

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
Асинхронный электропривод ленточного конвейера

УДК 62-83-523:621.867.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Кобзев Александр Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ляпунов Данил Юрьевич.	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
 _____ Ю.Н. Дементьев
 (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	Кобзеву Александру Александровичу

Тема работы:

Асинхронный электропривод ленточного конвейера	
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 документации
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса, расчет и исследование электропривода ленточного конвейера, выбор основного электрического оборудования, расчет статических и динамических характеристик исследование САУ РЭП на имитационной модели., социальная ответственность проекта; финансовый менеджмент; заключение.
Перечень графического материала	- кинематическая схема конвейера; - функциональная схема конвейера;

	<ul style="list-style-type: none"> - функциональная схема преобразователя частоты; - принципиальная схема ленточного конвейера; - структурная схема асинхронного двигателя во вращающейся системе координат; - схема имитационной модели короткозамкнутого асинхронного двигателя во вращающейся системе координат - демонстрационный лист; - технико-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	Ляпунов Данил Юрьевич.	к.т.н.		06.03.2017г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Кобзев Александр Александрович		06.03.2017г..

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 129 страницу текста, 32 рисунков, 29 таблицы, 26 использованных источника.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, «ACS-800», КОНВЕЙЕР ЛЕНТОЧНЫЙ, ПРОЦЕСС ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ И СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПРОЦЕСС ПЕРЕХОДНЫЙ.

Цель работы – исследование и разработка электропривода регулируемого конвейера ленточного.

В главе первой в полном объеме описан процесс технологический по обогащения угля и непосредственно место ленточного конвейера в цепи технологической.

В главе второй представлен принцип действия и система управления ленточным конвейером.

Во главе третьей сделан расчет ленточного конвейера и был сделан выбор основного электрооборудования, рассчитаны и построены механические и электромеханические характеристики электродвигателя асинхронного.

В четвертой главе рассмотрены вопросы по моделированию электродвигателя асинхронного с ротором короткозамкнутым во вращающейся системе координат.

В главе пятой сделан экономический расчет сметы затрат на закупку электрооборудования основного так же освещены проблемы цены ремонтно-обслуживания эксплуатационного электропривода.

Глава шестая содержит вопросы социальной ответственности, где освещены вопросы: производственная санитария, техника безопасности, пожарная безопасность, охрана окружающей среды и сделан расчет искусственного освещения.

Записка пояснительная ВКР исполнена в редакторе текстовом MicrosoftWord, в работе использованы программы MATLAB, MicrosoftVisio, MathCAD, MicrosoftPowerPoint, MicrosoftPaint.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	9
1.1 Грохочение	10
1.1.1 Предварительная классификация.....	10
1.1.2 Подготовительная классификация.....	10
1.1.3 Дешламация угля на дуговых сепараторах.....	11
1.2 Гидравлическая классификация.....	11
1.2.1 Классификация шлама в гидроциклонах-классификаторах.....	12
1.3 Обогащение в тяжелых средах.....	12
1.3.1 Обогащение угля в тяжелосредних сепараторах.....	12
1.3.2 Обогащение угля в тяжелосредних циклонах.....	14
1.4 Обогащение угля в спиральных сепараторах.....	15
1.5 Обезвоживание в центрифугах.....	16
1.5.1 Обезвоживание концентрата в вибрационных центрифугах.....	16
1.5.2 Обезвоживание концентрата спиральных сепараторов в осадительно-фильтрующих центрифугах.....	17
1.6 Обезвоживание фильтрованием.....	17
1.7 Флокуляция.....	18
1.8 Складирование и погрузка.....	20
1.9 Ленточный конвейер в технологической цепи обогащения угля.....	20
2 ОПИСАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА 120100Ф-180.....	22
2.1 Устройство и принцип действия конвейера.....	22
2.2 Система управления конвейерной линией.....	23
3 РАСЧЕТ КОНВЕЙЕРА И ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	29
3.1 Обоснование применения частотно-регулируемого электропривода.....	29
3.2 Преимущества и недостатки использования асинхронных электроприводов.....	30
3.3 Особенности выбора частотно-регулируемого привода.....	32
3.4 Расчет ленточного конвейера.....	33
3.4.1 Данные для расчета ленточного конвейера.....	33
3.4.2 Предварительный расчет конвейера.....	33
3.4.3 Тяговый расчет конвейера.....	34
3.5 Выбор аппаратов контроля, защиты и сигнализации.....	38
3.5.1 Контроль скорости движения ленточного полотна.....	38
3.5.2 Контроль схода и обрыва ленты.....	40
3.5.3 Контроль экстренного останова.....	40
3.5.4 Контроль заштыбовки.....	41
3.5.5 Сигнализатор звуковой.....	41
3.5.6 Выбор преобразователя частоты.....	42
3.6 Расчет и построение по каталожным данным электродвигателя электромеханических и механических характеристик.....	46
3.6.1 Определение параметров схемы замещения двигателя.....	46
3.6.2 Расчет и построение электромеханических характеристик.....	51
3.6.3 Расчет и построение механических характеристик.....	52

3.6.4 Расчет и построение искусственных механических характеристик.....	54
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ.....	62
4.1 Математическая модель асинхронного двигателя.....	62
4.2 Структурная схема двухфазного двигателя.....	66
4.3 Имитационная модель асинхронного двигателя.....	68
4.3.1 Динамические характеристики асинхронного двигателя.....	72
4.3.2 Исследование САУ ЭП с задатчиком интенсивности без компенсации момента.....	75
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ».....	77
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	79
5.1 Инициализация НТИ и его технико-экономическое обоснование.....	80
5.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования.....	80
5.1.3 Обоснование выбранного оборудования и принятого способа управления агрегатами.....	81
5.2 Планирование работ.....	85
5.2.1 Определение трудоемкости работ.....	86
5.3 Смета затрат на разработку НТИ.....	91
5.4 Издержки на ремонтно-эксплуатационное обслуживание электропривода.....	95
5.5 Определение ресурсосберегающей и экономической эффективности проекта.....	97
5.6 Оценка организационной эффективности.....	101
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	105
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	107
6.1 Характеристика помещения.....	107
6.2 Анализ опасных и вредных факторов.....	107
6.3 Производственная санитария.....	108
6.4 Техника безопасности.....	109
6.5 Мероприятия по охране труда и технике безопасности.....	112
6.6 Расчет искусственного освещения.....	113
6.7 Пожарная безопасность.....	114
6.8 Охрана окружающей среды.....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	120
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	124

ВВЕДЕНИЕ

Один с более современных типов транспорта, которые обеспечивают высочайшую эффективность при огромных грузопотоках, представляется конвейерный транспорт. В теперешнем изготовлении конвейеры предстают обязательной частью научно-технического процесса, они регулируют скорость создания, дают обеспечение его бесперебойность, оказывать содействие росту производительности работы, дают возможность решать задачи сложной механизации транспортно-научно-технических процессов. Прямая взаимосвязанность конвейерных машин с всеобщим научно-техническим процессом изготовления предъявляет к ним специальные условия в связи стабильности и возможности действовать в автоматических системах. Вновь проектируемые конвейеры обязаны являться в достаточной мере прочными, надежными, долговременными и экономными в эксплуатации, а производство их необходимо реализовывать с минимальными расходами труда и материалов.

Конвейерный транспорт обладает значимые плюсы пред классическим автомобильным и железнодорожным: рабочий никак не принимает участие в непосредственно транспортном движении, а занят только лишь сервисом устройств, что же гарантирует больше высочайшую эффективность работы и его надежность; необходимо эксплуатацию только лишь электрической энергии, в то время равно как колесный транспорт употребляет в главном наиболее дорогостоящее естественное органическое горючее.

Уголь – главный продукция, научно-техническое сырьевые материалы с целью производства и применения в металлургическом производстве, хим индустрии и энергетике РФ. В нынешних финансовых обстоятельствах огромное роль обладает издержки добычи угля, что же действительно рядом понижении расходов в дополнительные деятельность.

Увеличение добычи угля обусловил пользующийся популярностью использование конвейерного транспорта, имеющего рядом положительных сторон: большая эффективность, деятельность с автоматизированным управлением, невысокая трудозатратность сервиса, способ бесступенчатой транспортировки горных масс.

Ленточные конвейеры хорошо применяются в металлургической, горнодобывающей и иных типах индустрии. Их применяют с целью транспортировки насыпных и отдельных грузов равно как в не очень большие дистанции, таким (образом и в большие интервала. Несложность и безопасность их установки гарантирует их работу в процесс длительного времени. Ленточные конвейеры разрешено пользоваться равно как в закрытых, таким (образом и в открытых местах, что же разъясняет их обширное применение в индустрии. Конвейеры принадлежат к машинам непрерывного вида действия и характеризуются непрерывным движением грузов согласно установленной магистрали без остановок с целью загрузки и разгрузки. Смещаемый насыпной груз размещается непрерывным пластом в несущем составляющем агрегата – ленте либо отдельными дозами. Вследствие непрерывности передвижения груза, неимению остановок с целью загрузки и разгрузки и совмещению трудового и противоположного процессов грузонесущего компонента машины постоянного действия обладают высочайшую эффективность, что же очень актуально с целью нынешних предприятий с немалыми грузопотоками.

Обогатительная предприятие «Распадская» создана в согласовании с высочайшими техническими стандартами и оснащена качественным научно-техническим оборудованием с целью обогащения углей шахты «Распадская». Она применяет прогрессивную обогатительную ноу-хау с закрытой водно-шламовой схемой.

Обогатительная предприятие «Распадская» применяет современное западное и российское научно-техническое обеспечение высочайшего качества, что гарантирует прочную и эффективную службу. Научно-техническая модель и расположение производства гарантируют существенную производственную гибкость. В выходной квалификационной труде рассмотрена задача расчета и исследования ленточного конвейера 120100ф-180.

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

С целью приема и складирования стандартного угля марки «ГЖ», выдаваемого шахтой ОБЩЕСТВО «Распадской», в ОБЩЕСТВО «ОФ «Распадская»» существует хранилище напольного вида емкостью 40 000 тонн (~на 2 дней). Мощность выдачи угля с шахты – вплоть до 4000 тонн/час. В складе учитывается кроме того прием рядовых углей, доставляемых автомобильным транспортом. [3]

С склада обыкновенный уголь При помощи выгрузочные проемы качающими питателями ПК-1,2-10МК подается в ленточные конвейера 120100Ф-180, в каковых существуют конвейерные вагоновесы, электромагнитные железоотделители ЭЖЗ-120С, маятниковые пробоотборники с проборазделачными машинами МПЛ. Далее топливо поступает в переработка в первый корпус обогатительной производства.

Углеподготовка находится в основном корпусе обогатительной производства. Предварительное виброгрохочение проводится в трубчатом грохоте ГЦ-3. Решето грохота с величиной ячеек 150x150мм учтено с целью отделения с рядового угля кусочков больше 150мм. Для условий шахты «Распадская» установленный разряд крупности показан в основном породой. Высший предел крупности угля, прибывающего в концентрирование, объяснен условиями узкопотребительского ГОСТа с целью коксующихся углей – никак не наиболее 150мм. С надрешетного продукта класса больше 150мм, прибывающего в транспортер, учтена прирученная извлечение с целью вытаскивания отдельны кусочков угля и сторонних предметов.

Принимая во внимание высокие условия, предъявляемые к качеству концентрата, концентрирование в ЗАО «ОФ «Распадская»» ведется с выделением 2-ух товаров (концентрата и породы) с разделом процесса обогащения согласно 4 механическим классам:

разряд +13мм - с выделением экстракта и породы в тяжёлосредних сепараторах в 1 стадию;

разряд 1,3 - 13мм - с выделением экстракта и породы в тяжёлосредних

гидроциклонах в 1 стадию;

разряд 0,15 - 1,3мм - с выделением экстракта и породы в геликоидальных сепараторах в 1 стадию;

разряд -0,15мм — флокуляция, сгущение в радиальных сгустителях и дегидратация в ленточных фильт-прессах.

1.1 Грохочение

1.1.1 Предварительная классификация

Подготовительная классифицирование определена с целью удаления с стандартного угля крупного класса, наибольший объем которого превосходит необходимую крупность с целью обогащения оборудования.

Предварительная типология проводится в трубчатом грохоте ГЦ-3 по гранулирую 150 миллиметров. Результативность грохочения является 85-90 %.

К действия заблаговременной систематизации предъявляются следующие требования:

обеспечение необходимой производительности по переработке рядового угля;
обеспечение требуемой эффективности грохочения.

1.1.2 Подготовительная классификация угля

Влажная классифицирование согласно классу 13мм ведется в грохотах ГИСТ-72АК. Подрешётный продукция заблаговременного грохочения (разряд - 13мм) действует в дешламационное дуговое ситечко SSB и шум дешламационный водопрямой одностенный с прямолинейной пульсацией 6X16SD. Надрешетный продукция разряд +13 миллиметров действует в концентрирование в тяжелосредний кукольник.

При влажной предварительной систематизации следует переносить последующие условия:

- расходование вода при влажной классификации угля рядом объеме отверстий

13 миллиметров обязан являться никак не меньше 1,2-1,4 м³/т;

- сущность класса 0-1 миллиметров в механическом классе +13 миллиметров никак не обязано быть выше 2,0%;

- эффективность и результативность систематизации обязаны отвечать предназначенным сведениям и режимной карте предварительной систематизации.

1.1.3 Дешламация угля на дуговых ситах и грохотах

Дешламация определена для отъединения шлама перед обогащением класса 1,3-13 мм в тяжелосредних гидроциклонах.

Дешламация выполняется на дешламационных грохотах и дуговых ситечках. При дешламации нужно выдержать вытекающие требования:

- при дешламации угля расход воды при размере отверстий 1,3 мм обязан быть 1,2-1,4 м³/т;

- содержание класса 0-1,3 мм в машинном классе 1,3-13 мм не следует превосходить 2,0%;

- продуктивность и результативность дешламации обязана отвечать проектным данным и режимной карте.

1.2 Гидравлическая классификация

Фугаты центрифуг HSG-1100 и подрешётный продукт дешламации (класс - 1,3 мм) по удалению воды из концентрата гидроциклонов тяжелосредних направляют в зумпф питания классификаторов гидроциклонов, затем насосами центробежными передаётся в блок гидроциклонов классификаторов (D=360,9шт.), где выходит шламов гидроклассификация по зерну 0,15мм. Слив классификаторов гидроциклонов- (класс - 0,15мм) попадает в сгуститель радиальный 1 стадии, а продукт песковый (класс + 0,15мм) - в спиральные сепараторы на обогащение.

1.2.1 Классификация шлама в гидроциклонах-классификаторах

Для классифицирования шламов крупных перед обогащением в сепараторах спиральных на фабрике применяют гидроциклоны $D=360$ мм с зерном граничным разделения $0,15$ мм. При работе гидроциклонов специальное внимание должно обращать на:

-перед гидроциклоном давление (инспектировать уровень напора пульпы по показаниям манометра) и вытеканием продукта сгущенного из насадки песковой. При лишнем увеличении сосредоточения жесткого в сгущенном продукте либо возникновении в нем огромного количества больших зернышек вероятно забивка выпускного отверстия. В данном случае все большие зерна следуют в слив, собственно не соблюдает работу водно-шламовой схемы и научно-технических действий, потому не разрешается забивка песковых насадок;

- снабжение предельно возможной нагрузки. Превышение загрузки влечет за собой повышение граничного зерна классификации.

1.3 Обогащение в тяжёлых средах

1.3.1 Обогащение угля в тяжелосредних сепараторах

Надрешётный продукт влажной систематизации (класс 13 мм) поступает на сборочный поток и дальше на обогащение в тяжёлосредний сепаратор СКВП-32. При плотности суспензии (смесь железорудного экстракта - магнетита и воды)

$1.7-1,8$ г/см³ случается разделение на 2 продукта: экстракт и породу. Всплывший продукт - экстракт опосля филиалы кондиционной и некондиционной суспензии, в последствии обезвоживания на грохоте ГИСТ-72АК и доп обезвоживания класса - 40 мм на вибрационной центрифуге HSG-1100 конвейерами 10063Ф-80 и конвейерами 160100Ф-180 следует на склад готовой продукции; потонувший - порода, разгружается элеваторным колесом и поступает на обезвоживание и отмывку суспензии на шум ГИСТ-62УК, а потом

конвейерами - в породный бункер.

Восстановление некондиционной суспензии случается маршрутом её подачи из зумпфа некондиционной суспензии центробежными насосами 6/4Е-Р на обогащение на однобарабанный сепаратор на неизменных магнитах 36Х72. Магнетитовый экстракт поступает в зумпф кондиционной суспензии, откуда суспензия центробежными насосами 8/6F-Р в сепаратор СКВП-32. При подаче суспензии в сепаратор складывается 2 потока: вертикальный - для укрепления равномерной плотности суспензии по глубине ванны сепаратора (для убавления ступени расслоения суспензии) и горизонтальный, главная функция которого - транспортная.

При работе нужно блюсти следующие притязания:

- в питании сепаратора содержание класса 0-1,3 мм не может превосходить 2.0%;
- плотность магнетитовой суспензии обязана регулироваться системой механического регулирования;
- нагрузка на сепаратор не обязана превосходить установленную режимной картой.

В технологическом процессе обогащения угля в тяжелой среде (магнетитовой суспензии) главное значение имеет восстановление суспензии. Восстановление суспензии тяжелосредных сепараторов осуществляется на однобарабанных сепараторах с неизменными магнитами.

Главные притязания, предъявляемые к процессу восстановления:

- подача на сепараторы суспензии обязана быть неизменной;
- размер перелива обязан составлять 70-80 % от единого потока;
- не допускать поступления больших частиц (объемом более 5 мм).

Контроль эффектов работы сепаратора исполняется по экспресс-анализам загрязнения товаров сторонними фракциями, не допуская превышения установленных общепризнанных мерок загрязнения.

1.3.2 Обогащение угля в тяжелосредних гидроциклонах

Надрешётный продукт дешламационных грохотов (класс 1,3 - 13мм) следует в зумпф питания тяжелосредних гидроциклонов, откуда совместно с суспензией центробежными насосами 10/8F-P подаётся в тяжёлосредние гидроциклоны 24В (D=610мм, 4шт.). Обогащение случается в некую стадию с выделением Двух товаров: со сливом отличается экстракт, который опосля филиала кондиционной, некондиционной суспензии и обезвоживания на дуговом сите SSB и грохоте 6X16SD и доп обезвоживания на вибрационной центрифуге HSG-1100 конвейерами следует на склад готовой продукции; с песками отличается 2-й продукт - отходы и опосля филиала кондиционной и некондиционной суспензии и обезвоживания на дуговом сите SSB и грохоте 6X16SD средством сборочного потока 10063Ф-80 и конвейеров 12080Ф-120 и 120125Ф-200 поступает в бункера породы. Восстановление некондиционной суспензии делается маршрутом её подачи из гумпфа некондиционной суспензии центробежными насосами 6/4К-Р на двухбарабанный сепаратор на неизменных магнитах 36X120. Магнетитовый экстракт поступает в зумпф кормления тяжелосредних гидроциклонов.

Процесс обогащения проводится по плотности разделения 1700-1820 кг/м³.

При обогащении угля в тяжелосредних гидроциклонах нужно выдерживать последующие притязания:

- в кормлении гидроциклонов содержание класса 0-1,3 мм не может превосходить 2%;
- содержание угля в пульпе, поступающей в гидроциклон, не должно превышать проектную значение, также установленную режимной картой;
- поддержание плотности магнетитовой суспензии обязано исполняться автоматической системой;
- ликвидировать попадание в кормление гидроциклонов кусочков объемом наиболее 13 мм;

- поддерживать неизменное давление на входе в гидроциклон;
- не реже одного раза в месяц инспектировать износ песковой насадки и создавать осмотр внутренней футеровки гидроциклона;
- держать под контролем по экспресс-анализам загрязнения товаров тяжелосреднего гидроциклона посторонними фракциями, не позволяя превышения установленных общепризнанных мерок загрязнения.

1.4 Обогащение угля в спиральных сепараторах

Обогащение в спиральных сепараторах случается в некую стадию с выделением экстракта и породы. Экстракт в последствии дешламации на дуговом сите SSB и обезвоживании в осадительно-фильтрующей центрифуге Декантер 44x132 конвейерами следует на склад готовой продукции. Порода в последствии дешламации на дуговом сите SSB и обезвоживания на горизонтальном высокочастотном грохоте IDS 30R48 LD конвейерами транспортируется в бункера породы.

Для хорошей работы сепаратора потребуется равномерное рассредотачивание начального кормления меж всеми спиральными заходами, собственно гарантирует распределитель кормления со статическим напором. Управление спиральным сепаратором состоит в том, чтоб поддерживать неизменными плотность кормления (обычной плотностью для работы сепараторов считается 1120 г/л), размер прохождения и скорость потока суспензии. Таким макаром, в распределителе кормления обязан быть установлен неизменный гидростатический уровень.

Регулировку данных характеристик делается конфигурацией размера обратной воды, подаваемой в сборный желоб сгущенного продукта гидроциклонов и конфигурацией количества работающих гидроциклонов.

Скорость подачи кормления обязана быть равномерной (обыкновенно перегрузка по кормлению сепаратора от 2,0 до 3,5 т/ч на каждый заход). Очень принципиально обеспечить постоянную скорость подачи питания, так как

колебания скорости могут ухудшить высококачественные характеристики работы сепаратора

Должны спирали систематически промываться водой чистой, а отложения, на поверхности желоба образующиеся, удалять следует.

1.5 Обезвоживание в центрифугах

В водно-шламовой схеме построенным эксплуатируется последующее главное оборудование для обезвоживания:

- центрифуги, фильтрующие вибрационные HSG-1100 для обезвоживания экстракта в последствии обогащения в тяжелосредних гидроциклонах класса не менее 13 мм;
- центрифуги осадительно-фильтрующие, для обезвоживания экстракта спиральных сепараторов;
- центрифуги, фильтрующие вибрационные HSG-1100 для обезвоживания экстракта опосля обогащения в тяжелосредних сепараторах класса не менее 18 мм.

