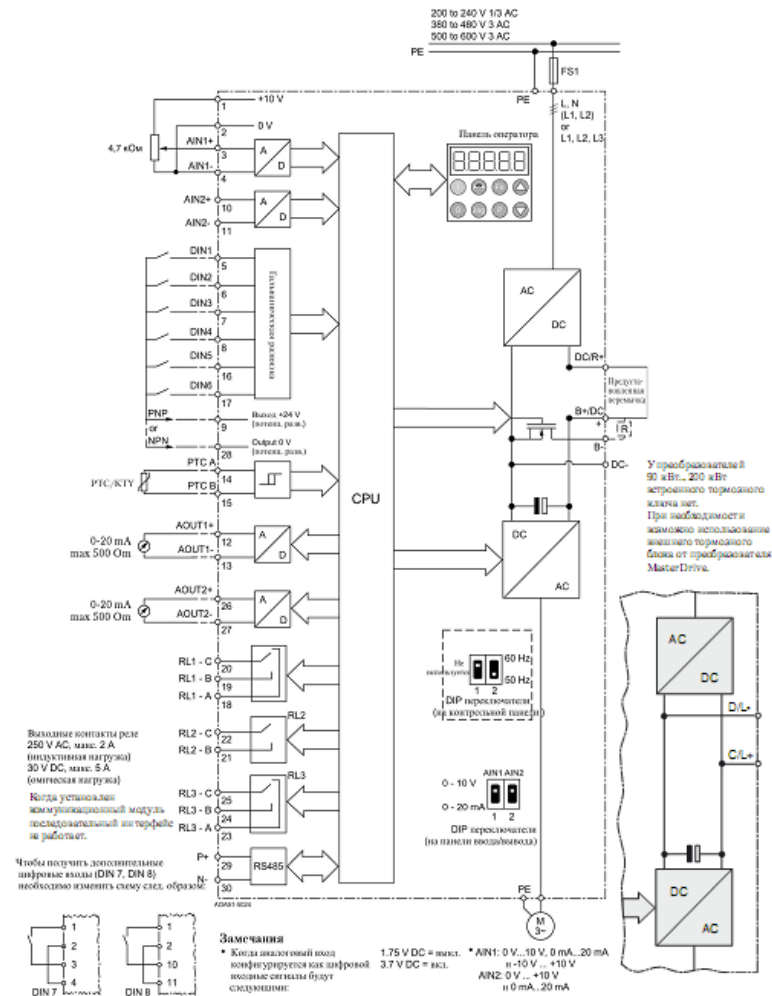
Графический материал

Общий вид агломашины

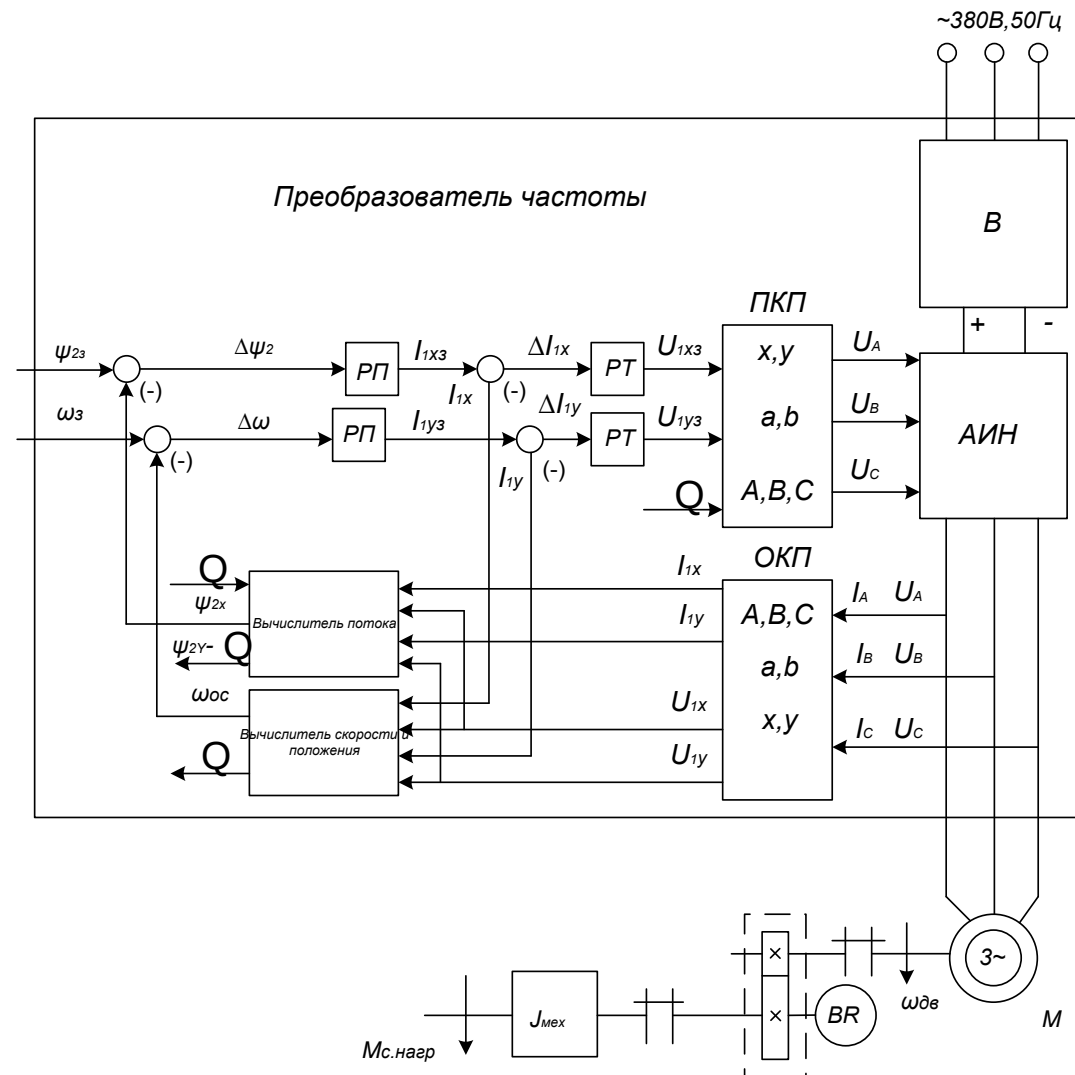


- 1-Бункера загрузки агломашины
- 2-Зажигательный горн
- 3-Газовый коллектор
- 4-Спекательная тележка (палета)
- 5-Приемная плита дробилки
- 6-Вакуум-камеры
- 7-Приводная звездочка
- 8-Разгрузочная звездочка