1.5.1 Обезвоживание концентрата в вибрационных фильтрующих центрифугах

Главные притязания при эксплуатации:

- момент разделения, от которого находится в зависимости отдача работы центрифуги и унос жесткого с фугатом (с повышением фактора разделения отдача работы центрифуги увеличивается);
- обеспечивание требуемой влаги обезвоженного продукта;
- обеспечивание равномерной подачи кормления и разгрузки окончательных товаров;
- обеспечивание содержания в фугате минимума жесткого и больших зернышек;
- обеспечивание целостности сита ротора и установленного объема щели ситечка

1.5.2 Обезвоживание концентрата спиральных сепараторов в осадительно-фильтрующих центрифугах

Для обезвоживания концентрата спиральных сепараторов, на фабрике применяются осадительно-фильтрующие центрифуги.

Главные притязания при эксплуатации:

- момент разделения, от которого находится в зависимости отдача работы центрифуги и унос жесткого с фугатом (с повышением фактора разделения отдача работы центрифуги увеличивается);
- обеспечивание требуемой влаги обезвоженного экстракта;
- обеспечивание равномерной подачи кормления и разгрузки окончательных товаров;
- обеспечивание содержания в фугате наименьшего числа твердого и больших зерен;
- обеспечивание нераздельности сита ротора и определенного величины щели сита.

1.6 Обезвоживание фильтрованием

Для обезвоживания сгущенных шламов на фабрике используется 6 ленточных фильтр-прессов (на любую секцию 3). На одном фильтр-прессе исполняется обезвоживание сгущенного продукта 1 стадии сгущения и направление его в экстракт. На втором фильтр-прессе исполняется обезвоживание сгущенного продукта 2-ой стадии сгущения и направление его в отходы. А 3-ий фильтр-пресс реверсивный. Этот процесс проводится с внедрением полимерных флокулянтов анионного и катионного типов

Расход флокулянтов, точки подачи, сосредоточение раствора устанавливается искусным методом.

Использование ленточного фильтр-пресса нескончаемого деяния дозволяет обеспечить абсолютное замыкание водно-шламовой схемы снутри построенным. Имея цель обеспечивания наибольшей производительности

фильтр-пресса на него нужно подавать за ранее сгущенный до 300 - 450 кг/м³ продукт.

Процесс обезвоживания проходит наиболее отлично, как скоро в зонах максимального сжатия лент фильтр-пресса не случается «выдавливание» сгущенного осадка по бокам ленточного фильтр-полотна, которое обязано просто промываться и пропускать через себя фильтрат с наименьшим содержанием взвешенных частиц.

Для обеспечения обычного функционирования фильтр-пресса и протекания процесса обезвоживания начальная пульпа обязана, умеренно распределяться по всей ширине фильтрующей плоскости. Неприемливо присутствие на ленте вольных участков, не занимающихся пульпой. При наличии неравномерности рассредотачивания кормления надлежит отрегулировать работу насоса подающего кормление на фильтр-пресс.

При эксплуатации фильтр-пресса нужно выдерживать последующие характеристики:

- размер подаваемой пульпы;
- обработку пульпы флокулянтами (доза и соответствие);
- лучшую скорость перемещения лент фильтр-пресса;
- равномерное рассредотачивание пульпы по всей ширине фильтрующей плоскости;
- актуальную и полную (в отсутствии темных полос) промывка фильтрующих лент;
- абсолютное удаление обезвоженного осадка с фильтрующих лент;
- поддержание натяжения верхней и нижней фильтрующих лент;
- соблюдение технологии изготовления флокулянтов.

1.7 Флокуляция

Сгущение шлам и осветление обратной воды случается в 2 стадии в круговых сгустителях с центральным приводом (D=26м).

В круговой сгуститель с центральным приводом 1 стадии ($D=26\text{м}$) вместе со сливом гидроциклонов-классификаторов подаётся фугат фильтрующей секции осадительно-фильтрующих центрифуг Декантер ишламовые воды из бака шламовых вод ёмкостью 1117м^3 центробежнымишламовыми насосами ШН-250-34,а и еще фильтраты концентратных фильтр-прессов.

В сгустителе случается осаждение шламов подвергнутых обработке флокулянтom анионного вида, движение их по конусному днищу к центру гребковой фермой, откуда центробежными одноступенчатыми горизонтальными насосами подаётся на обезвоживание на ленточный фильтр-пресс WXG-3.0. Обезвоженный продукт следует в добавку к экстракту. В сливной желоб сгустителя подаётся флокулянт катионного вида, потом анионного, также фугат осадительной секции осадительно-фильтрующих центрифуг, подрешётный продукт шум отходов спиральных сепараторов. После этого подвергнутый обработке флокулянтами слив 1 стадии следует в сгуститель 2-ой стадии.

В круговой сгуститель с центральным приводом 2-ой стадии ($D=26\text{м}$), не считая слива 1 стадии сгущения, сервируются центробежным одноступенчатым насосом 4/3D -P фильтрат породнего ленточного фильтр-пресса WXG-3.0 и подрешётный продукт грохота отходов спиральных сепараторов

Слив поступает думала 500м^3 , а дальше центробежными одноступенчатыми горизонтальными насосами подачи осветлённой воды 10/8 F-P поступает в оборот, а центробежными многоступенчатыми насосами совокупного предназначения 202 FP 3L - на промывку фильтрующих лент фильтр-прессов. Сгущённый продукт центробежными одноступенчатыми горизонтальными насосами 4/3 D - P подаётся на обезвоживание на ленточный фильтр-пресс WXG-3.0, а дальше в добавку к отходам производства.

Процесс сгущения 2-ой стадии проводится с внедрением полимерных флокулянтов анионного и катионного вида.

Доза флокулянтов ориентируется искусным методом.

Ключевыми параметрами, описывающими работу сгустителя, считаются:

- перегрузка по жесткому и по размеру суспензии;

- глубина зоны сгущения и скорость осаждения;
- сосредоточение жесткого в сгущенном продукте и сливе.

При неизменном содержании жесткого в кормлении сгустителя и своевременном удалении сгущенного продукта поддерживается размеренная перегрузка на привод сгустителя и оптимизация работы флокулянтов. Для обычной работы сгустителя с учётом мало вероятных шатаний производительности высота осветленного слоя обязана быть около 2,8 мтр, а содержание жесткого в сливе до 2 г/л.

1.8 Складирование и погрузка

Экстракт сборочным потоком 160100Ф-180 из головного корпуса по галерее поступает на склад готовой продукции, а дальше средством шибера следует или на сборочный поток 160100Ф-180 с разгрузочной телегой, или на сборочный поток 160100Ф-180 с разгрузочной телегой, средством которых ведётся наполнение укрытого склада готовой продукции экстрактом суммарной ёмкостью 31 000 тонн.

Со склада готовой продукции через разгрузочные проёмы: экстракт качающимися питателями ПК-1,2-10 МК, поступает на сборочный поток 160125Ф-200 и дальше на сборочного потока погрузочно-складского ансамбля ОАО «Распадская». Отгрузка со склада экстракта ведётся сообразно утверждённому графику.

1.9 Ленточный конвейер в технологической цепи обогащения угля

В идущем в ногу со временем производстве сборочные потоки считаются обязательной долей научно-технического процесса, они регулируют темп производства, гарантируют его ритмичность, содействуют увеличению производительности труда, свидетельством улаживать вопросы всеохватывающей механизации транспортно-технологических действий.

На рисунке 1 показано размещение ленточного конвейера в технологической цепочке обогащения угля. Со склада рядового угля

емкостью 40000 тыс. тонн рядовой уголь через разгрузочные просветы качающимися питателями подаётся на ленточные конвейера 120100Ф-180 позиции 141-144. Потом уголь поступает на обогащение в главный корпус обогатительной построенным. [3]

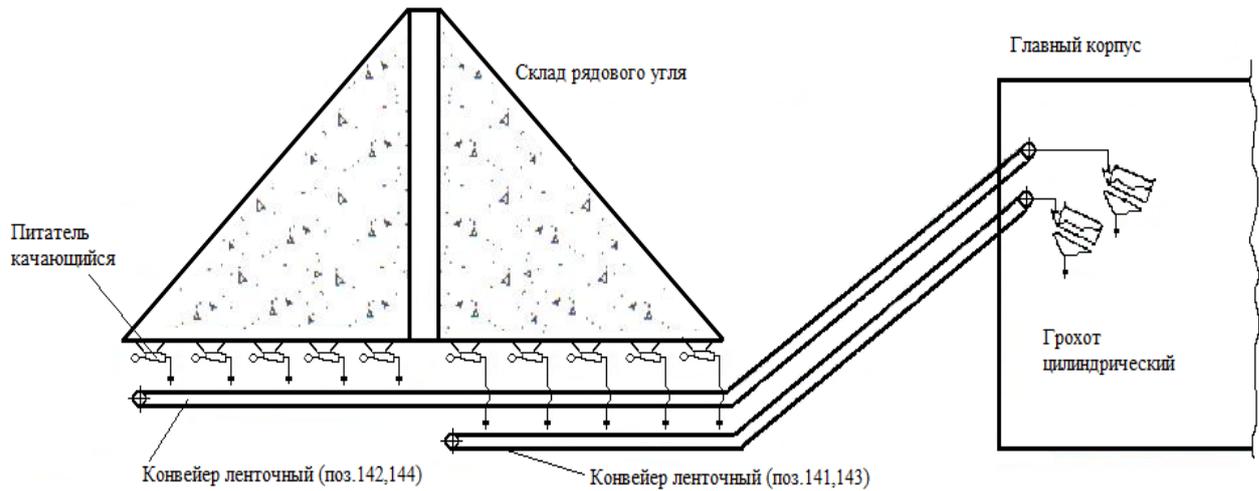


Рисунок 1 - Ленточный конвейер в технологической цепи обогащения угля

2 ОПИСАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА 120100Ф-180

2.1 Устройство и принцип действия конвейера

Ленточный сборочный поток символически возможно разбить на 3 главные доли: головную, среднюю и хвостовую. В виде несущего (транспортирующего) и тягового органа используются резинотканевые ленты с гладкой поверхностью. Верхняя ветвь ленты сборочного потока, почти всегда, имеет желобчатость за счёт внедрения желобчатых роlikоопор. Загрузка верхней ветки ленты делается загрузочными приспособлениями (качающимися питателями), размещенным в хвостовой доли сборочного потока. Разгрузка сборочного потока делается через барабан приводной (головной).

В перемещение конвейерная лента приводится фрикционным приводом. Привод сборочного потока состоит из приводного барабана и приводного приспособления, соединённых друг от друга тихоходной муфтой. Приводной приспособление состоит из мотора, редуктора и объединяющей их муфты, которые инсталлируются на собственной раме. [2]

Конвейерная лента размещается на роlikоопорах: верхняя ветвь ленты на верхних желобчатых, нижняя ветвь на нижних прямых. Обеспечение фрикционной взаимосвязи приводного барабана с лентой исполняется путём натяжения ленты конвейерной натяжным устройством.

Приводной барабан и натяжное прибор инсталлируются на собственные опоры, а роlikоопоры - на секции, которые сами инсталлируются на стойки центральной доли сборочного потока. Нижняя ветвь ленты поддерживается прямыми верхними роlikоопорами, которые находятся на кронштейном с стоечка.

Ленточный сборочный поток имеет тяговый составляющее 7 (набросок 2) повторяющий вид нескончаемой ленты, являющейся и несущим составляющим сборочного потока, привод 13, приводящий в перемещение барабан 14, натяжное прибор 2 с барабаном 3, груз, роlikовые опоры 6 на рабочей ветки ленты и 5 на неженатый ветки ленты, отклоняющий барабан 8, загрузочное прибор 4 и разгрузочные прибора 9 и 10, разгрузочный желоб 11 и

приспособление 12 для чистки ленты. Все составляющие смонтированы на раме сборочного потока. [7]

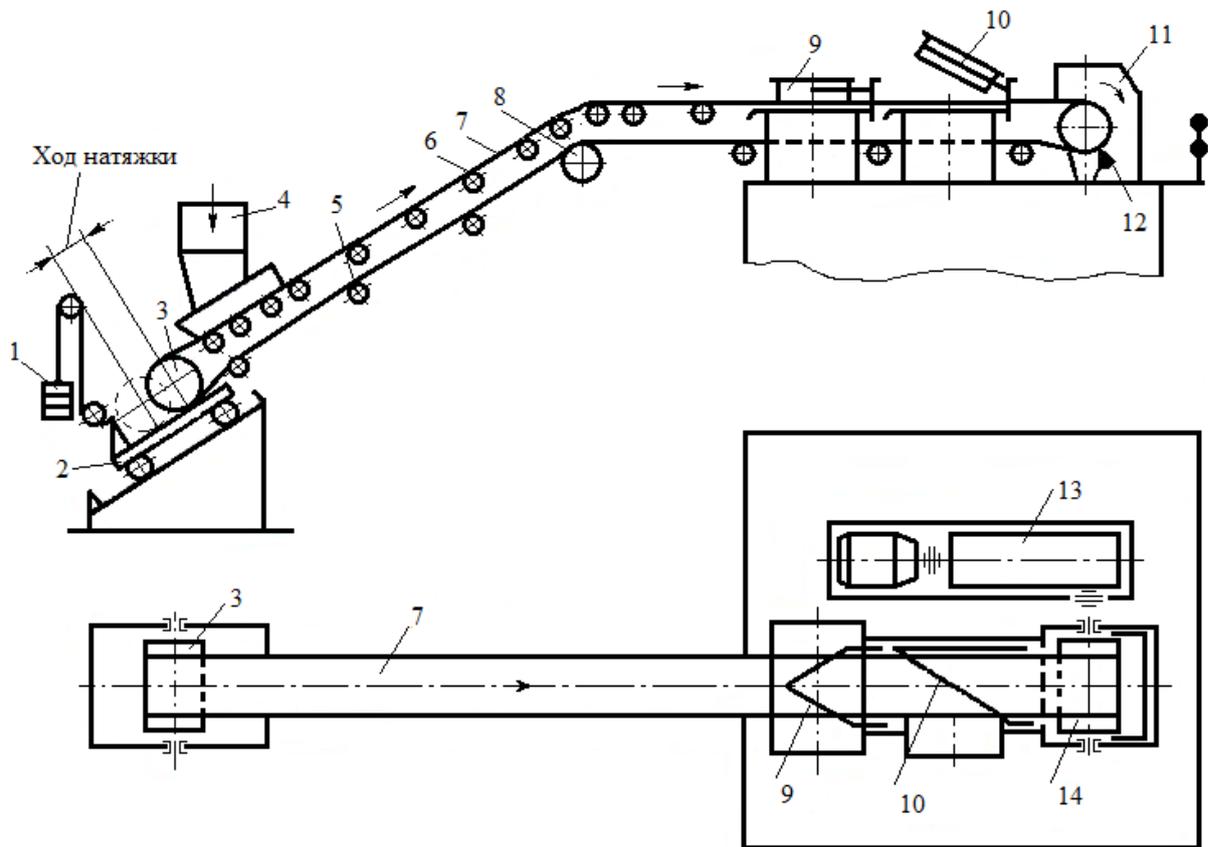


Рисунок 2- Функциональная схема конвейера

2.2 Система управления конвейерной линией

Система управления конвейерной чертой считается распределенной, трехуровневой. Верхний уровень управления представлен компьютером, центральный уровень управления реализуется программируемым закономерным контроллером ПЛК компании «Kontron», нижний измерители контролирования и обороны. [3]

ПЛК получает сигналы от измерителя скорости ДС, схода ленты ДЛ, завала места перегрузки ДЗ, критического останова ДО, клавиш районного управления SB1 (запуск), SB2 (стоп), тумблера ВР выбора режима управления (ручной либо автоматический) и компьютера ПК.

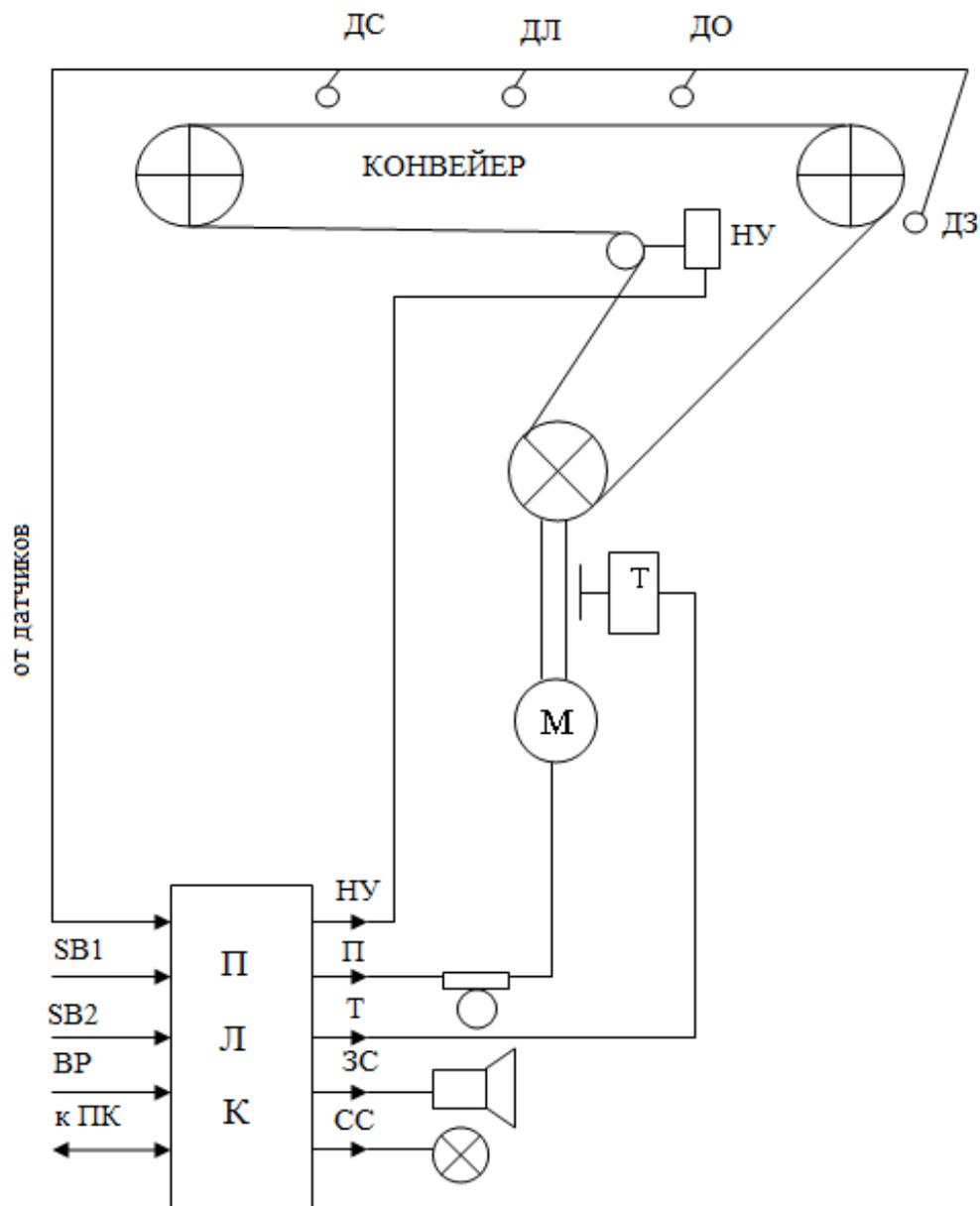


Рисунок 3- Система управления конвейерной линии

На выходе ПЛК формируются сигналы управления пускателем П, тормозом Т, натяжным приспособлением НУ, звуковой ЗС и световой СС сигнализацией. На верхнем уровне управления (ЭВМ) находят решение задачи всеохватывающего контролирования и координации автотранспортного процесса, своевременного управления работой конвейерной полосы.

АСУ КЛ гарантирует исполнение последующих притязаний:

1. Управление

1.1. Механическое управление запуском/остановом сборочного потока в функции скорости с исправлением по времени.

1.2. Выбор режима управления («Авт», «Руч»);

1.3. Критический останов конвейерной полосы с хоть какой точки магистрали по команде эксплуатационного персонала;

1.4. Механическое управление натяжным приспособлением сборочного потока при пуске по закону, показанному на рисунке 4. Натяжение ленты временно запуска возрастает на 30-50 %.

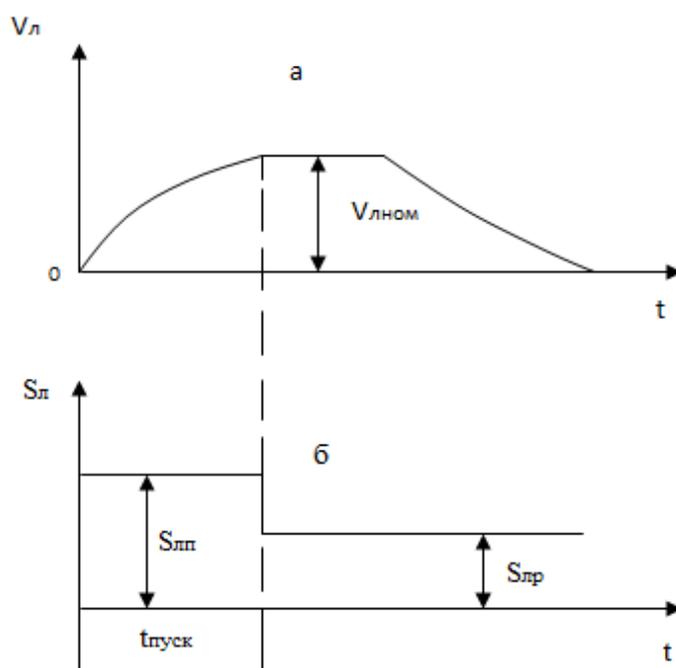


Рисунок 4- Диаграммы изменения скорости (а) и натяжения (б) ленты:

$V_{л ном}$ - номинальная скорость движения ленты; $S_{лп}$, $S_{лр}$ - натяжение ленты при пуске и работе; $t_{пуск}$ - время разгона конвейера до номинальной скорости

1.5. Механическое управление тормозом сборочного потока при пуске и останове по закону, изображенному на рисунке 5. Состояние тормоза меняется при достижении лентой скорости 5-10 % от номинальной (при скорости ниже обозначенной тормоз включается).

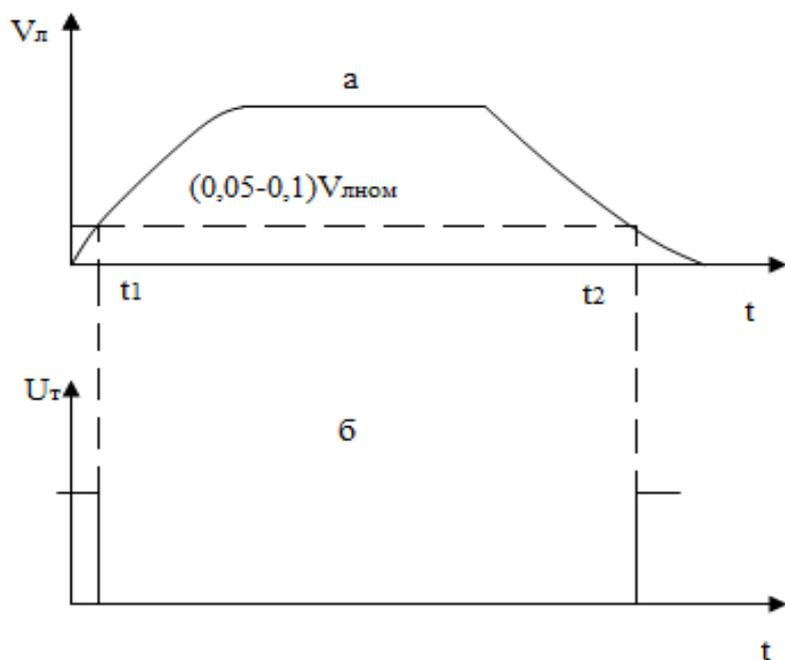


Рисунок 5 - Диаграммы изменения скорости ленты (а) и управления тормозом (б)

2. Автоматическая оборона методом отключения аварийного сборочного потока и всех следующих за ним (в направлении против грузопотока) при завале места перегрузки, сходе ленты, понижении скорости ленты на 25 % от номинального значения, обрыве ленты, затянувшемся пуске.

3. Контроль, сигнализация, индикация:

3.1. Постоянное измерение скорости ленты сборочного потока.

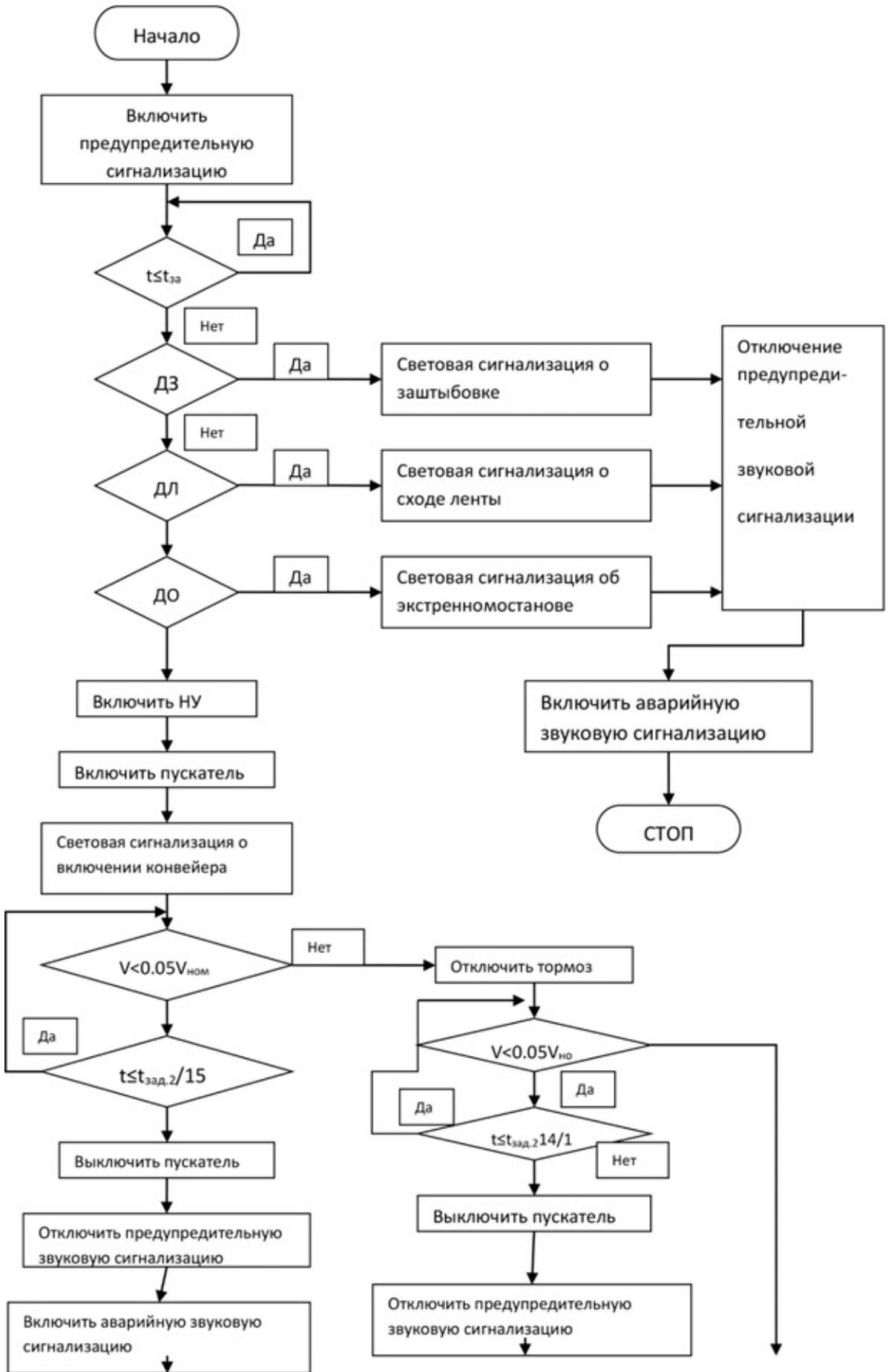
3.2. Индикация на дисплее монитора величины скорости, режима управления, состояния сборочного потока, обстоятельств и мест срабатывания защит.

3.3. Контроль выдержки времени звучания вежливой и аварийной сигнализаций, времени запуска сборочного потока.

3.4. Вежливая звуковая сигнализация по полосе перед ее подключением или запуском хоть какого из конвейеров.

3.5. Световая и звуковая сигнализация о срабатывании обороны конвейере.

Методы управления, контролирования и обороны соответствующие вышеизложенным притязаниям, представлены на рисунках 6, 7, 8. [3]



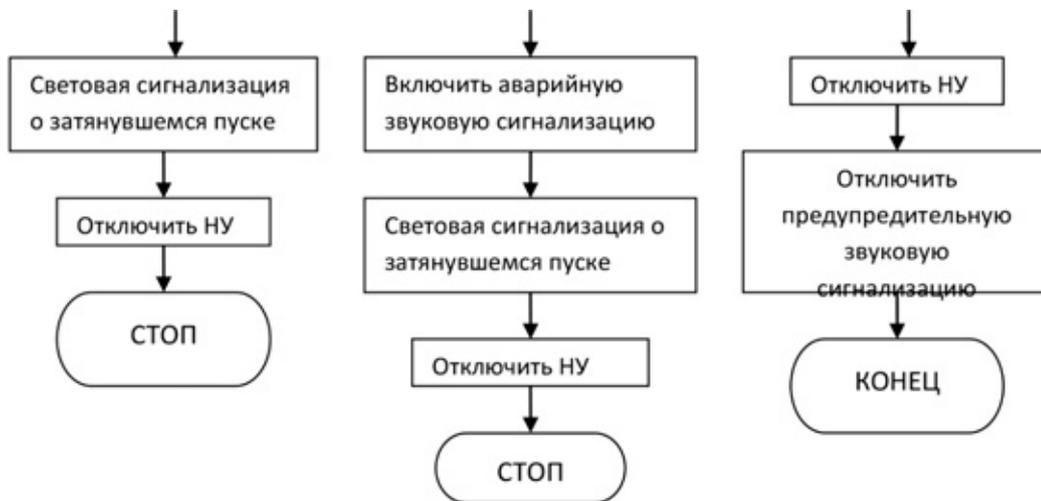


Рисунок 6- Алгоритм локального управления пуском конвейера

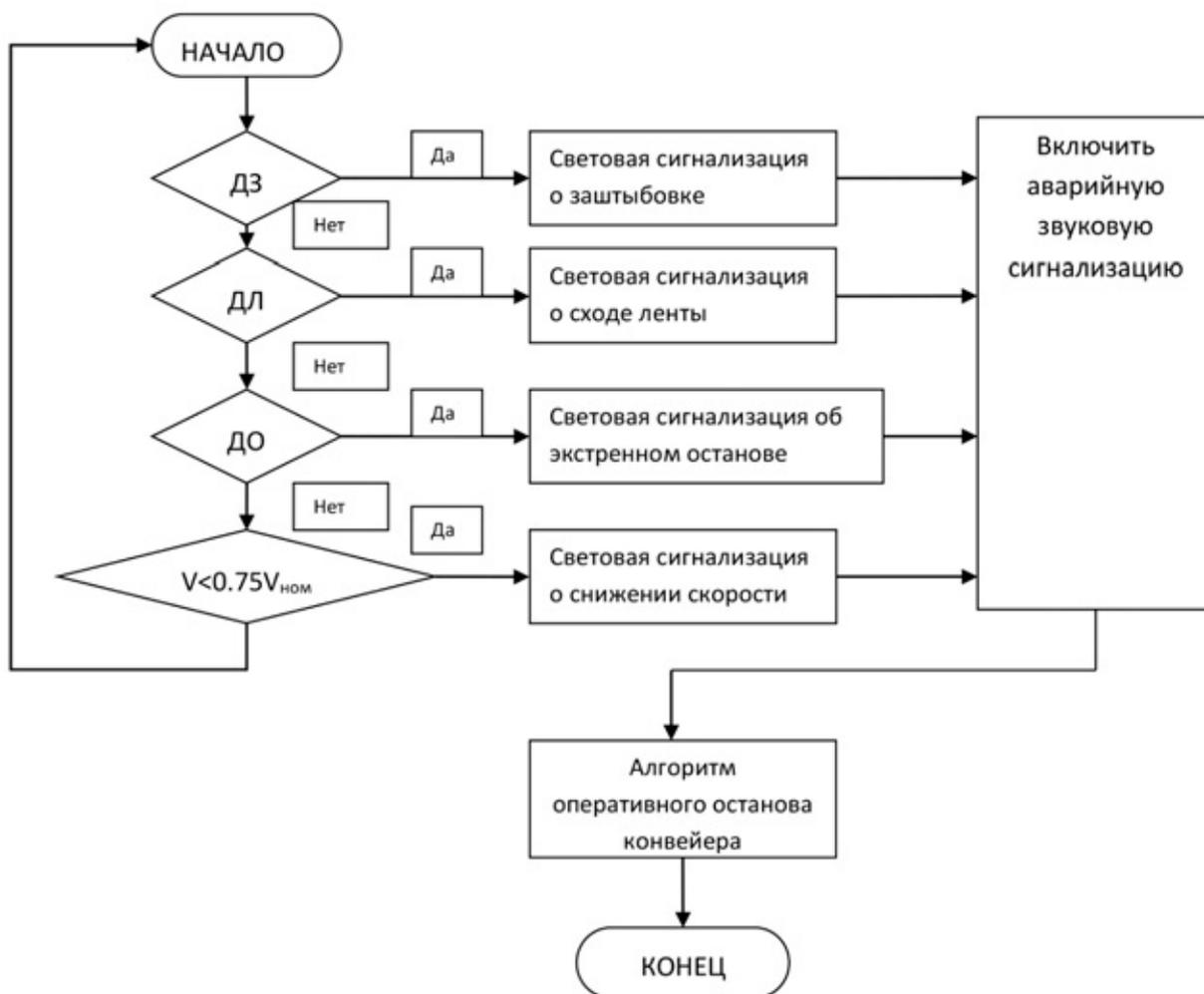


Рисунок 7 - Алгоритм автоматического контроля и защиты



Рисунок – 8 Алгоритм останова конвейера

3 РАСЧЕТ КОНВЕЙЕРА И ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

3.1 Обоснование применения частотно-регулируемого электропривода

Исполнительные механизмы ленточного конвейера для большинства существующих конвейеров приводятся в движение регулируемыми электроприводами постоянного тока. Использование таких приводов являлось типовым для ранее разработанных систем.

При модернизации таких электроприводов стремятся не только уйти от морально устаревшего и физически изношенного оборудования, но и решить ряд задач технико-экономического характера, а именно: снижение эксплуатационных расходов по обслуживанию системы; повышение технологической гибкости через совершенствование управления; обеспечение возможности интеграции в систему управления более высокого уровня.

В таких случаях предлагается перейти к использованию асинхронных электроприводов с частотным регулированием, которые по функциональным возможностям и эксплуатационным характеристикам отвечают техническим требованиям и условиям поставленной задачи.

3.2 Преимущества и недостатки использования асинхронных электроприводов

При принятии решения о переходе к асинхронному электроприводу необходимо правильно оценить затраты и, что более важно, соизмерить их с достигаемым при этом эффектом. Перечислим экономические предпосылки перехода к асинхронному электроприводу, наиболее значимые для рассматриваемого объекта автоматизации.

Стоимость. Асинхронная короткозамкнутая машина имеет более низкую стоимость по сравнению с машиной постоянного тока.

Затраты на обслуживание. Асинхронная короткозамкнутая машина практически не требует обслуживания в течение всего времени эксплуатации, в то время как машина постоянного тока нуждается в регулярном обслуживании коллекторного узла.

Затраты на ремонт электрической машины. Общий объем затрат на организацию и проведение ремонта двигателей постоянного тока зачастую оказывается соизмеримым (а для данного объекта автоматизации - даже большим) по сравнению со стоимостью новой асинхронной короткозамкнутой машины.

Затраты на обеспечение требуемой степени защиты. Асинхронные короткозамкнутые машины имеют широкий ряд исполнений с разными степенями защиты. Это важно для рассматриваемого применения, так как оно связано с высокой концентрацией угольной пыли в окружающей среде и требует степени защиты электрических машин не ниже IP54. Ввиду наличия коллекторного узла изготовление машины постоянного тока, имеющей высокую

степень защиты, вызывает ее существенное удорожание и осложняет обслуживание. Иногда прибегают к созданию локальных условий с целью установки машины в более благоприятной окружающей среде, но это требует еще больших затрат.

Перечисленные предпосылки относятся только к электрическим машинам без учета преобразователей, с которыми они используются в электроприводе. Тиристорные преобразователи приводов постоянного тока на ныне действующих системах часто являются морально устаревшими и давно отработавшими свой ресурс. Это приводит не только к дополнительным затратам на поддержание их работоспособности и снижению надежности технологического процесса в целом, но также к невозможности включения этих устройств в состав современных систем управления без значительной доработки.

Соответственно, приведенные преимущества асинхронной машины не учитывают тот факт, что машина будет работать совместно с преобразователем частоты. Между тем, незнание ряда особенностей такой работы (по существу - недостатков) может привести в лучшем случае к нерациональному использованию привода, а в худшем - к неправильному его выбору. Отметим те особенности, которые связаны с энергетическими показателями и которые надо учитывать для правильного выбора привода по мощности.

При работе асинхронных двигателей совместно с преобразователями частоты их КПД снижается в среднем на 2.. 3 %, $\cos\varphi$ - на величину до 5%. Добавочные высокочастотные потери, вызванные несинусоидальностью напряжения, проявляются в дополнительном нагреве двигателя и снижении полезной мощности на его валу на величину до 25%.

Наличие добавочных потерь в обмотках и стали магнитопровода обусловлено высшими гармониками тока и магнитного потока. Поэтому при использовании асинхронных приводов с частотным регулированием принимают меры по улучшению гармонического состава тока (устанавливают дополнительные устройства, корректируют параметры настройки преобразователя и т.п.).

3.3 Особенности выбора частотно-регулируемого привода

Выбор частотно-регулируемого привода имеет ряд особенностей. Укажем те из них, которые наиболее характерны для рассматриваемого типа объектов автоматизации.

Поскольку диапазон изменения скорости приводов невелик, то он может обеспечиваться достаточно простым и широко распространенным методом управления - вольт-частотным. Диапазон регулирования современных асинхронных электроприводов при вольт-частотном методе управления, как правило, составляет 1:40, что является вполне достаточным. Помимо того, вольт-частотное управление при соблюдении закона $U/f = \text{const}$ обеспечивает постоянство критического момента, необходимое для заданного типа нагрузки. Необходимо иметь в виду, что эффективность охлаждения асинхронного двигателя общего назначения с самовентиляцией (вентилятором, установленным на валу двигателя) зависит от скорости вращения вала: чем ниже скорость вращения, тем ниже эффективность охлаждения. Следовательно, продолжительная работа в нижней части диапазона скоростей с требуемым моментом может привести к недопустимому перегреву двигателя. Можно исключить такую ситуацию и обеспечить нормальную работу привода, если при выборе его мощности (как мощности двигателя, так и преобразователя) предусмотреть необходимый запас по моменту, то есть завязать расчетную мощность. Примечательно, что асинхронные двигатели допускают работу на частотах выше номинальной, при этом такие важные характеристики, как КПД и $\cos\phi$, претерпевают лишь незначительные изменения.

При выборе преобразователей частоты для электропривода ленточного конвейера следует обращать внимание на следующие, наиболее критичные для данного применения характеристики:

- высокая перегрузочная способность;
- хорошо организованная система защит и предупреждений;
- возможность настройки вольт-частотной характеристики.

3.4 Расчет ленточного конвейера

3.4.1 Данные для расчёта ленточного конвейера

- часовая производительность, $Q_v = 600 \text{ т / ч}$
- насыпная плотность груза, $\gamma = 0,85 \text{ т / м}^3$
- наибольший размер характерных кусков, $a = 300 \text{ мм}$
- максимальная длина транспортирования, $l = 234 \text{ м}$
- естественный угол откоса груза, $\rho = 35 \text{ град}$
- угол наклона конвейера, $\beta = 11 \text{ град}$
- скорость движения ленты, $v_0 = 1,6 \text{ м / с}$.

3.4.2 Предварительный расчет конвейера

Согласно [4], необходимая ширина ленты

$$e = 1.1 \cdot \left(\sqrt{\frac{Q_v}{K_n \cdot c \cdot v_0 \cdot \gamma}} + 0.05 \right)$$

где Q_v - необходимая часовая производительность конвейера;

K_n - коэффициент производительности $K_n = 560$ [1 , табл. 14.20];

c - коэффициент снижения площади поперечного сечения насыпного груза на ленте $c = 0,85$ [1, табл. 14.19];

v_0 - скорость движения ленты для предварительных расчетов;

γ - насыпная плотность груза (принимается по данным для расчёта).

Полученная по приёмной способности ширина ленты должна быть проверена по кусковатости.

Необходимая по кусковатости ширина ленты для рядового материала:

$$B_k \geq 2a + 200,$$

где a - наибольший размер характерных кусков.

$$B_k > 2 \cdot 300 + 200 = 800 \text{ мм}.$$

Принимается стандартная ширина ленты $B = 1200 \text{ мм}$, согласно ГОСТ 22 644-77.

Уточняется скорость транспортирования:

$$V = \frac{Q}{K_n \cdot (0.9 \cdot B_k - 0.05)^2 \cdot \gamma \cdot c}$$

где В - принятая ширина ленты, м.

$$V = \frac{600}{560 \cdot (0.9 \cdot 1.2 - 0.05)^2 \cdot 0.85 \cdot 0.85} = 1.398 \text{ м/с}$$

Согласно ГОСТ 22 644-77 принимается стандартная скорость транспортирования полезного ископаемого $V = 1,6 \text{ м/с}$.

3.4.3 Тяговый расчет

Масса ленты на 1 м длины конвейера:

$$q_x = B \cdot m_x$$

где m_x - масса 1 м² ленты, кг (для ленты типа 2Ш-1200-4 ТК принимается $m_x = 45 \text{ кг/м}^2$ согласно [4, табл.6]).

$$q_x = 1.2 \cdot 45 = 54 \text{ кг/м}$$

Масса груза на 1 м длины конвейера:

$$q_z = \frac{Q}{3.6 \cdot V}$$

$$q_z = \frac{600}{3.6 \cdot 1.6} = 104.2 \text{ кг/м}$$

Масса вращающихся частей роlikоопор нагруженной ветви:

$$q'_p = \frac{G'_p}{l'_p}$$

где G'_p - массы вращающихся частей роlikоопор нагруженной ветви ленты, принимается $G'_p = 25 \text{ кг}$, согласно [1, табл. 7.11];

l'_p - расстояние между роlikооперами нагруженной ветви ленты, принимается $l'_p = 1.2 \text{ м}$, согласно [1, табл. 7.12]

$$q'_p = \frac{25}{1.2} = 20.8 \text{ кг/м}$$

Масса вращающихся роlikоопор порожней ветви ленты:

$$q_p'' = \frac{G_p''}{l_p''}$$

где G_p'' - массы вращающихся частей роlikоопор порожней ветви ленты, принимается $G_p'' = 21.5$ кг, согласно [1, табл. 7.11];

l_p'' - расстояние между роlikоопорами нагруженной ветви ленты, принимается $l_p'' = 1.2$ м, согласно [1, табл. 7.12]

$$q_p'' = \frac{21.5}{2.4} = 9 \text{ кг/м}$$

Сопротивление грузовой ветви ленточного конвейера определяется по формуле:

$$W_{sp} = l \cdot g \cdot \{[(q_z + q_x) \cos \beta + q_p'] \cdot w' + (q_z + q_x) \sin \beta\}$$

где β - угол установки конвейера;

w' - коэффициент сопротивления движению верхней ветви ленты, принимается $w' = 0,04$, согласно [4, табл.4].

$$W_{sp} = 600 \cdot 9,81 \cdot \{[(72,9 + 37) \cos 11^\circ + 20,8] \cdot 0,04 + (72,9 + 37) \sin 11^\circ\} = 153200 \text{ Н}.$$

Сопротивление движению порожней ветви определяется по формуле:

$$W_n = l \cdot g \cdot [(q_x \cdot \cos \beta + q_p'') \cdot w'' - q_x \cdot \sin \beta],$$

где w'' - коэффициент сопротивления движению нижней ветви ленты, принимается $w'' = 0,035$, согласно [4, табл.6].

$$W_n = 600 \cdot 9,81 \cdot [(37 \cdot \cos 11^\circ + 9) \cdot 0,035 - 37 \cdot \sin 11^\circ] = -32050 \text{ Н}$$

Сопротивление движению в месте очистного устройства:

$$W_{oc} = P_{c.o.} \cdot B,$$

где $P_{c.o.}$ - удельное сопротивление очистки, принимается $P_{c.o.} = 500$ Н / м, согласно [4].

$$W_{oc} = 500 \cdot 1,2 = 600 \text{ Н}.$$

Сопротивление движению в месте загрузки конвейера:

$$W_{заг} = 0,1 \cdot q_z \cdot (g_0^2 - g_1^2) \cdot g + f \cdot h \cdot r \cdot g \cdot k_\delta + k_9 \cdot l_\delta,$$

где f - коэффициент трения груза о стенки металлических бортов, принимается $f = 0,35$;

h_δ - высота борта, принимается $h_\delta = 1,5$ м согласно [4];

k_6 - коэффициент бокового трения, принимается $k_6 = 0,8$;

k_9 - удельное сопротивление трению уплотнительных резиновых полос о ленту, принимается $k_9 = 70 \text{ Н / м}$;

$(g_0^2 - g_1^2) = 2,5$ - рекомендуется принимать согласно [4].

$$W_{\text{заг}} = 0,1 \cdot 104,2 \cdot 2,5 \cdot 9,81 + 0,35 \cdot 1,5^2 \cdot 0,85 \cdot 9,81 \cdot 0,8 + 70 \cdot 5 = 390 \text{ Н}.$$

Принципиальная схема ленточного конвейера приведена на рисунке 9.