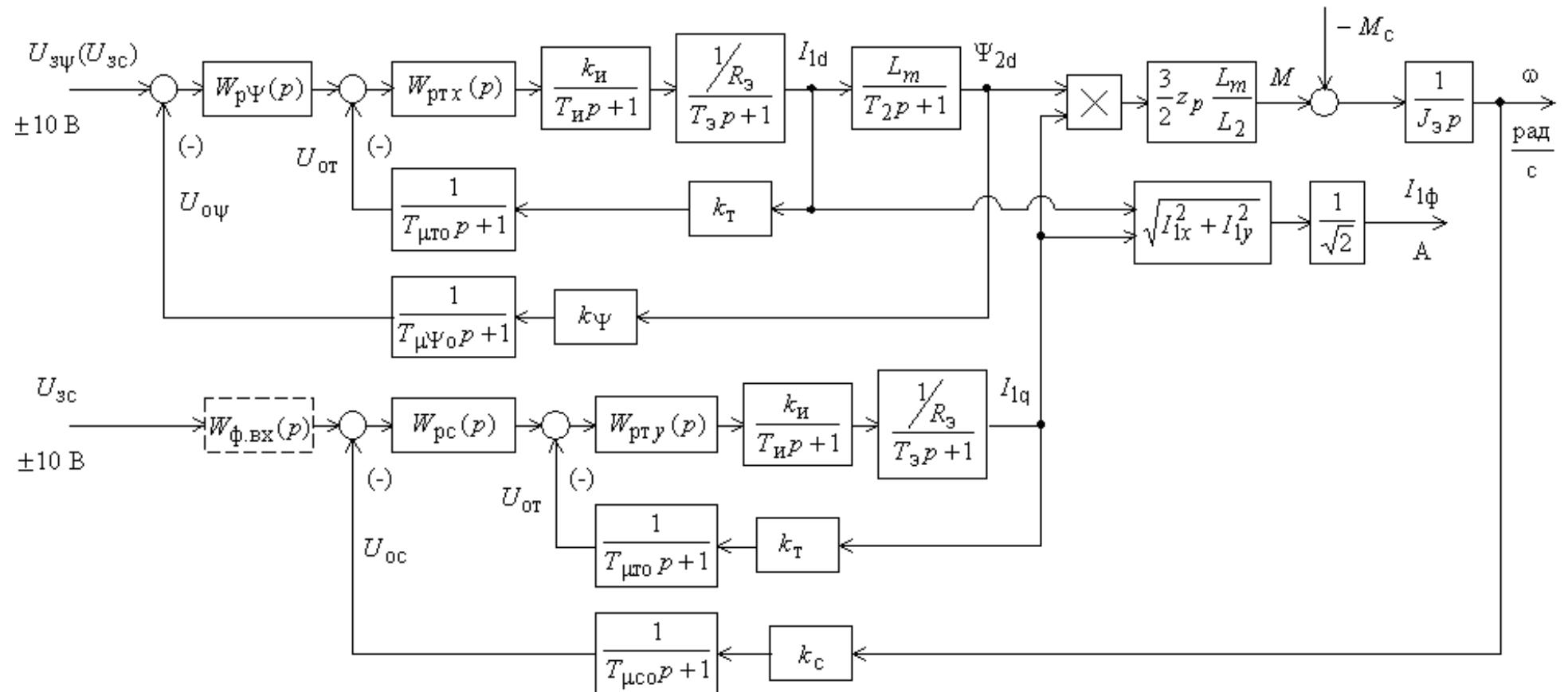
Принципиальная схема электропривода

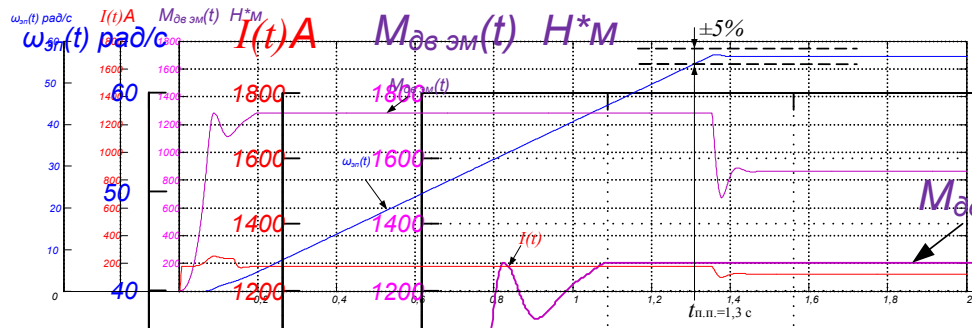


Функциональная схема электропривода

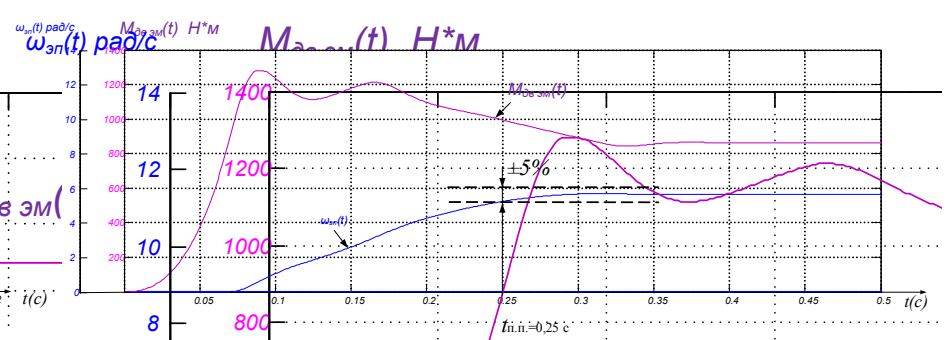


Структурная схема линейризованной САУ электропривода

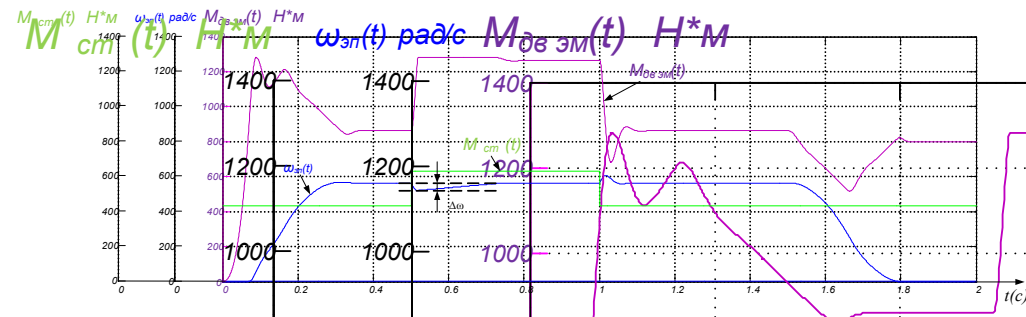




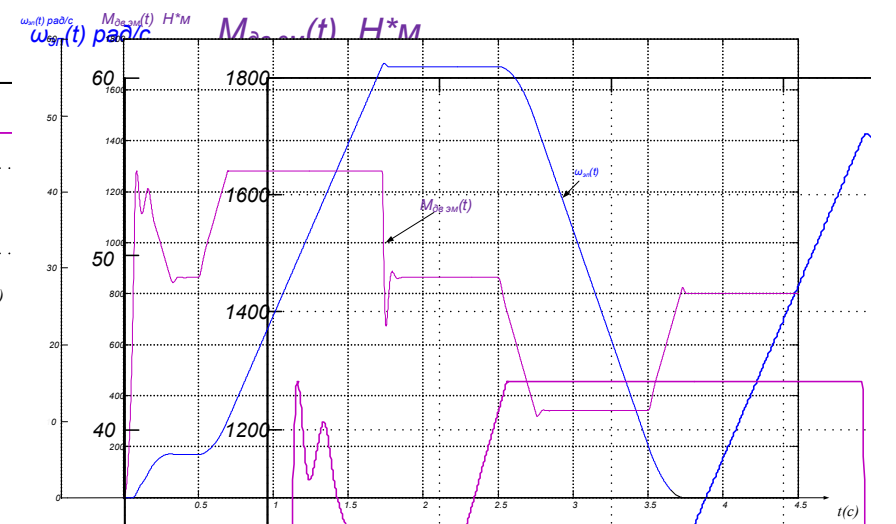
Пуск на максимальную скорость



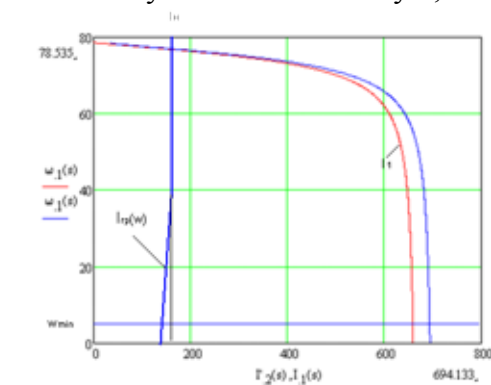
Пуск на минимальную скорость



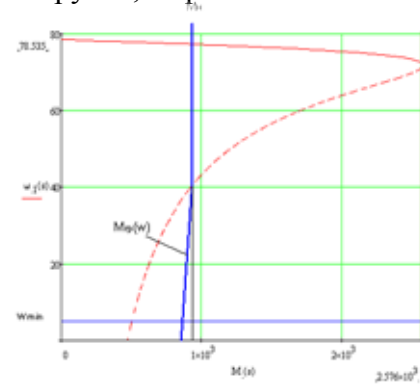
Пуск на минимальную, наброс нагрузки, торможение



Пуск на минимальную скорость разгон до максимальной, торможение



Естественная электромеханическая характеристика и граница области допустимой длительной работы двигателя



Естественная механическая характеристика и граница области допустимой длительной работы двигателя