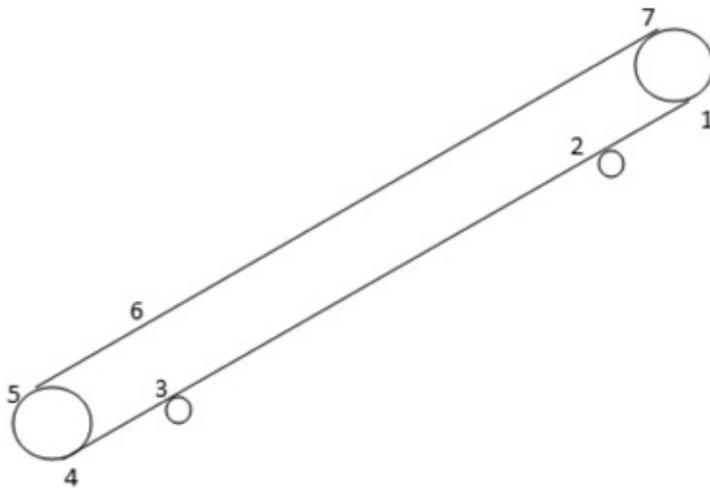


Рисунок 9 - Принципиальная схема ленточного конвейера

Определяется натяжение ленты в каждой точке контура по формулам:

Натяжение в точке 2:

$$S_2 = S_1 \cdot W_{\text{нов}} = S_1 + S_{\text{наб}}(k_n - 1) = S_1 + S_1(1,03 - 1) = 1,03 \cdot S_1$$

Сопротивление на участке 2-3:

$$W_{2-3} = q_k \cdot L_{2-3}(w \cdot \cos 12^\circ - \sin 12^\circ) = 63 \cdot 234(0,04 \cdot \cos 12^\circ - \sin 12^\circ) = 2223 \text{ Н}$$

Натяжение в т. 3:

$$S_3 = S_2 \cdot W_{2-3} = 1,03 \cdot S_1 \cdot W_{2-3}$$

Натяжение в т. 4:

$$S_4 = S_3 \cdot W_{\text{нов}} = 1,03 \cdot S_3$$

Натяжение в т. 5:

$$S_5 = S_4 \cdot W_{\text{нов}} = 1,03 \cdot S_4$$

Сопротивление на погрузочном органе:

$$W_{\text{норм}} = \frac{Q \cdot V}{3.6} = \frac{600 \cdot 1.6}{3.6} = 266H.$$

Сопротивление от направляющих бортов загрузочного лотка:

$$W_{\text{з}} = 50 \cdot l = 50 \cdot 2 = 100H.$$

Сопротивление на участке 5-6:

$$W_{5-6} = W_{\text{норм}} + W_{\text{з}} = 2666 + 100 = 2766H.$$

Натяжение в т. 6:

$$S_6 = S_5 \cdot W_{5-6} = 1.113 \cdot S_1 \cdot W_{5-6}$$

Сопротивление на участке 6-7:

$$W_{6-7} = (q + q_k) \cdot (L_2 \cdot \omega + H) = (104,16 + 63) \cdot (0,04 \cdot 231,4 + 48,7) = 58233H.$$

Натяжение в т. 7:

$$S_7 = S_6 \cdot W_{6-7} = 1.113 \cdot S_1 \cdot W_{5-6}$$

Подставив это соотношение в полученное выше выражение

$$S_1 = 22766,3$$

$$S_2 = 1,03 \cdot 22766,3 = 23450$$

$$S_3 = 23450 + 2223 = 25670$$

$$S_4 = 1,03 \cdot 25670 = 26440$$

$$S_5 = 1,03 \cdot 26440 = 27230$$

$$S_6 = 1,113 \cdot 22766,3 + 2766 = 28100$$

$$S_7 = 28100 + 58233 = 86330$$

$$W_0 = S_7 - S_1 = 63810 H.$$

Мощность на приводном валу конвейера:

$$P_0 = \frac{W_0 \cdot g}{1020 \cdot \eta_{\text{бар}}} = \frac{63810 \cdot 1,6}{1020 \cdot 0,91} = 110 \text{кВт}$$

Мощность двигателя для привода конвейера:

$$P = \frac{k \cdot N_0}{\eta} = \frac{1,1 \cdot 110}{0,96} = 126 \text{кВт}$$

Выбираю двигатель ВАО2-280S4, паспортные данные которого сведены в таблице 1

Таблица 1 - Паспортные данные электродвигателя ВАО2-280S4 [10]

Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин	Момент инерции, кг·м ²	При номинальной нагрузке			$\frac{M_{II}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{II}}{I_{ном}}$
			S, %	η, %	cosφ				
132	1500	3.1	2	93.9	0.88	2	2.6	1	6.5

3.5 Выбор аппаратов контроля, защиты и сигнализации

3.5.1 Контроль скорости движения ленточного полотна конвейеров

Для контроля скорости движения ленточного полотна конвейера используется устройство контроля скорости «УКС» производства Днепропетровского завода шахтной автоматики. Устройство контроля скорости предназначено для контроля скорости ленты ленточного конвейера либо для контроля движения цепи одноцепного скребкового конвейера. [19]

Устройство выпускается в двух модификациях:

- УКС-1 - для контроля скорости ленты ленточного конвейера в пределах номинальных скоростей от 0,6 до 5,0 м/с, состоит из аппарата контроля скорости КС и датчика бесконтактного контроля вращения БКВ;
- УКС-2 - для контроля скорости движения цепи одноцепного скребкового конвейера в пределах номинальных скоростей от 0,4 до 1,6 м/с, состоит из аппарата КС и магнитоиндукционного датчика ДМ-3.

Устройство УКС-2 может быть применено для контроля работы механизмов, имеющих движущиеся металлические узлы с воздушными зазорами, например: грохотов, качающихся питателей и т. д. Выбор вида исполнения устройства контроля скорости (УКС-1 или УКС-2) зависит от типа конвейера (скребковый или ленточный) и от скорости движения ленточного полотна. Конвейер, контроль скорости которого необходимо осуществлять является ленточным конвейером. Скорость движения ленточного полотна составляет 1,6 м/с. Выбираем модификацию УКС-1.

Аппарат КС устанавливается вне взрывобезопасного помещения и предназначен для работы в условиях умеренного и холодного климата.

Основные технические характеристики аппарата КС приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные технические характеристики аппарата КС[19]

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальное напряжение питания, В	220, 380
Потребляемая мощность, В·А, не более	10
Количество контактов выходного реле, шт	2н.з. + 1н.о.
Количество контактов реле аварийного отключения,шт	1 н.з.
Чувствительность, В, не менее	2
Контролируемая величина снижения скорости ленты, %	25
Степень защиты	IP30
Уровень взрывозащиты цепи подсоединения датчика	Иа

Датчик бесконтактного контроля вращения БКВ предназначен для выработки сигнала, используемого для контроля скорости ленты ленточного конвейера в устройствах УКПС и УКС. Датчик предназначен для работы на поверхности и в шахтах, опасных по газу или пыли, в условиях умеренного и холодного климата.

Основные технические характеристики датчика БКВ приведены в таблице 3.

Таблица 3 Основные технические характеристики датчика БКВ

Наименование параметра	Значение параметра
Амплитуда напряжения, вырабатываемого датчиком при частоте 15 Гц и нагрузке 1 кОм, В, не менее	2
Масса, кг, не более	10
Наработка на отказ, ч, не менее	10000
Срок службы, лет, не менее	5

3.5.2 Контроль схода и обрыва ленты

Для контроля схода ленты в шахтах на территории России обычно используют датчик контроля схода ленты КСЛ-2 Днепропетровского завода шахтной автоматики. Датчик КСЛ-2 предназначен для контроля аварийного схода в сторону конвейерной ленты и выдачи сигнала (путем замыкания или размыкания своего контакта) в систему дистанционного или автоматизированного управления. Датчик может применяться на всех ленточных конвейерах, работающих в шахтах, опасных по газу или пыли, а также на поверхности шахт в закрытых помещениях. [20]

Датчик состоит из корпуса, гибкого привода и исполнительного устройства. Принцип работы датчика основан на преобразовании механического перемещения свободного конца гибкого привода в выходной сигнал с помощью магнитоуправляемого контакта, коммутирующего электрическую цепь внешнего источника. Количество контактов - один, перестраиваемый на замыкание или размыкание.

3.5.3 Контроль экстренного останова

Для контроля экстренного останова конвейера и как следствие, всей технологической цепочки, используется выключатель кабель тросовый КТВ-2М Новомосковского завода шахтной автоматики. За долгие годы эксплуатации выключатель КТВ-2М зарекомендовал себя как надежное устройство, способное длительно выполнять возложенные на него функции. Выключатель кабель - тросовый КТВ-2М предназначен для экстренного прекращения пуска и экстренной остановки конвейерных приводов грузоподъемных и транспортных канатных дорог из любого места технологической линии в шахтах, в том числе опасных по газу и пыли.

Выключатели кабель - тросовые КТВ-2М могут быть включены в схемы аппаратуры автоматического управления конвейерами в соответствии с

паспортами этой аппаратуры. Выключатель работает в режиме дистанционного управления без фиксации и с фиксацией отключенного положения, и местного управления с фиксацией отключенного положения. [21]

Основные технические характеристики выключателя КТВ-2М приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Основные технические характеристики выключателя КТВ-2М

Наименование параметра	Значение параметра
Количество разрываемых цепей	1
Коммутируемое напряжение, В	30
Максимальная коммутируемая мощность, В·А	6
Ход штока выключателя, мм	15

3.5.4 Контроль заштыбовки

Для контроля места перегрузки угля от его завала применяется датчик Turck BC20, установленный в разгрузочный желоб места перегрузки.

3.5.5 Сигнализатор звуковой СЗВ

Для предупредительной сигнализации запуска ленточного конвейера в работу используется сигнализатор звуковой взрывобезопасный СЗВ. Сигнализатор СЗВ предназначен для подачи звуковых сигналов в устройствах автоматизации конвейерных линий. Сигнализатор рассчитан для работы в рудниках и шахтах, в том числе опасных по газу или пыли.

Основные технические характеристики сигнализатора СЗВ приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Основные технические характеристики сигнализатора СЗВ

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение питания, В	36
Потребляемая мощность, В·А, не более	10
Уровень звукового давления, дБ, не менее	96
Режим работы	Повторно - кратковременный

3.5.6 Выбор преобразователя частоты

Преобразователи частоты (ПЧ) для электроприводов преобразуют переменное напряжение питающей сети в переменное трехфазное напряжение с регулируемой частотой, напряжением и током. В настоящее время ПЧ в большинстве случаев выполняется на базе полностью управляемых силовых полупроводниковых ключей: силовых транзисторов, запираемых тиристоров, которые можно как открыть, так и закрыть сигналами, подаваемыми на их управляющие входы.

На рисунке 10 представлена функциональная схема электропривода переменного тока с асинхронным двигателем (АД). Напряжение питающей сети поступает на преобразователь частоты (ПЧ), и далее - подаётся на статорные обмотки АД. Микропроцессорная система управления формирует на выходе ПЧ трёхфазное напряжение требуемой частоты и амплитуды, в зависимости от применяемого закона управления АД.

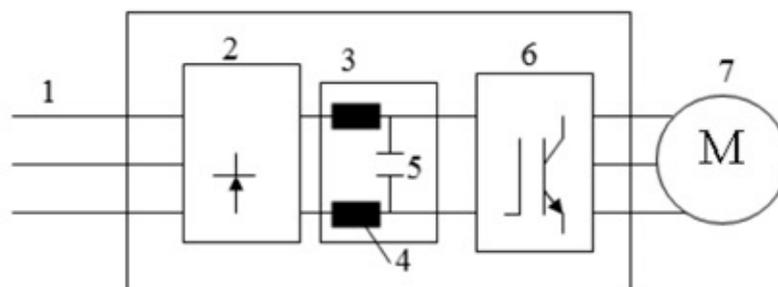


Рисунок 10 - Функциональная схема электропривода по системе преобразователь частоты - асинхронный двигатель [11]

На функциональной схеме приведены следующие обозначения: 1 трехфазное напряжение питания; 2 мостовой выпрямитель; 3 промежуточная цепь; 4 катушка промежуточной цепи (выравнивают напряжение промежуточной цепи и уменьшают обратную связь по синусоидальному току к питанию сети от сети переменного тока); 5 конденсатор промежуточной цепи (выравнивает напряжение промежуточной цепи); 6 инвертор (преобразует постоянный ток в регулируемый переменный ток с переменной частотой); 7 электродвигатель.

Функции управления ПЧ выполняет микроконтроллер, по своим параметрам и архитектуре идентичный с 8xC196МН. Функциональная схема микропроцессорной системы управления показана на рисунке 11.

Система управления преобразователем обеспечивает следующие функции:

- прямое цифровое управление, всеми элементами преобразователя, включая управление силовыми ключами инвертора в режиме ШИМ-модуляции на несущей частоте до 15 кГц;
- сопряжение с внутренними и внешними датчиками аналоговых сигналов в любом удобном для пользователя стандарте (0... 10 В, ± 10 В, 4...20 мА, внешний резистор 2 кОм);
- сопряжение с внешней коммутационной аппаратурой рабочих станций и станций группового управления двигателями, с дискретными датчиками технологических переменных через порты ввода/вывода дискретных сигналов, в том числе гальванически развязанные;

- оперативное наблюдение за параметрами привода и технологическими переменными с помощью встроенного пульта управления с отображением текстовой информации на дисплее;
- оперативное управление преобразователем со встроенного пульта, от кнопочной станции, от внешнего контроллера через один из портов дискретных входов или по последовательному каналу линии RS-485.
- просмотр и модификация текущей установленной конфигурации системы управления, а также параметров привода и технологического процесса с пульта управления, с портативного компьютера по интерфейсу RS-232 в реальном времени, с удалённого компьютера или контроллера по интерфейсу RS-485 в реальном времени;
- автоматическое сохранение текущей конфигурации системы управления и заданных параметров в энергонезависимой памяти, возможность быстрого восстановления заводских уставок;
- мониторинг питания, возможность самозапуска привода после восстановления напряжения питания;
- мониторинг всех аварийных ситуаций в приводе с записью кода идентифицированных аварий, а также даты и времени аварии в энергонезависимую память, просмотр листинга аварийных ситуаций с пульта управления или с компьютера по последовательному каналу связи.

Выходы модуляторов ШИМ микропроцессорной системы через микросхемы драйверов IGBT подключаются к силовым ключам инвертора. Драйверы выполняют функции согласования между транзисторами IGBT и управляющими цепями микропроцессорной системы. Кроме того, данные устройства реализуют защитные функции, снимая управляющие импульсы с силовых ключей при пропадании питающего напряжения и перегрузках по току.

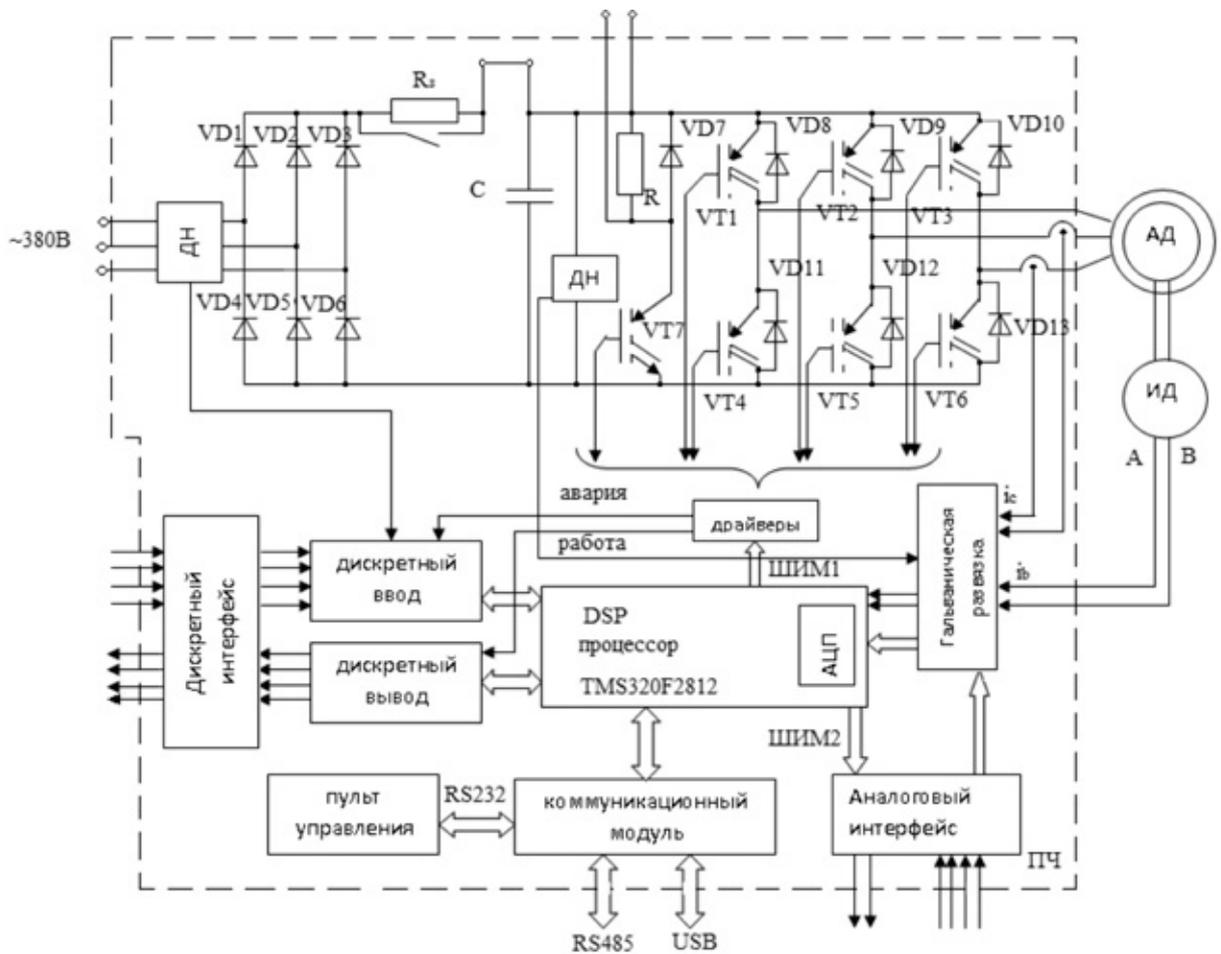


Рисунок 11- Функциональная схема преобразователя частоты

Однако сохранились ПЧ на полупроводниковых ключевых элементах, которые открываются по цепи управления, а закрываются либо в моменты окончания протекания в них силового тока, либо путем подачи в силовую цепь отрицательного импульса тока от узлов коммутации.

Для двигателя ВАО2 - 280S4 выбран преобразователь частоты ACS800-02-0210-3 фирмы «ABB» со следующими паспортными данными приведенными в таблице 6.

Таблица 6 - Паспортные данные преобразователя частоты ACS800-02-0210-3

Номинальные характеристики		Работа без перегрузки	Работа с небольшой перегрузкой		Работа в тяжелом режиме		Уровень шума	Рассеиваемая мощность
$I_{cont.max}$, А	I_{max} , А	$P_{cont.max}$, кВт	I_n , А	P_n , кВт	I_{hd} , А	P_{hd} , кВт	дБА	Вт
$U_n=400V$ (диапазон 380-415V) Значения номинальной мощности действительны при номинальном напряжении 400В.								
289	432	160	284	160	240*	132	71	4300

Примечание: * - Если $T_{amb} < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, то допускается перегрузка, равная 50 %. Если $T_{amb} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, то максимально допустимая перегрузка составляет 37 %.

3.6 Расчет и построение по каталожным данным электродвигателя электромеханических и механических характеристик

3.6.1 Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя

Для расчета электромеханических и механических характеристик асинхронного двигателя воспользуемся его математической моделью, которая в общем случае представляется различными схемами замещения. Наиболее простой и удобной для инженерных расчетов асинхронного двигателя является Т-образная схема замещения, представленная на рисунке 12. [9]

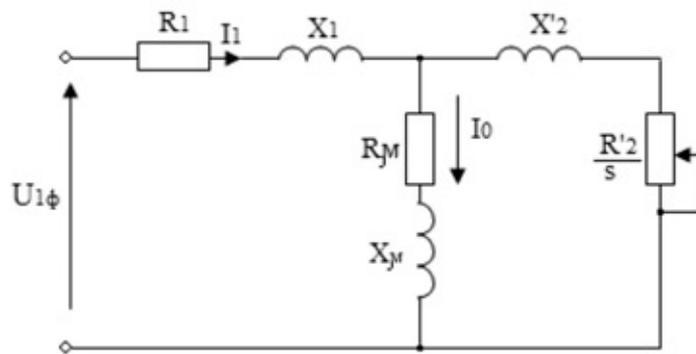


Рисунок 12 - Схема замещения асинхронного двигателя

Основные уравнения асинхронного двигателя, соответствующие принятой схеме замещения:

$$U_{1\phi} - E_1 - j \cdot X_1 \cdot I_1 = 0;$$

$$E_1 + j \cdot X_2 \cdot I_2 + R_2 \cdot I_2 / s = 0;$$

$$I_1 + I_2 - I_0 = 0.$$

Определим параметры Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя по его каталожным данным:

$P_n = 132$ кВт. - номинальная мощность двигателя;

$U_n = 220$ В, - номинальное фазное напряжение;

$n_n = 1500$ об/мин - номинальная частота вращения; н

$s_n = 0,2\%$ - номинальное скольжение;

$\eta_n = 93,9\%$ - коэффициент полезного действия в режиме номинальной мощности (100%-я нагрузка);

$\cos\varphi_n = 0,88$ - коэффициент мощности в режиме номинальной мощности;

$$k_i = \frac{I_n}{I_H} = 6,5 \text{ o.e.} \quad \text{- кратность пускового тока;}$$

$$k_n = \frac{M_n}{M_H} = 2 \text{ o.e.} \quad \text{- кратность пускового момента;}$$

$$k_{\max} = \frac{M_K}{M_H} = 2,6 \text{ o.e.} \quad \text{- кратность максимального момента;}$$

$$k_{\min} = \frac{M_{\min}}{M_H} = 10.e. \quad - \text{кратность минимального момента.}$$

Эти данные позволяют определить параметры схемы замещения при следующих основных допущениях:

- магнитные и механические потери в двигателе составляют $0,02P_H$;
- активные сопротивления статорной и роторной обмоток полагаются независимыми от режима работы двигателя, т.е. эффекты вытеснения не учитываются.

Ток холостого хода асинхронного двигателя можно найти из выражения:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left[\frac{p_* \cdot I_{1H} (1 - s_H)}{1 - p_* s_H} \right]^2}{1 - \left[\frac{p_* (1 - s_H)}{1 - p_* s_H} \right]^2}}$$

$$I_0 = \sqrt{\frac{183.361^2 - \left[\frac{0.75 \cdot 242.037 \cdot (1 - 0.02)}{1 - 0.75 \cdot 0.02} \right]^2}{1 - \left[\frac{0.75 \cdot (1 - 0.02)}{1 - 0.75 \cdot 0.02} \right]^2}} = 47.566A$$

где I_{1H} - номинальный ток статора двигателя;

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{132000}{3 \cdot 220 \cdot 0.88 \cdot 0.939} = 242.037A$$

I_{11} - ток статора двигателя при частичной нагрузке;

$$I_{11} = \frac{p_* \cdot P_H}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_{p_*} \cdot \eta_{p_*}} = \frac{0.75 \cdot 132000}{3 \cdot 220 \cdot 0.88 \cdot 0.939} = 183.361A$$

$\cos \varphi_{p_*}$ - коэффициент мощности при частичной нагрузке;

η_{p_*} - КПД при частичной нагрузке;

$p_* = P/P_H$ - коэффициент загрузки двигателя.

Коэффициент мощности и КПД при частичной нагрузке в технической литературе приводятся редко, а для целого ряда серий электрических машин такие данные в справочной литературе отсутствуют. Эти параметры можно определить, руководствуясь следующими соображениями:

- современные асинхронные двигатели проектируются таким образом, что наибольший КПД достигается при нагрузке на 10-15% меньшей номинальной.

Двигатели рассчитываются так потому, что большинство из них в силу стандартной дискретной шкалы мощностей работают с некоторой недогрузкой. Поэтому КПД при номинальной нагрузке и нагрузке $p^* = 0,75$ равны между собой, т.е. $\eta_n = \eta_{0,75} = 93,8\%$;

- коэффициент мощности при той же нагрузке $p^* = 0,75$ значительно отличается от коэффициента мощности при номинальной нагрузке, причем это отличие в значительной степени зависит от мощности двигателя и для известных серий асинхронных двигателей с достаточной для практики точностью подчиняется зависимости, приведенной на рисунке 13.

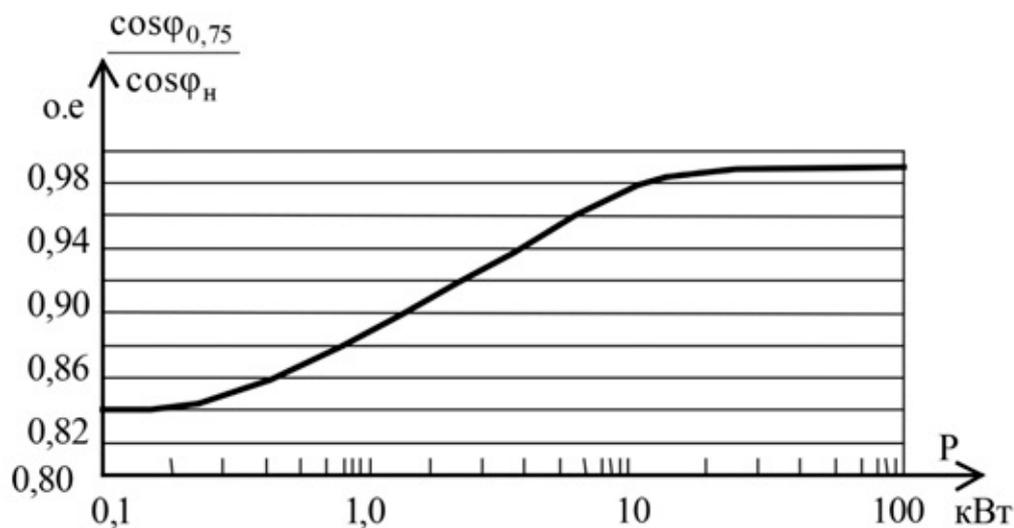


Рисунок 13 - Зависимость $\cos\varphi_{0,75}/\cos\varphi_n$ от мощности асинхронного двигателя

Согласно зависимости, приведенной на рисунке 20, для мощности двигателя $P = 132000$ Вт отношение $\cos\varphi_{0,75}/\cos\varphi_n = 0,98$, следовательно, коэффициент мощности при частичной нагрузке составит $\cos\varphi_{p^*} = 0,98 \cdot \cos\varphi_n = 0,861$.

Из формулы Клосса определим соотношение для расчета критического скольжения:

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

$$= 0,027 \cdot \frac{2,6 + \sqrt{2,6^2 - [1 - 2 \cdot 0,02 \cdot 1 \cdot (2,6 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0,02 \cdot 1 \cdot (2,6 - 1)} = 0,107$$

$$\text{где } c_1 = 1 + \left(\frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{IH}} \right) = 1 + \left(\frac{45.764}{2 \cdot 6 \cdot 242.037} \right) = 1.015.$$

Значение коэффициента β находится в диапазоне 0,6 - 2,5, поэтому в первом приближении принимаем $\beta=1$. Определим коэффициент A_1

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{i\phi}^2 (1 - s_n)}{(2 \cdot c_1 \cdot k_{\max} \cdot P_H)} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0.02)}{(2 \cdot 1.015 \cdot 2.6 \cdot 132000)} = 0.204.$$

Тогда активное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя

$$R_2' = \frac{A_1}{(\beta + 1/s_k)} c_1 = 0.204 / (1 + 1/0.107) \cdot 1.015 = 0.019 \text{ Ом}.$$

Активное сопротивление статорной обмотки можно определить по следующему выражению

$$R_1 = c_1 \cdot R_2' \cdot \beta = 1.015 \cdot 0.019 \cdot 1 = 0.02 \text{ Ом}.$$

Определим параметр γ , который позволяет найти индуктивное сопротивление короткого замыкания X_{KH} :

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{s_k^2} \right) - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0.107^2} \right) - 1} = 9.281,$$

$$\text{тогда } X_{KH} = \gamma \cdot c_1 \cdot R_2' = 9.281 \cdot 1.015 \cdot 0.02 = 0.183 \text{ Ом}.$$

Для того, чтобы выделить из индуктивного сопротивления X_{KH} сопротивления рассеяния фаз статора и ротора, воспользуемся соотношениями, которые справедливы для серийных асинхронных двигателей.

Индуктивное сопротивление рассеяния роторной обмотки, приведенное к статорной, рассчитаем по следующему выражению

$$X_{KH}' = 0.58 \cdot X_{KH} / c_1 = 0.58 \cdot 0.183 / 1.015 = 0.105 \text{ Ом}.$$

Индуктивное сопротивление статорной обмотки определим по следующему выражению

$$X_{IH} = 0.42 \cdot X_{KH} = 0.42 \cdot 0.183 = 0.077 \text{ Ом}.$$

По найденным значениям $C_1 R_2'$, R_1 и X_K определим критическое скольжение

$$S_K = \frac{c_1 \cdot R_2'}{\pm \sqrt{R_1^2 + X_{KH}^2}} = \frac{1.015 \cdot 0.019}{\pm \sqrt{0.02^2 + 0.183^2}} = \pm 0.107.$$

Данное значение критического скольжения совпадает со значением, посчитанным ранее с абсолютной погрешностью меньше 0,01.

Согласно векторной диаграмме (рисунок 3) э.д.с. ветви намагничивания наведенная потоком воздушного зазора в обмотке статора в номинальном режиме, равна

$$E_1 = \sqrt{(U_{1j} \cdot \cos \varphi_{1H} - R_1 \cdot I_{1H})^2 + (U_{1j} \cdot \sin \varphi_{1H} + X_1 \cdot I_{1H})^2} = \\ = \sqrt{(220 \cdot 0,88 - 0,02 \cdot 242,037)^2 + (220 \cdot \sin(\arccos(0,88)) + 0,077 \cdot 242,037)^2} = 207,418B,$$

тогда индуктивное сопротивление намагничивания

$$X_{\mu H} = E_1 / I_0 = 207,418 / 47,566 = 4,361 \text{ Ом}.$$

Используя параметры схемы замещения можно произвести расчет механических и электромеханических характеристик.

3.6.2 Расчет и построение электромеханических характеристик

Электромеханическая характеристика, определяющая зависимость приведенного тока ротора от скольжения s

$$I_2' = \frac{U_{1j}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(\frac{R_1 R_2'}{s X_{\mu H} f_{1*}}\right)^2}} = \\ = \frac{220}{\pm \sqrt{\left(0,002 + \frac{0,019}{s}\right)^2 + 0,183^2 \cdot 1 + \left(\frac{0,02 \cdot 0,019}{s \cdot 4,361 \cdot 1}\right)^2}}$$

где $U_{1j}=220B$ - фазное напряжение обмоток статора асинхронного двигателя;

$f_{1*}=f_{1j}/f_{1H}=1$ - относительное значение частоты питающего напряжения.

Для короткозамкнутого асинхронного двигателя представляет интерес электромеханическая характеристика $I_1 = f(\omega)$, отражающая зависимость тока статора I_1 , от скорости ω (скольжения s). Ток статора I_1 , определяется путем сложения вектора тока намагничивания I_0 и вектора тока ротора I_2 (рисунок 3). Обычно это производится с помощью круговой диаграммы.

Полагая ток намагничивания асинхронного двигателя I_0 реактивным ($I_{0A}=0$), ток статора I_1 через приведенный ток ротора I_2' можно найти по формуле

$$I_1 = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2' \cdot \sin \varphi_2} = \sqrt{47.566^2 + I_2'^2 + 2 \cdot 47.566 \cdot I_2' \cdot 0.673},$$

где
$$\sin \varphi_2 = \frac{x_{KH} \cdot f_1^*}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + x_{KH}^2 \cdot f_1^{*2}}} = \frac{0.218 \cdot 1}{\sqrt{\left(0.02 + \frac{0.019}{s}\right)^2 + 0.182^2}}$$

Вид электромеханических характеристик представлен на рисунке 14.

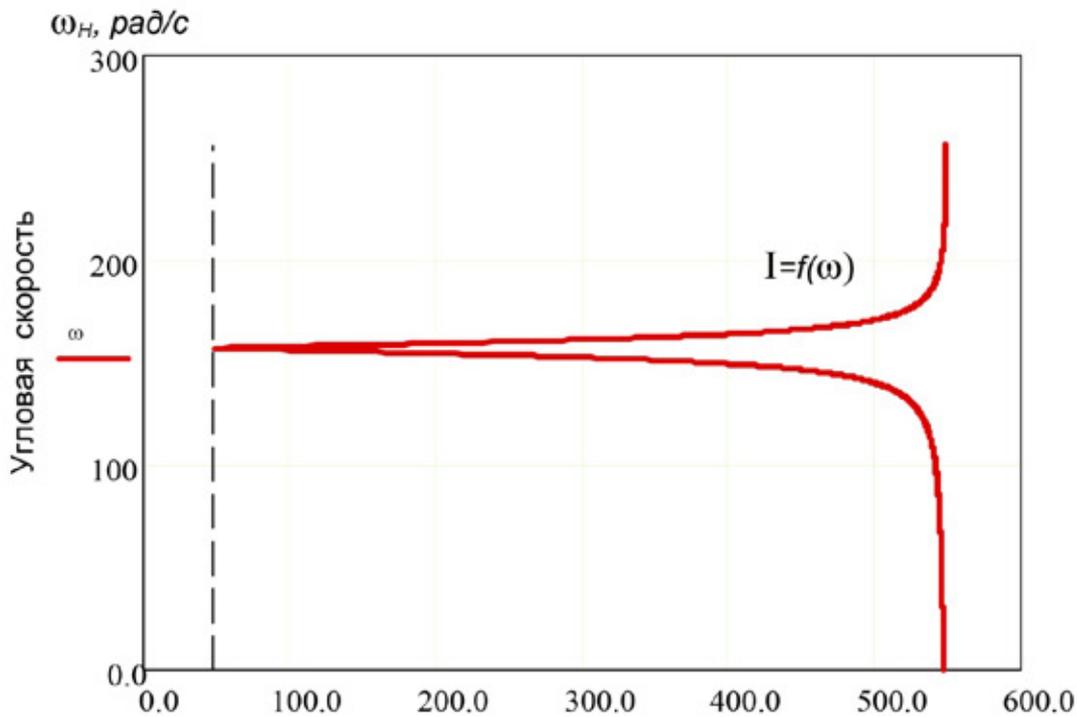


Рисунок 14 – Электромеханическая характеристика $I_1=f(\omega)$ асинхронного двигателя

3.6.3 Расчет построение механической характеристики

Механическая характеристика асинхронного двигателя при переменных значениях величины и частоты напряжения питания определяется следующим выражением

$$M = \frac{3 \cdot U_{1j}^2 \cdot R_2'}{\omega_{0j} \cdot s_j \cdot \left[X_{кн}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_j} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_j \cdot X_{лн} \cdot f_{1*}} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0.014}{104.72 \cdot s_j \cdot \left[0.218^2 + \left(0.014 + \frac{0.014}{s_j} \right)^2 + \left(\frac{0.014 \cdot 0.014}{s_j \cdot 4.518 \cdot 1} \right)^2 \right]}$$

Вид механической характеристики приведен на рисунке 15.

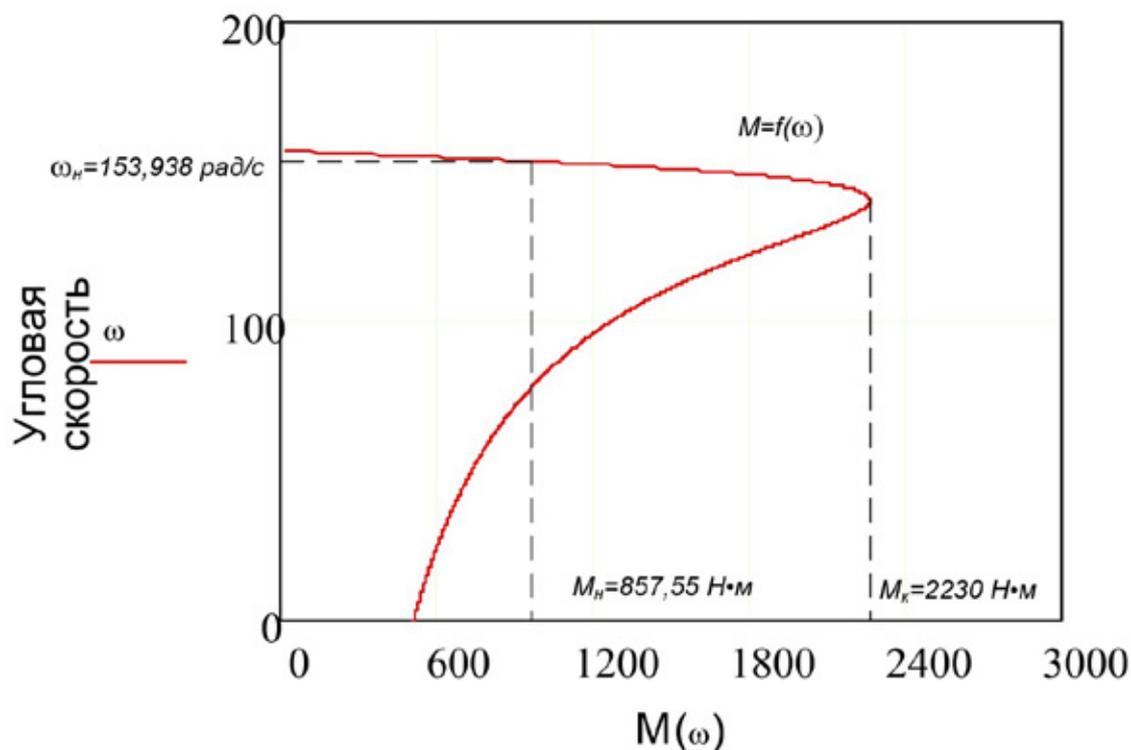


Рисунок 15 – Механическая характеристика $M=f(\omega)$ асинхронного двигателя

Номинальный момент двигателя:

$$M_H = 9.55 \cdot \frac{P_H}{n_0(1-s_H)} = 9.55 \cdot \frac{132000}{1500(1-0.02)} = 857.55 \text{ H} \cdot \text{м.}$$

Проверка двигателя на нагрев не требуется, так как нагрузка двигателя меньше номинальной и режим работы продолжительный.

3.6.4 Расчет и построение искусственных механических и электромеханических характеристик

Рассчитаем и построим механическую и электромеханическую характеристики при питании двигателя от статического преобразователя частоты

при следующих законах управления $\frac{U}{f} = const, \frac{E}{f} = const.$

Синхронная частота вращения

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.1415 \cdot 1500}{30} = 157.075 \text{ рад/с}$$

Закон управления $\frac{U}{f} = const$

При $f=50$ Гц:

Относительная частота $f_{1*} = \frac{f}{f_{1H}} = \frac{50}{50} = 1 \text{Гц.}$

Регулируемая синхронная скорость $\omega_{0j} = \omega_0 \cdot f_{1*} = 157.075 \cdot 1 = 157.075 \text{ рад/с.}$

Регулируемое напряжение $U_{1j} = U_\phi \cdot f_{1*} = 220 \cdot 1 = 220 \text{В.}$

Ток короткого замыкания

$$I'_{2кз} = \frac{U_{1j}}{\sqrt{\left[(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2 \right] \cdot \left(1 + \frac{R_1^2}{X_\mu^2 \cdot f_{1*}^2} \right)}} = 1015 \text{А.}$$

Для частот $f=25; 10; 5$ Гц расчеты аналогичны, результаты сведем в таблицу 7.

Таблица 7

	50	25	10	5
$f_{1*}, \text{Гц}$	1	0,5	0,2	0,1
$\omega_{0j}, \text{рад/с}$	157,08	78,54	31,416	15,708
$U_{1j}, \text{В}$	220	110	44	22
$I_{2\text{кз}}, \text{А}$	1182	1111	824,564	510,644

$$s_j = \frac{\omega_{0j} - \omega}{\omega_{0j}}$$

Относительное скольжение

Уравнение электромеханической характеристики имеет вид:

$$I_2'(\omega) = \frac{U_{1j}}{\sqrt{(X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_j}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_j X_\mu \cdot f_{1*}}\right)^2}}$$

Строим электромеханические характеристики, которые изображены на рисунке 16.

Критический момент

$$M_{\text{кр}} = \frac{3 \cdot U_{1j}^2}{2 \cdot \omega_{0j} \cdot \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2} \cdot \left(1 + \frac{R_1^2}{X_\mu^2 \cdot f_{1*}^2}\right) \right]} = 3021 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Критическое скольжение

$$S_{\text{кр}} = R_2' \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{R_1^2}{X_\mu \cdot f_{1*}}\right)^2 + 1}{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2}} = 0,104$$

При $f=50$ Гц $M_{\text{кр}}=2276$ Н·м $S_{\text{кр}}=0,104$

При $f=25$ Гц $M_{\text{кр}}=2042$ Н·м $S_{\text{кр}}=0,204$

При $f=10$ Гц $M_{\text{кр}}=1502$ Н·м $S_{\text{кр}}=0,457$

При $f=5$ Гц $M_{\text{кр}}=981,912$ Н·м $S_{\text{кр}}=0,703$

Механические характеристики рассчитываются по выражению:

$$M = \frac{3 \cdot U_{1j}^2 \cdot R_2'}{\omega_{0j} \cdot s \cdot \left[X_{кн}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\muл} \cdot f_{1*}} \right)^2 \right]}$$

Строим механические характеристики, которые изображены на рисунке 17.

Закон управления $\frac{E}{f} = const$

Третий класс законов регулирования в ЭП переменного тока получил широкое применение. Однако, при регулировании скорости при помощи данного закона, необходимо повышать фазное напряжение на двигателе на величину, определенную уравнением $U_{1j} = E_{1j} + I_1 \cdot R_1$, то есть на величину падения напряжения R_1 .

Данный способ регулирования получил название частотного регулирования скорости с IR-компенсацией. Сравним механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя при законе

регулирования скорости $\frac{U}{f} = const, \frac{E}{f} = const.$ при полной ($K_M=1$) и при частичной ($K_M=0,5$) IR-компенсациях.

При $f=50$ Гц:

Относительная частота $f_{1*} = \frac{f}{f_{1н}} = \frac{50}{50} = 1 Гц$

Регулируемая синхронная скорость $\omega_{0j} = \omega_0 \cdot f_{1*} = 157.08 \cdot 1 = 157.08 рад/с$

Регулируемая ЭДС $E_{1j} = E_1 \cdot f_{1*} = 207.418 \cdot 1 = 207.418 В$.

$R_{1экв} = R_1 \cdot (1 - K_M)$ – эквивалентное сопротивление обмотки статора

1. $K_M = 0.5$

Ток короткого замыкания

$$I'_{2кз} = \frac{U_{1j}}{\sqrt{\left[(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2 \right] \cdot \left(1 + \frac{R_1^2}{X_{\mu}^2 \cdot f_{1*}^2} \right)}} = 1018 A.$$

Для частот f — 25, 10, 5 Гц расчеты аналогичны, результаты сведем в таблицу 8.

Таблица 8

	50	25	10	5
$f_{1*}, \text{Гц}$	1	0,5	0,2	0,1
$\omega_{0j}, \text{рад/с}$	157,08	78,54	31,416	15,708
$E_{1j}, \text{В}$	207,418	103,709	41,483	20,74
$I_{2кз}, \text{А}$	1194	1152	945,364	642,392

$$s_j = \frac{\omega_{0j} - \omega}{\omega_{0j}}.$$

Относительное скольжение

Уравнение электромеханической характеристики имеет вид:

$$I_2(\omega) = \frac{U_{1j}}{\sqrt{\left(X_1 + X_2' \right)^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_j} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_j X_{\mu} \cdot f_{1*}} \right)^2}}.$$

Строим электромеханические характеристики, которые изображены на рисунке 16.

Критический момент

$$M_{кр} = \frac{3 \cdot U_{1j}^2}{2 \cdot \omega_{0j} \cdot \left[R_1 + \sqrt{\left(R_1^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2 \right) \cdot \left(1 + \frac{R_1^2}{X_{\mu}^2 \cdot f_{1*}^2} \right)} \right]} = 2404 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Критическое скольжение

$$S_{кр} = R_2' \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{R_1^2}{X_{\mu}' \cdot f_{1*}^2}\right)^2 + 1}{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2}} = 0,104.$$

При $f=50$ Гц $M_{кр}=2404$ Н·м $S_{кр}=0,104$

При $f=25$ Гц $M_{кр}=2276$ Н·м $S_{кр}=0,208$

При $f=10$ Гц $M_{кр}=1936$ Н·м $S_{кр}=0,503$

При $f=5$ Гц $M_{кр}=1502$ Н·м $S_{кр}=0,915$

Механические характеристики рассчитываются по выражению:

$$M = \frac{3 \cdot U_{1j}^2 \cdot R_2'}{\omega_{0j} \cdot s \cdot \left[X_{кн}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu H}' \cdot f_{1*}^2} \right)^2 \right]}$$

Строим механические характеристики, которые изображены на рисунке 17.

I.КМ = I

Ток короткого замыкания

$$I_{2кз} = \frac{E_{1j} \cdot f_{1*}}{\sqrt{\left[(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2 \right] \cdot \left(1 + \frac{R_1^2}{X_{\mu}' \cdot f_{1*}^2} \right)}} = 1202 A.$$

Для частот f — 25, 10, 5 Гц расчеты аналогичны, результаты сведем в таблицу 9.

Таблица 9

	50	25	10	5
$f_{1*}, \text{Гц}$	1	0,5	0,2	0,1
$\omega_{0j}, \text{рад/с}$	157,08	78,54	31,416	15,708
$E_{1j}, \text{В}$	207,418	103,709	41,483	20,74
$I_{2кз}, \text{А}$	1202	1183	1072	836,17

$$s_j = \frac{\omega_{0j} - \omega}{\omega_{0j}}$$

Относительное скольжение

Уравнение электромеханической характеристики имеет вид:

$$I_2'(\omega) = \frac{U_{1j}}{\sqrt{(X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_j(\omega)}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_j(\omega) \cdot X_{\mu} \cdot f_{1*}}\right)^2}}$$

Строим электромеханические характеристики, которые изображены на рисунке 16.

Критический момент

$$M_{кр} = \frac{3 \cdot U_{1j}^2}{2 \cdot \omega_{0j} \cdot \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2} \right] \cdot \left(1 + \frac{R_1^2}{X_{\mu}^2 \cdot f_{1*}^2} \right)} = 2539 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Критическое скольжение

$$S_{кр} = R_2' \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{R_1^2}{X_{\mu}^2 \cdot f_{1*}^2}\right)^2 + 1}{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2 \cdot f_{1*}^2}} = 0,104.$$

При $f=50$ Гц $M_{кр}=2539$ Н·м $S_{кр}=0,104$

При $f=25$ Гц $M_{кр}=2539$ Н·м $S_{кр}=0,209$

При $f=10$ Гц $M_{кр}=2539$ Н·м $S_{кр}=0,522$

При $f=5$ Гц $M_{кр}=2539$ Н·м $S_{кр}=1,044$

Механические характеристики рассчитываются по выражению:

$$M = \frac{3 \cdot U_{1j}^2 \cdot R_2'}{\omega_{0j} \cdot s \cdot \left[X_{кн}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu} \cdot f_{1*}}\right)^2 \right]}$$

Строим механические характеристики, которые изображены на рисунке 17

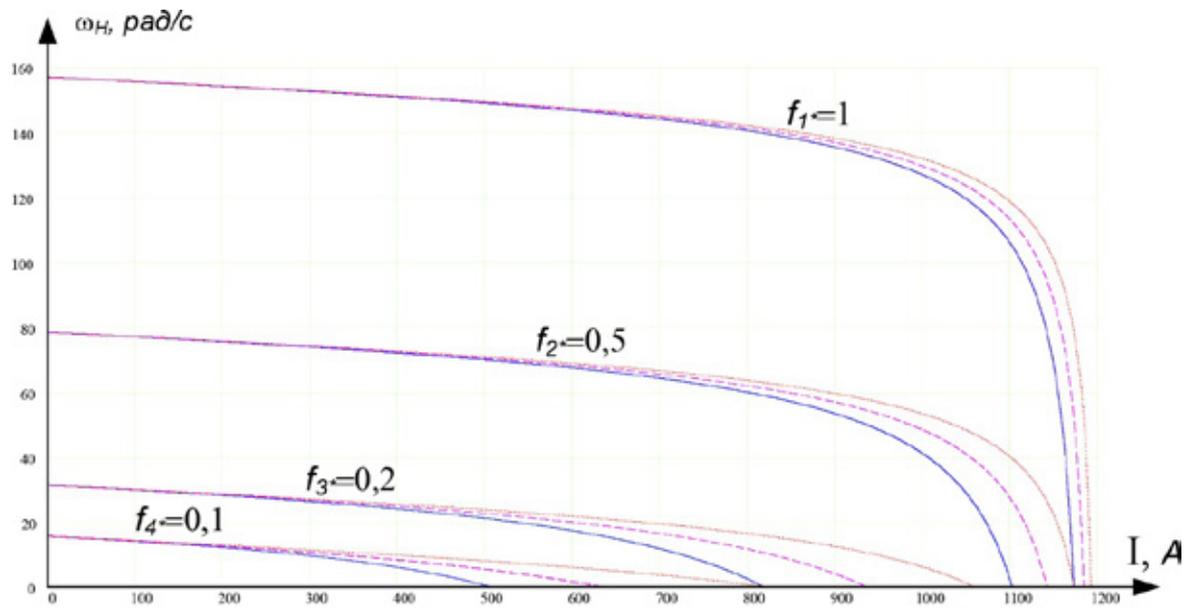


Рисунок 16 - Электромеханические характеристики асинхронного двигателя:

- при законе управления $\frac{U}{f} = \text{const}$
- - - при законе управления $\frac{E}{f} = \text{const}$ и при $K_M = 0.5$
- при законе управления $\frac{E}{f} = \text{const}$ и при $K_M = 1$.

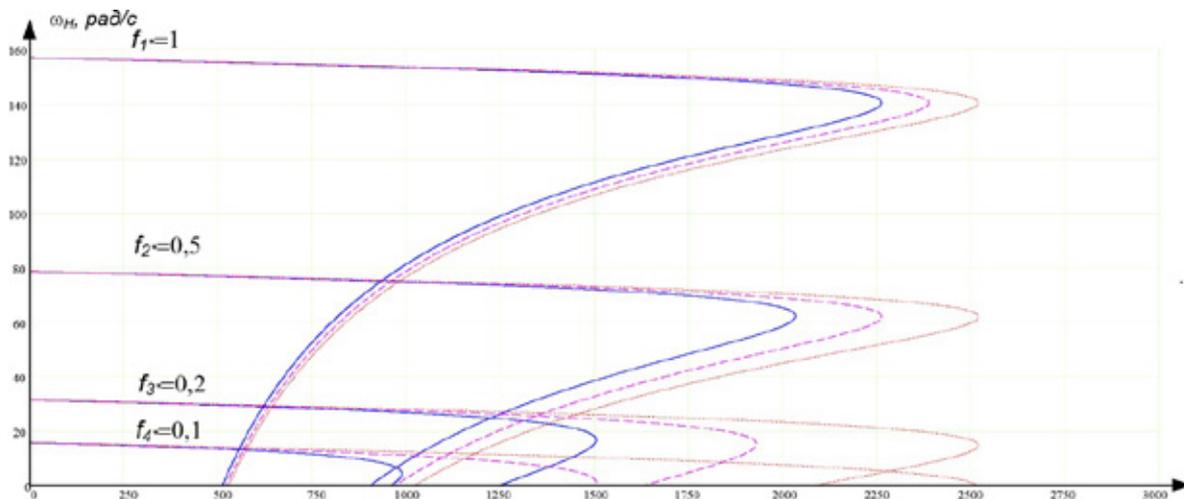


Рисунок 17 -Механические характеристики асинхронного двигателя.

- при законе управления $\frac{U}{f} = const$
- - - при законе управления $\frac{E}{f} = const$ и при $K_M = 0.5$
- при законе управления $\frac{E}{f} = const$ и при $K_M = 1$.

При законе регулирования частоты $\frac{U}{f} = const$ критический момент уменьшается с уменьшением частоты, так как учитывается влияние активного сопротивления статора R_1 , что приводит к снижению потока Φ_1 , а соответственно к уменьшению критического момента. При снижении частоты, критическое скольжение увеличивается (критическое скольжение обратно пропорционально частоте питающей сети). В электромеханических характеристиках также влияние сопротивления статора R_1 приводит к тому, что при низких частотах ток короткого замыкания I_2 уменьшается.

При законе управления $\frac{E}{f} = const$, при неполной IR-компенсации, механические и электромеханические характеристики ведут себя точно также, как и при законе регулирования U/f , однако из-за меньшего

влияния активного сопротивления характеристики более приемлемы для устойчивой работы на заданных скоростях.

Естественно, что наиболее лучшие характеристики можно получить при

законе регулирования $\frac{E}{f} = const$, при $K_M = 1$.

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

4.1 Математическая модель асинхронного двигателя

Математическая модель асинхронного электродвигателя с одной стороны должна быть простой и иметь как можно меньший порядок, а с другой стороны должна для решения задачи управления описывать процессы в реальном двигателе с достаточной для практики точностью. В силу этих двух взаимно противоречивых требований при построении математической модели АД следует принять ряд допущений, позволяющих получить наименьший порядок модели, но не приводящих при этом к значительной потере точности описания процессов в двигателе. Исходя из данных соображений, при получении модели АД были приняты следующие основные допущения:

1. считается, что машина симметричная с идеальными обмотками, обеспечивающими синусоидальное распределение магнитодвижущей силы и магнитного потока вдоль воздушного зазора, который принимается одинаковым по окружности ротора;

2. не учитывается влияние насыщения магнитной цепи, что позволяет принять значения индуктивностей постоянными;

3. не учитываются потери энергии в стали ротора;

4. предполагается, что отсутствуют напряжения и токи нулевой последовательности, т.е. мгновенные значения напряжений и токов фаз:

$$u_A + u_B + u_C = 0; \quad i_A + i_B + i_C = 0.$$

При этом не накладывается никаких ограничений на их гармонический состав.

5.отсутствует влияние на процессы в двигателе температурных и климатических изменений окружающей среды, а также ряда вредных технологических факторов (эксцентricность статора и ротора, конусность ротора, эллиптичность зазора и пр.).

При моделировании динамических процессов трехфазный асинхронный двигатель чаще всего сводят к двухфазной машине, у которой две обмотки a и b сдвинуты в пространстве на 90 градусов и совмещены с координатными осями a, jb (рисунок 24). Установлено, что при питании обмоток статора двухфазного асинхронного двигателя синусоидальными напряжениями, сдвинутыми на 90 эл. градусов, удастся обеспечить в зазоре электрической машины круговое вращающееся электромагнитное поле.

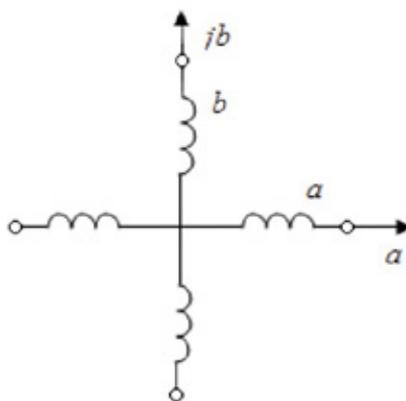


Рисунок 18 – Обмотки двухфазной электрической машины переменного тока

Уравнение динамической механической характеристики короткозамкнутого двухфазного асинхронного двигателя, получающего питание от сети или индивидуального преобразователя, обладающего свойствами источника напряжения, можно получить из совместного решения следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_{1a}}{dt} &= U_{1a} - \frac{R_1}{X_1 \cdot \sigma} \left(\psi_{1a} - \frac{X_m}{X_2} \psi_{2a} \right) \\ \frac{d\psi_{1b}}{dt} &= U_{1b} - \frac{R_1}{X_1 \cdot \sigma} \left(\psi_{1b} - \frac{X_m}{X_2} \psi_{2b} \right) \\ \frac{d\psi_{2a}}{dt} &= -\frac{R_2'}{X_2' \cdot \sigma} \left(\psi_{2a} - \frac{X_m}{X_1} \psi_{1a} \right) - \omega \cdot \psi_{2b} \\ \frac{d\psi_{2b}}{dt} &= -\frac{R_2'}{X_2' \cdot \sigma} \left(\psi_{2b} - \frac{X_m}{X_1} \psi_{1b} \right) + \omega \cdot \psi_{2a} \\ M &= \frac{3 \cdot z_p \cdot X_m}{2 \cdot X_1} (\psi_{1b} \cdot i_{2a} - \psi_{1a} \cdot i_{2b}) \end{aligned} \right\}$$

В системе уравнений приняты следующие обозначения:

ψ_{1a} - составляющая вектора потокосцепления обмотки статора, ориентированная вдоль оси a неподвижной системы координат;

ψ_{1b} - составляющая вектора потокосцепления обмотки статора, ориентированная вдоль оси b неподвижной системы координат;

i_{2a} - составляющая вектора тока обмотки ротора, ориентированная вдоль оси a неподвижной системы координат;

i_{2b} - составляющая вектора тока обмотки ротора, ориентированная вдоль оси b неподвижной системы координат;

U_{1a} - составляющая вектора напряжения обмотки статора, ориентированная вдоль оси a неподвижной системы координат;

U_{1b} - составляющая вектора напряжения обмотки статора, ориентированная вдоль оси b неподвижной системы координат;

R_1 - активное сопротивление обмотки статора;

R_2 - активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора;

$X_1 = X_{1\sigma} + X_m$ - эквивалентное индуктивное сопротивление обмотки статора, равное индуктивному сопротивлению рассеяния обмотки статора и индуктивному сопротивлению от главного поля;

$X_2' = X_{2\sigma}' + X_m$ - эквивалентное индуктивное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, равное индуктивному сопротивлению рассеяния обмотки ротора и индуктивному сопротивлению от главного поля;

X_m - индуктивное сопротивление от главного поля (контура намагничивания), создаваемое суммарным действием токов статора;

$$y = 1 - \frac{X_m^2}{X_1 \cdot X_2} \text{ — коэффициент рассеяния;}$$

ω - скорость вращения ротора.

При исследовании асинхронных электроприводов применяют вращающуюся с относительной скоростью ω_{kc} систему координат, с вещественной осью x , и мнимой осью y .

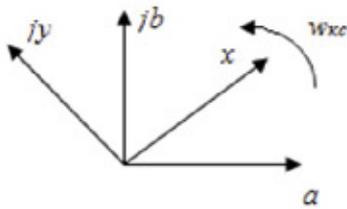


Рисунок 19 - Вращающаяся система координат

Во вращающейся системе координат дифференциальные уравнения, описывающие динамическую модель асинхронного двигателя, имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_{1x}}{dt} &= U_{1x} - \frac{R_1}{X_1 \cdot \sigma} \left(\psi_{1x} - \frac{X_m}{X_2} \psi_{2x} \right) + \omega_{kc} \cdot \psi_{1y} \\ \frac{d\psi_{1y}}{dt} &= U_{1y} - \frac{R_1}{X_1 \cdot \sigma} \left(\psi_{1y} - \frac{X_m}{X_2} \psi_{2y} \right) + \omega_{kc} \cdot \psi_{1x} \\ \frac{d\psi_{2x}}{dt} &= -\frac{R_2'}{X_2' \cdot \sigma} \left(\psi_{2x} - \frac{X_m}{X_1} \psi_{1x} \right) + (\omega_{kc} - \omega) \cdot \psi_{2y} \\ \frac{d\psi_{2y}}{dt} &= -\frac{R_2'}{X_2' \cdot \sigma} \left(\psi_{2y} - \frac{X_m}{X_1} \psi_{1y} \right) - (\omega_{kc} - \omega) \cdot \psi_{2x} \\ M &= \frac{3 \cdot z_p \cdot X_m}{2 \cdot X_1} (\psi_{1y} \cdot i_{2x} - \psi_{1x} \cdot i_{2y}) + (\omega_{kc} - \omega) \cdot \psi_{2y} \end{aligned} \right\}$$

где ω_{kc} -скорость вращения системы координат;

ψ_{1x} — составляющая вектора потокосцепления обмотки статора, ориентированная вдоль оси x вращающейся системы координат;

ψ_{1y} -составляющая вектора потокосцепления обмотки статора, ориентированная вдоль оси y вращающейся системы координат;

ψ_{2x} — составляющая вектора потокосцепления обмотки ротора, ориентированная вдоль оси x вращающейся системы координат;

ψ_{2y} -составляющая вектора потокосцепления обмотки ротора, ориентированная вдоль оси y вращающейся системы координат;

i_{2x} — составляющая вектора тока обмотки ротора, ориентированная вдоль оси x вращающейся системы координат;

i_{2y} -составляющая вектора тока обмотки ротора, ориентированная вдоль оси y вращающейся системы координат;

Подаваемые на вход модели напряжения U_{1x} и U_{1y} представляются постоянными сигналами.

Электромеханические процессы описываются уравнением движения двигателя:

$$M - M_c = J_\Sigma \cdot \frac{d\omega_r}{z_p \cdot dt}$$

где $\frac{\omega_r}{z_p} = \omega_d$ - частота вращения вала двигателя;

J_Σ - суммарный момент инерции привода;

M_c - момент сопротивления.

4.2 Структурная схема двухфазного двигателя

Для решения вопросов проектирования асинхронного электропривода конвейера и последующего его исследования выбрана структурная схема эквивалентного двухфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат. Структурная схема двигателя с короткозамкнутым ротором во вращающейся со скоростью $\omega_{эл1}$ системе координат x, y и реактивной нагрузкой приведена на рисунке 20.

Структурная схема двухфазного электродвигателя во вращающейся системе координат имеет три управляющих воздействия:

– два постоянных по форме напряжения U_{1x} и U_{1y} , численные значения которых равны значениям фазных напряжений электродвигателя и определяются в соответствии с выбранной зависимостью $U_1(f_1)$;

– значение угловой частоты вращения поля статора $\omega_{эл} = 2\pi \cdot f_1$.

Параметры звеньев структурной схемы двигателя

Эквивалентные индуктивности обмоток:

$$- \text{статора } L_{1\sigma} = \frac{X_{1\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_1} = \frac{0.077}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.000245 \text{ Гн};$$

$$- \text{ротора } L_{2\sigma} = \frac{X'_{2\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_1} = \frac{0.105}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.000334 \text{ Гн};$$

Эквивалентная индуктивность обмоток

- статора

$$L_1 = L_{1\sigma} + L_m = 0,014245, \text{ Гн}$$

- ротора

$$L_2 = L_{2\sigma} + L_m = 0,014334, \text{ Гн}$$

$$L_m = \frac{X_m}{2 \cdot \pi \cdot f_1} = \frac{4,361}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.014 \text{ Гн} \quad - \quad \text{индуктивность, обусловленная}$$

магнитным потоком в воздушном зазоре.

Эквивалентное сопротивление

$$R_s = R_1 + R_2' \cdot \frac{L_m^2}{L_2^2} = 0.02 + 0.019 \cdot \frac{0.014^2}{0.014334^2} = 0.0381 \text{ Ом.}$$

Электромагнитные постоянные времени:

$$T_s = \frac{\sigma \cdot L_1}{R_s} = \frac{0.04 \cdot 0.014245}{0.0381} = 0.015 \text{ с};$$

$$\text{где } \sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_2} = 1 - \frac{0.014^2}{0.014245 \cdot 0.014334} = 0.04 \text{ - коэффициент рассеяния;}$$

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2'} = \frac{0.0142334}{0.0246} = 0.246 \text{ с.}$$

Для исследования процессов при частотном регулировании в самом электродвигателе и далее в системе регулируемого электропривода конвейера

используем метод имитационного моделирования и в качестве средства моделирования электромеханических систем примем программу *MATLABR2007b*.

4.3 Имитационная модель асинхронного электродвигателя

Полная схема имитационной модели короткозамкнутого асинхронного двигателя (см. рисунок 21), составленная в соответствии со структурной схемой (см. рисунок 20) во вращающейся системе координат с использованием программной среды *MATLAB*.

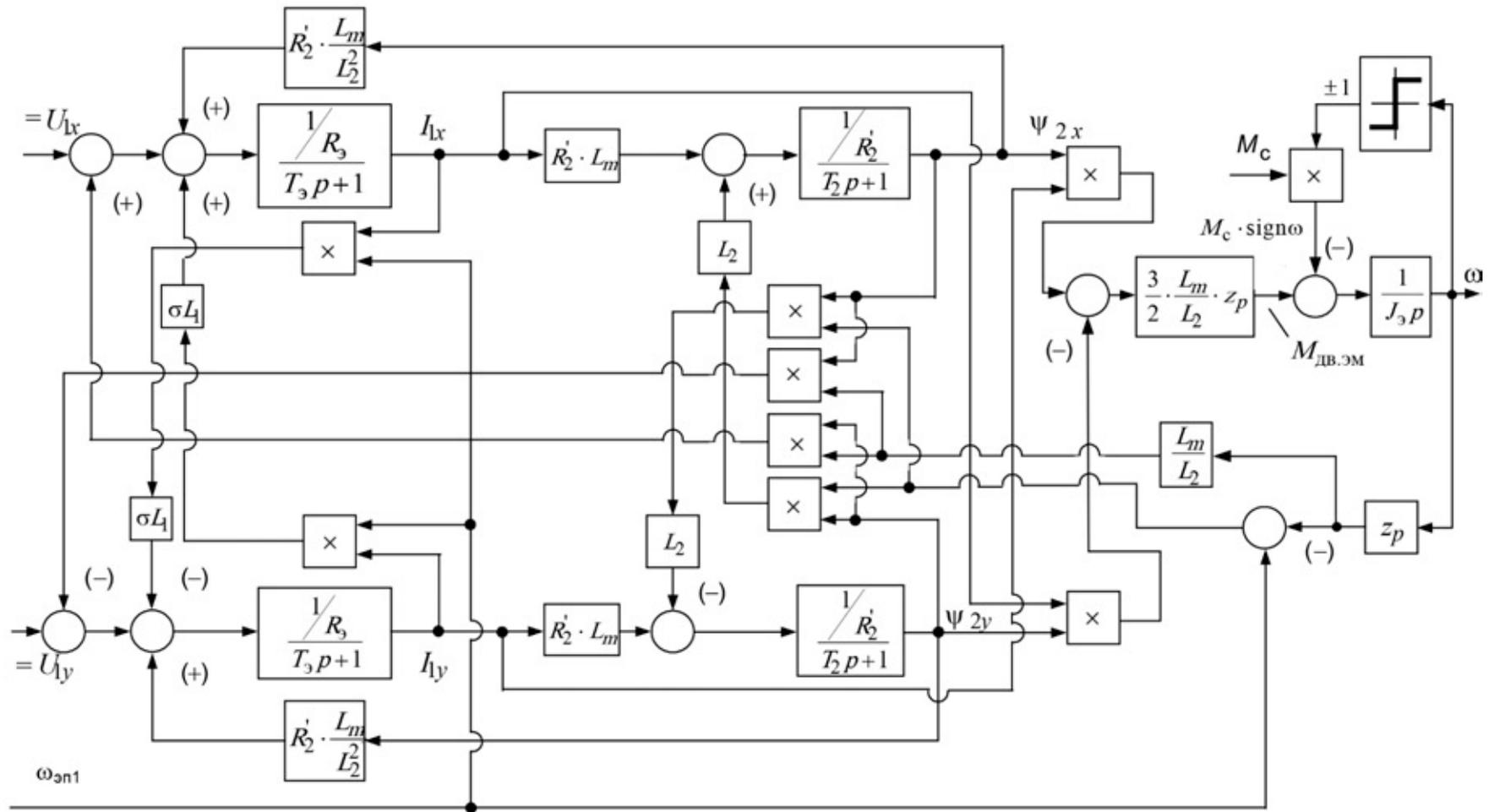


Рисунок 20 – Структурная схема асинхронного двигателя во вращающейся со скоростью $\omega_{эл1}$ произвольно ориентированной системе координат x, y

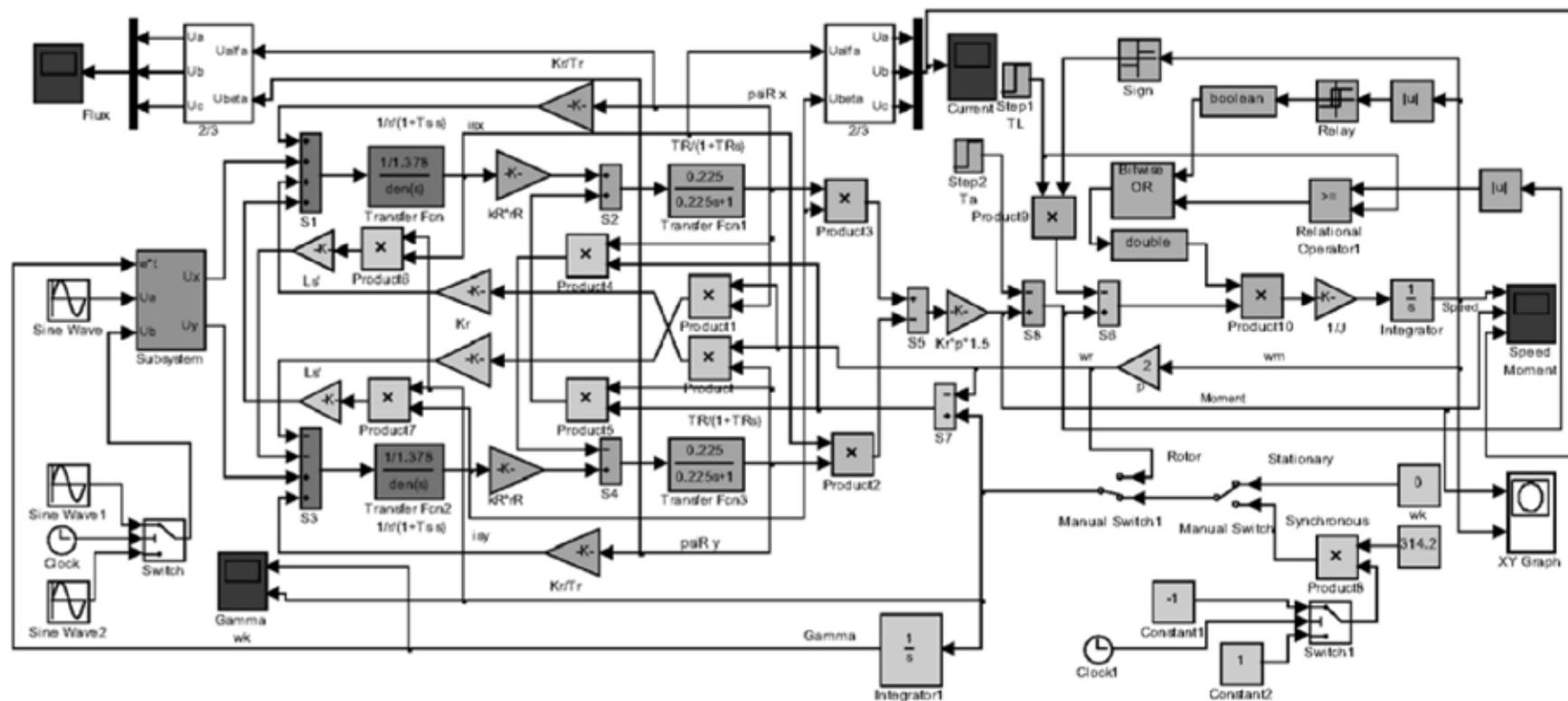


Рисунок 21 – Схема имитационной модели короткозамкнутого асинхронного двигателя в абсолютных единицах во вращающейся системе координат

асинхронного электродвигателя

На рисунках 22 -23 приведены полученные характеристики электродвигателя при прямом подключении к сети с номинальными параметрами $f_{1n} = 50$ Гц, $U_{1n} = 220$ В.

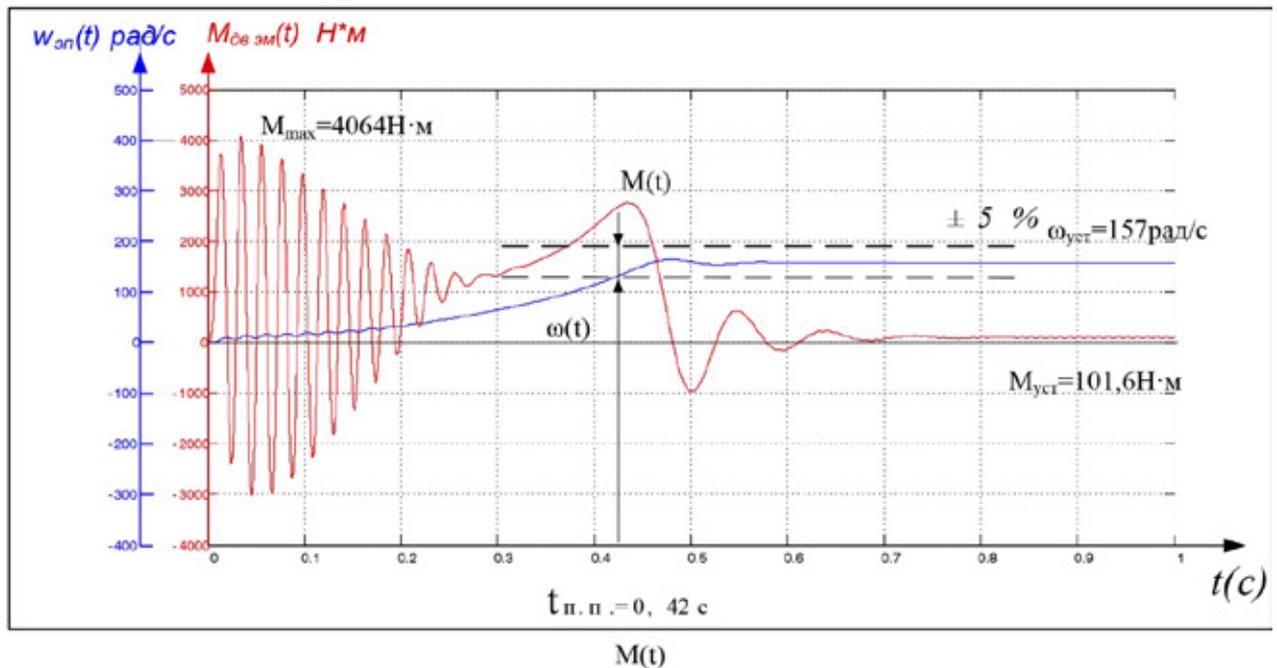


Рисунок 22 - Переходной процесс скорости и электромагнитного момента при пуске двигателя без нагрузки прямым включением в сеть

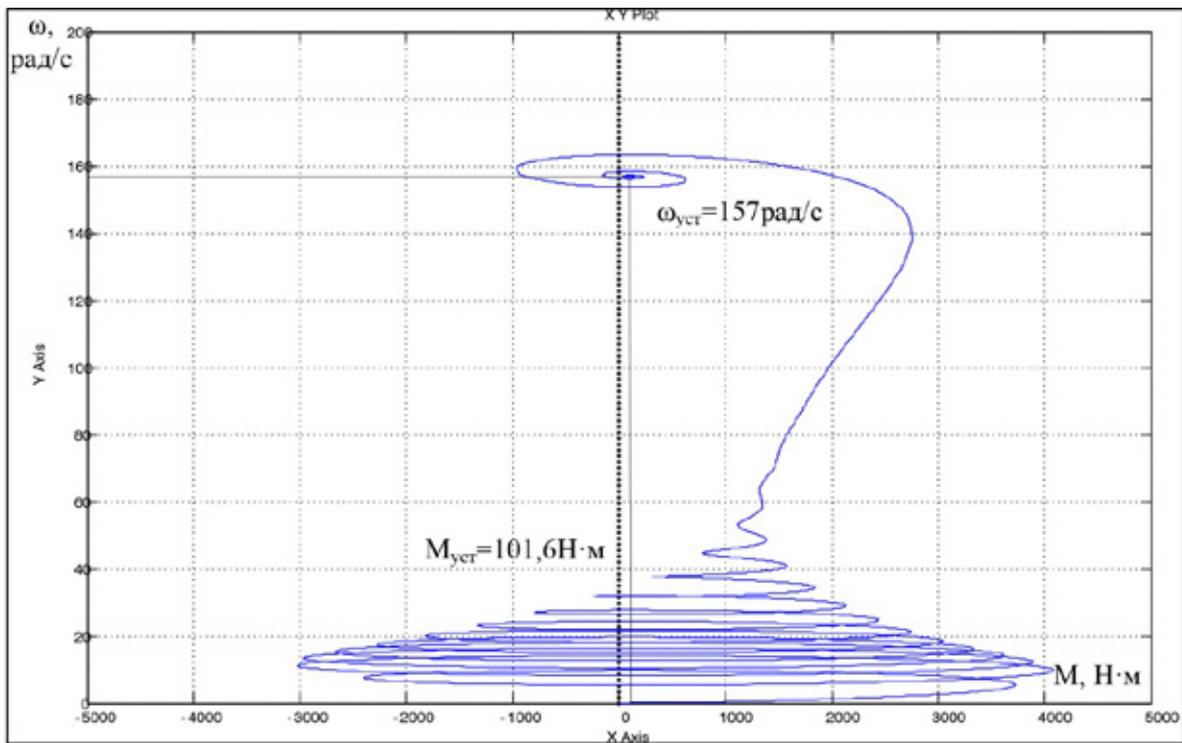


Рисунок 23 - Динамическая механическая характеристика при пуске двигателя без нагрузки прямым включением в сеть

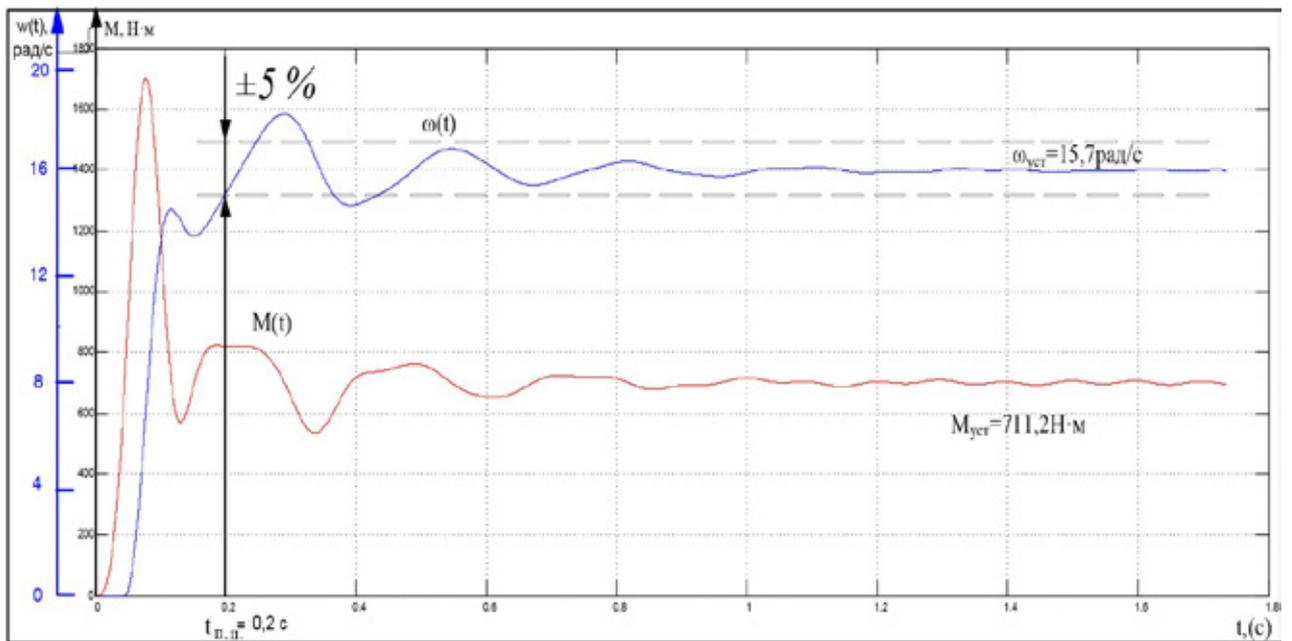


Рисунок 24 - Переходной процесс скорости и электромагнитного момента при $U_3=1$ В и $M_c=0.7$

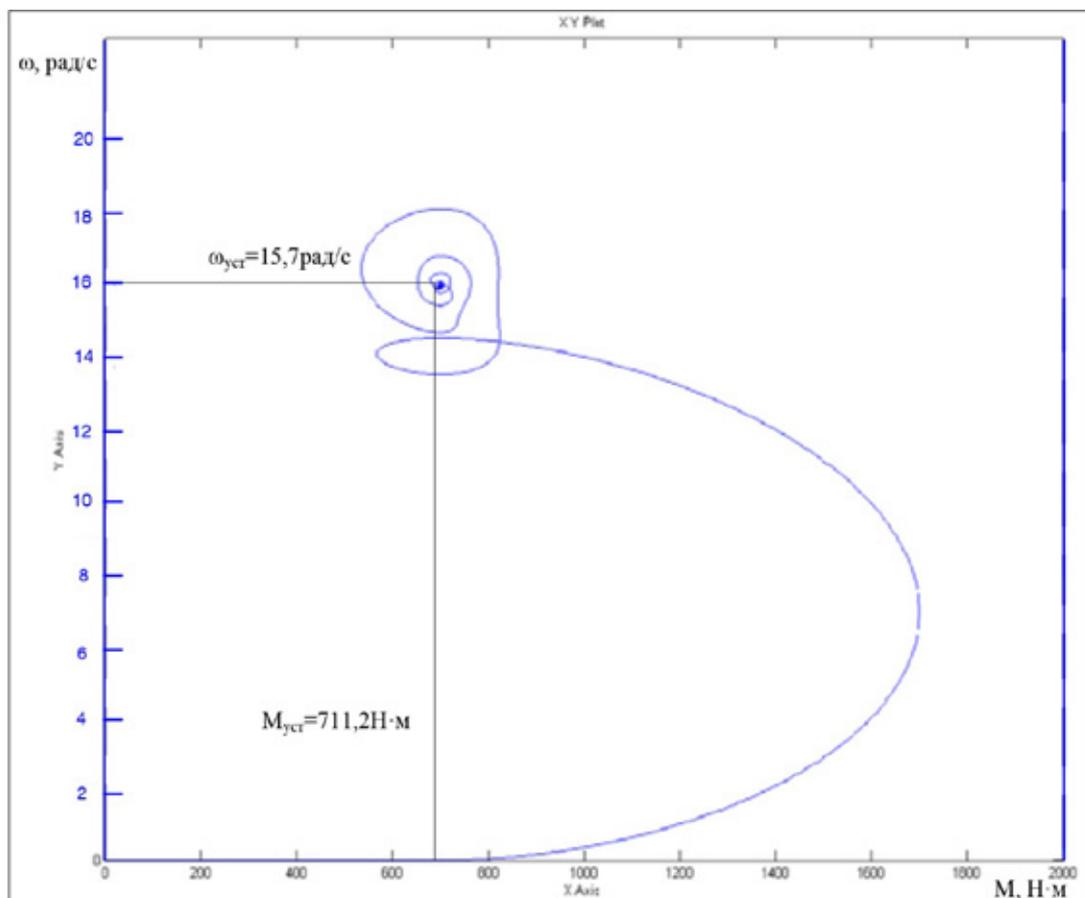


Рисунок 25 - Динамическая механическая характеристика при $U_3=1$ В и $M_c=0.7$

Анализ характеристик переходных процессов, изображенных на рисунках на рисунках 24-25 показывает, что данный привод обеспечивает требуемый диапазон регулирования.

4.3.2 Исследование САУ ЭП с датчиком интенсивности безкомпенсации момента

Из предыдущих исследований видно, что система обладает достаточно большой колебательностью. Чтобы это уменьшить был реализован датчик интенсивности, формирующий S-образную задающую функцию.

Датчик интенсивности устанавливается на входе САУ скорости и предназначен для формирования сигнала задания на скорость. ЗИ ограничивает темп нарастания снижения задания на скорость и тем самым обеспечивает, чтобы ускорение и динамический момент электропривода не превышали допустимых значений.

Путем имитационных экспериментов установлено оптимальное значение времени сглаживания (T_{ve}) и времени разгона (T_{he}), обеспечивающие снижение колебаний момента при пуске до минимально возможной величины.

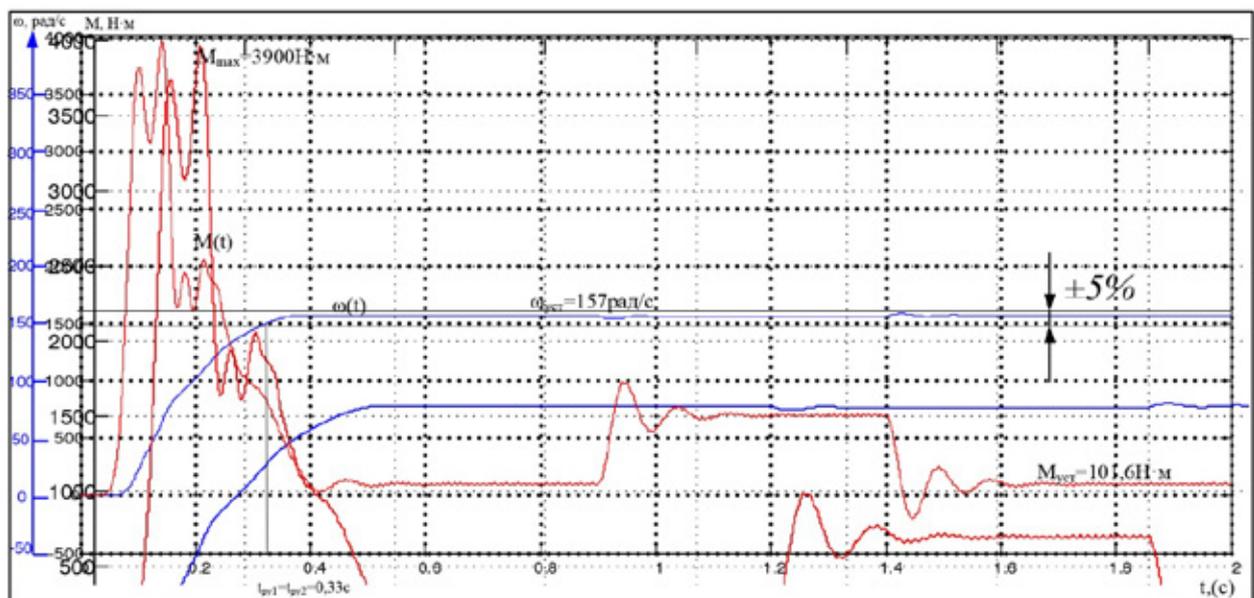


Рисунок 28 - Переходной процесс скорости и момента $T_{ve}=25$; $T_{he}=90$.

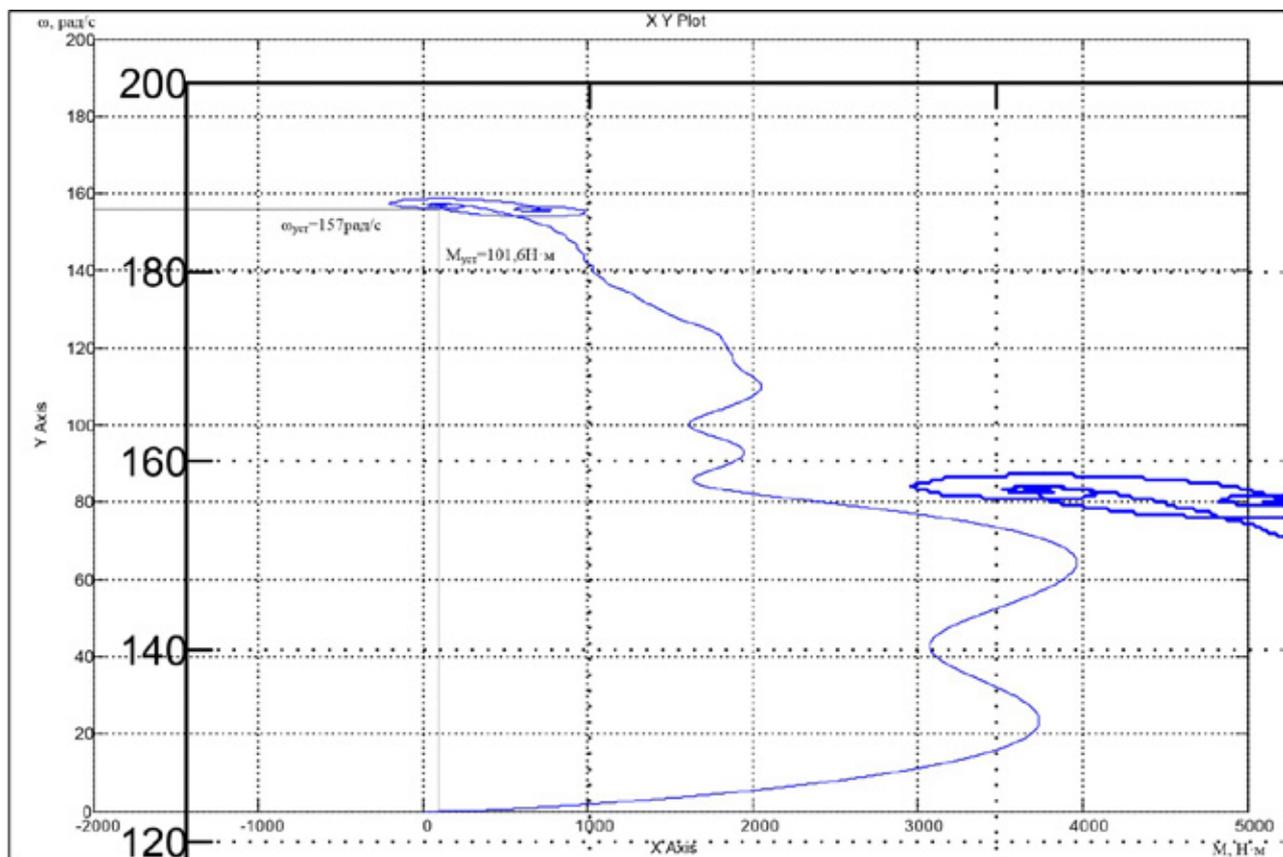


Рисунок 29 - Динамическая механическая характеристика $T_{ve}=25$; $T_{he}=90$.

Проанализировав характеристики 28 и 29 можно сделать вывод, что путем установки задатчика интенсивности и оптимальных значений времени сглаживания (T_{ve}) и времени разгона (T_{he}), можно значительно снизить пульсации момента. Полученные результаты имитационных исследований доказывают, что разработанный частотно-регулируемый электропривод обеспечивает требуемые качественные показатели.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Кобзев Александр Александрович

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- Проект выполняется по заказу ОАО «Распадская», Приблизительная сумма затрат на выполнение проекта составляет 1 миллион рублей, - В реализации проекта задействованы 3 человека: руководитель проекта, инженер – электроник, инженер – программист
<i>2. 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» -Минимальный размер оплаты труда 2017 году составляет 7500 руб.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	-Отчисления во внебюджетные фонды - 30% от ФОТ
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	- Инициализация НТИ и его технико-экономическое обоснование - Потенциальные потребители результатов исследования. - Анализ конкурентных технических решений - Оценка НТУ проекта
<i>2. Планирование и формирование бюджета проектной работы</i>	-Планирование работ по научному исследованию -Расчет общей сметы затрат на НТИ (бюджета проекта), в том числе материальных затрат (затраты на канцелярию и на литературу); затрат на сборочные единицы электропривода, расчет заработную плату исполнителей проекта; расчет пенсионных и страховых расходов; расчет амортизационных отчислений; расчет заработной платы обслуживающего персонала.

	-Расчет издержек на ремонтно-эксплуатационное обслуживание электропривода.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	-Определение ресурсной и экономической эффективности исследования - Оценка организационной эффективности
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
1. График Ганта 2. Бюджет проекта	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры «менеджмент»	Фигурко Аркадий Альбертович	Доцент К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Кобзев Александр Александрович		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Темой дипломного проекта является «регулируемы электропривод ленточного конвейера». Данный раздел посвящен наиболее выгодный вариант электропривода для рассматриваемого объекта автоматизации. В проекте рассматривается частотно-регулируемый асинхронный электропривод. Преимуществом такого вида электропривода по сравнению с другими приводами постоянного тока:

- 1) Низкая стоимость
- 2) Минимальные затраты на обслуживания
- 3) Обеспечение требуемой степени защиты. Асинхронные короткозамкнутые машины имеют широкий ряд исполнений с разными степенями защиты.

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 экономической эффективности исследования.

5.1 Инициализация НТИ и его технико-экономическое обоснование

Современный рынок требует от отечественного производителя коренной реконструкции и модернизации устаревшего технологического оборудования. Совершенствование технологий производства с целью повышения качества продукции, экономии затраченных средств, внедрение новых идей и соответственно появление новых видов продукции с новыми качествами - все это в условиях свободной конкуренции на рынке требует от товаропроизводителя совершенствоваться и внедрять новое технологическое оборудование.

5.1.2. Потенциальные потребители результатов исследования

Потребители модернизированного электропривода является угольная дробильно-обогащительная фабрика шахты Распадская.

- I. вариант: электропривод с двигателем постоянного тока;
- II. вариант: частотно-регулируемый электропривод с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором

Таблица 10. Показатели двигателя постоянного тока и АД с короткозамкнутым ротором.

	Варианты		Примечания: (преимущества недостатки)
	I электропривод с двигателем постоянного тока 4ПБМ112	II частотно- регулируемый электропривод с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором ВАО2- 28ОS4	
1.Общее количество составных частей	4	4	
2.Количество типов элементов	4	4	
3.Количество оригинальных элементов	2	2	

4.Стоимость покупных комплектующих		Стоимость в 2 раза меньше	Простота конструкции
5.Показатели надежности		Надежность, простота обслуживания	Отсутствие щеточного аппарата
6.Питание:			
а) вид	U=380 В	U=380 В	
б) мощность	P=140 кВт	P=132 кВт	
7.Габариты		Меньше в 2 раза	
8.Масса		Легче в 2 раза	

Таблица 11. Использование привода в дробильно-обогажительных фабриках.

Название дробильно-обогажительных фабрик	Использование регулируемого привода асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
Угольная	+
Металлургическая	+
Пр. дробильно-обогажительные фабрики	+

Как видно из приведенной таблицы, использование асинхронного привода в ленточных конвейерах одинаковы, как для угольной фабрики, так и для других дробильно-обогажительных фабрик. Асинхронный электропривод является простым в использовании и имеет более низкую стоимость, чем привод постоянного тока.

5.1.3. Обоснование выбранного оборудования и принятого способа управления агрегатами.

Выбор системы преобразователь частоты (ПЧ) → асинхронный двигатель (АД) основывался на технологических возможностях и соответствующей стоимости установки.

При разработке технологической системы ПЧ→АД выбор делался на возможность работать с заданной технологической нагрузкой без изменения конструкции и механических узлов установки.

Выбор ПЧ проводился из условия соответствия уровня мощности и необходимой величины допустимого тока ПЧ и тока двигателя ВАО2-280S4 при учете выбранного частотного способа регулирования и соответствующей стоимости преобразователя.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (см. табл.12). Для этого необходимо проанализировать не менее 3-4 конкурентных товаров.

При выборе ПЧ были рассмотрены варианты таких фирм как АВВ, ATV61, Mitsubishi, ВЕСПЕР, но ПЧ марки АВВ на данный диапазон мощностей и при соответствующих функциональных возможностях оказались ниже по стоимости. Поэтому выбор был остановлен на ПЧ данной марки.

Таблица 12 – Стоимость ПЧ

Производитель ПЧ	Стоимость
АВВ ACS-800-02-0210-3	756113
ATV61HC13N4D	940724
Mitsubishi FR-F740-02600-EC	840000
ВЕСПЕР EI-7011	916160

5.1.4. Анализ конкурентных технических решений

Проведем сравнения существующей системы управления (СУ) привода ленточного конвейера привода постоянного тока с проектируемой системой частотного управления.

Существующая СУ: электропривод с двигателем постоянного тока;

Проектируемая СУ: частотно-регулируемый электропривод с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором

В таблице 13 приведены основные параметры рассматриваемых систем и коэффициенты весомости критериев сравнения.

Таблица 13 – Коэффициенты весомости критериев сравнения

Преобразователь частоты	№ Критерия сравнения					
	1	2	3	4	5	6
	уровень капитальных вложений	Уровень надежности	Уровень обслуживания	Завышение мощности электропривода	Уровень затрат на эксплуатацию	Генерирование помех
ABB	0,5	0,8	1	0,8	0,7	0,9
ATV61	0,8	0,9	1	0,7	0,8	0,9
FR-F740-02600	0,9	0,9	1	0,7	0,9	0,9
ВЕСПЕР EI-7011	0,9	0,9	1	0,8	0,8	0,9

По каждому критерию устанавливаем оценку степени обеспечения цели указанные в таблице 14.

Таблица 14 – Оценка степени обеспечения цели

Уровень цели	Низкий	Средний	Высокий
Оценка обеспечения цели	0	0,5	1

Сделав анализ, расчета по оценки качества систем электропривода ленточного конвейера, можно судить о необходимости замены старой системы электропривода постоянного тока, на систему частотного управления.

5.1.5. Оценка научно-технического уровня НТИ

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности проекта необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем

показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$HTY = \sum_{i=1}^n k_i \times \Pi_i, \quad (1)$$

где

k_i – весовой коэффициент i – го признака;

Π_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 15. – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.6
Теоретический уровень	0.4
Возможность реализации	0.2

Таблица 16. – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 17. – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, вещество, устройство, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2

Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5
---	-----

Таблица 18 - Возможность реализации по времени и масштабам

<u>Время реализации</u>	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
<u>Масштабы реализации</u>	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	4
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.6, P_1 = 6, k_2 = 0.4, P_2 = 7,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$НТУ = 0.6 \times 6 + 0.4 \times 7 + 0.2 \times 10 + 0.2 \times 4 = 9.2$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет хорошие показатели новизны, значимость теоретического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей за сравнительно небольшое время реализации.

5.2. Планирование работ

Осуществление проектной работы потребует расчеты следующих пунктов затрат:

- ¾ материальные затраты (затраты на канцелярию и на литературу);
- ¾ сборочные единицы электропривода
- ¾ расчет заработной платы исполнителей проекта;
- ¾ расчет пенсионных и страховых расходов;
- ¾ расчет амортизационных отчислений;
- ¾ расчет заработной платы обслуживающего персонала.

5.2.1. Определение трудоемкости работ

Определение ожидаемого значения продолжительности работы $t_{ож}$

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где t_{min} – кратчайшая продолжительность данной работы;

t_{max} – самая длительная продолжительность данной работы.

Для определения трудоемкости выполнения проекта воспользуемся формулой:

$$T = n \cdot t_{ож}$$

где T – трудоемкость, чел.×дн.;

n – количество исполнителей, человек;

$t_{ож}$ – продолжительность работ, дней.

Результаты сведем в таблицу 9

Таблица 19. – Содержание проектных работ

Содержание работ	Продолжительность работ, ожид/день			Т, чел/дн	Исполнители
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$		
1. Разработка ТЗ на проектирование	3	5	4	4	РП.
2. Разработка плана работ и технико-экономическое обоснование проекта	4	5	4	4	РП
3. Описание объекта автоматизации (модернизации)	10	20	14	28	ИП, ИЭ
4. Кинематическая схема механизма	3	8	5	5	ИЭ
5. Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	12	15	13	13	ИЭ
6. Расчет мощности и выбор электродвигателя и частотного преобразователя	2	5	3	3	ИЭ

7. Выбор способа регулирования скорости двигателя	6	10	8	8	ИЭ
8. Расчет предельных характеристик системы «преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель»	6	10	8	8	ИЭ
9. Разработка математической модели системы АУ ЭП	25	30	27	27	ИП
10. Оптимизация САР электропривода	20	25	22	44	ИП, ИЭ
11. Разработка программы имитационного моделирования	10	15	12	24	ИП, ИЭ
12. Вопросы безопасности и экологичности проекта	4	8	6	6	РП
13. Техничко-экономические расчеты	8	13	10	10	РП
14. Составление пояснительной записки	35	45	39	78	ИП, ИЭ.
15. Разработка графического сопровождения проекта	20	25	22	22	ИП
16. Подключение электродвигателя и частотного преобразователя.	1	2	1	1	ИЭ
17. Настройка частотного преобразователя	1	2	1	1	ИЭ

РП – руководитель проекта;

ИП – инженер – программист;

ИЭ – инженер – электроник

График выполнения работ по дням составлен на год с учетом всех выходных, предпраздничных и праздничных дней. Общее количество рабочих дней = 199, которые требуются на выполнение данного проектирования.

Результаты расчетов временных показателей приведены в календарном плане разработки проекта (Таблица №20)

Таблица 20. Календарный план разработки проекта

Содержание работ	фев		март		апр		май		июн		июль		авг		сент		окт	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. Разработка ТЗ на проектирование																		
2. Разработка плана работ и технико-экономическое обоснование проекта																		

	фев		март		апр		май		июн		июль		авг		сент		окт		нояб	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
3. Описание объекта автоматизации (модернизации)																				
4. Кинематическая схема механизма																				
5. Разработка структурной (принципальной) схемы ЭП																				
6. Расчет мощности и выбор электр																				

Содержание работ	фев	март	апр	май	июн	июль	авг	сент	окт	нояб
10. Оптимизация САР электропривода					■	■				
11. Разработка программы имитационного моделирования						■				
12. Вопросы безопасности и экологичности проекта							■			
13. Технико-экономические расчеты							■			
14. Составление пояснительной записки							■	■	■	
15. Разработка графического сопровождения проекта								■	■	■
16. Подключение электродвигателя и частотного преобразователя.										■
17. Настройка частотного преобразователя										■

Руководитель проекта ■

Инженер – электронщик ■

Инженер – программист ■

5.3.Смета затрат на разработку НТИ

Рассчитываем смету расходов, включая затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта, доставку, установку и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{з/пл}} + I_{\text{соц.отч.}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{прочие}}$$

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции.

Рассчитываем материальные затраты ($I_{\text{мат}}$). Результаты расчета сведем в таблицу 21.

$$I_{\text{мат}} = K_{\text{АД}} + K_{\text{ЧП}} + \dots + K_{\text{бумага}} = 184000 + 756113 + 500 + 1000 + 500 = 942\,113 \text{ руб.}$$

Таблица 21. – Затраты на сборочные единицы электропривода

Наименование	Кол -во	Цена, Руб	Общая стоимость, руб
Оборудование			
1.Асинхронный электродвигатель ВАО2-280S4 ¹	1	184 000	184 000
2.Частотный преобразователь ACS-800-02-0210-3 ²	1	756113	756113
3.Автоматический выключатель ²	1	500	500
4.Доставка		1000	1000
5.Бумага формата А4, упаковка – 500листов.	2	250	500
Всего затрат			942 113

Примечание. Стоимость оборудования и материалов определены по среднерыночным ценам г. Томска на 26.04.2017 г.

5.3.1. Расчет амортизационных отчислений

Годовые амортизационные отчисления рассчитываются на основе норм амортизации, по следующему выражению:

$$A_{\text{год}} = K \cdot \frac{N_A}{100},$$

где K – капитальные вложения в электрооборудование;

N_A – проценты отчислений на амортизацию (для электродвигателей норма амортизации составляет 9,6%)

$$A_{\text{год}} = 184000 \cdot \frac{9,6}{100} = 17664 \text{ руб.}$$

Для преобразователя частоты норма амортизации составляет 3,5 %:

$$A_{\text{год}} = 20135 \cdot \frac{3,5}{100} = 26464 \text{ руб.}$$

Для общей системы электропривода норма амортизации составляет 9,6%:

$$A_{\text{год}} = 942\,113 \cdot \frac{9,6}{100} = 90443 \text{ руб.}$$

5.3.2 Расчёт оплаты труда участников исследования

Так как работа является научной, решено установить простую повременную форму оплаты труда. (Руководителю проекта устанавливается 4 квалификационная группа профессорско – преподавательского персонала, инженеру – электронику и инженеру – программисту присваивается 1 квалификационная категория позволяющая выполнять задания уровня сложности средний и высокий.)

В таблице 22. приведены данные тарифной сетки для работников за единицу времени (час). Основная заработная плата сотрудников рассчитывается по формуле 2.

Таблица 22. – Данные для расчета заработной платы участников проекта

№ п/п	Наименование категории работника	Группа	Количество работников	Форма оплаты труда	Ставка в месяц без РК	Стоимость проработанного часа (руб.)
1.	РП	4	1	повременная	60000	350
2.	Инженер – электроник	1	1		30000	190
3.	Инженер – программист	1	1		30000	190

Время работы каждого участника проекта представлено в таблице 13

Находим районный коэффициент:

$$РК = 350 \cdot 24 \cdot 30\% = 2520 \text{ руб}$$

$$ЗП_{\text{осн}} = 350 \cdot 24 + РК = 350 \cdot 24 + 6840 = 10920 \text{ руб}$$

(2)

Проект включает в себя отчисления на страховые выплаты, которые рассчитываются по формуле 3.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (350 \cdot 24 + 0) = 2520 \text{ руб}$$

(3)

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

$З_{\text{доп}}$ – в нашем случае не предусмотрена, поэтому равняется нулю.

Таблица 23. – Бюджет заработной платы проектировщиков

№ п/п	Работник	Почасовая ставка (руб.)	Количество отработ. часов	Районный коэфф. (руб.)	Отчисления на страховые выплаты	Заработная плата (руб.)
1.	РП	350	24	2520	2520	10920
2.	Инженер – электроник	190	213	12141	12141	52611
3.	Инженер – программист	190	223	12711	12711	55081
4.	Итого				27372	118612

Расчет сметы затрат на выполнение проекта, частью которого является ВКР, осуществляем методом сметных калькуляций по отдельным статьям расходов, всех видов необходимых ресурсов

По результатам расчетов строим линейная гистограмму:

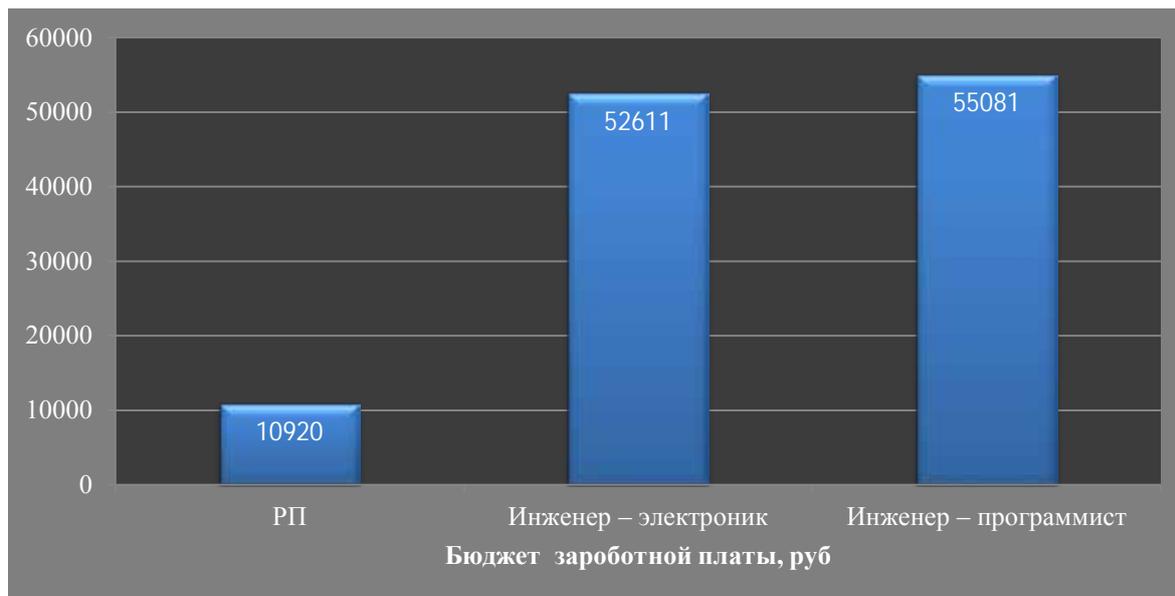


Рисунок 31. – Состав бюджета на проектирование, руб.

5.3.3.Расчёт общего бюджета исследования

Расчет сметы затрат на выполнение проекта выполняется методом сметных калькуляций по отдельным статьям расходов, всех видов необходимых ресурсов (таблица 24).

$$K_{\text{проекта}} = I_{\text{мат}} + I_{\text{з/пл}} + I_{\text{соц.отч.}} + I_{\text{накл.расх}} + I_{\text{амрт}} + I_{\text{прочее}}$$

$$K_{\text{проекта}} = 942\,113 + 118\,612 + 27\,372 + 10\,306 + 19\,816 = 362\,425 \text{ руб}$$

Таблица 24. - Смета затрат на НТИ

Статьи расхода	Сумма		Примечания
	руб	%	
1. Материалы (оборудование) и комплектующие изделия	942113	81,57	
2. Основная заработная плата научно-производственного персонала	118 612	10,27	Трудоёмкость нормо-д
3. Отчисления во внебюджетные фонды	27372	2,37	30%
4. Накладные расходы	47105	4,08	5% от ст.1
5. Амортизация	19816	1,72	
6. Годовая сметная стоимость	1155018	100	

По результатам расчетов строим структурную гистограмму:

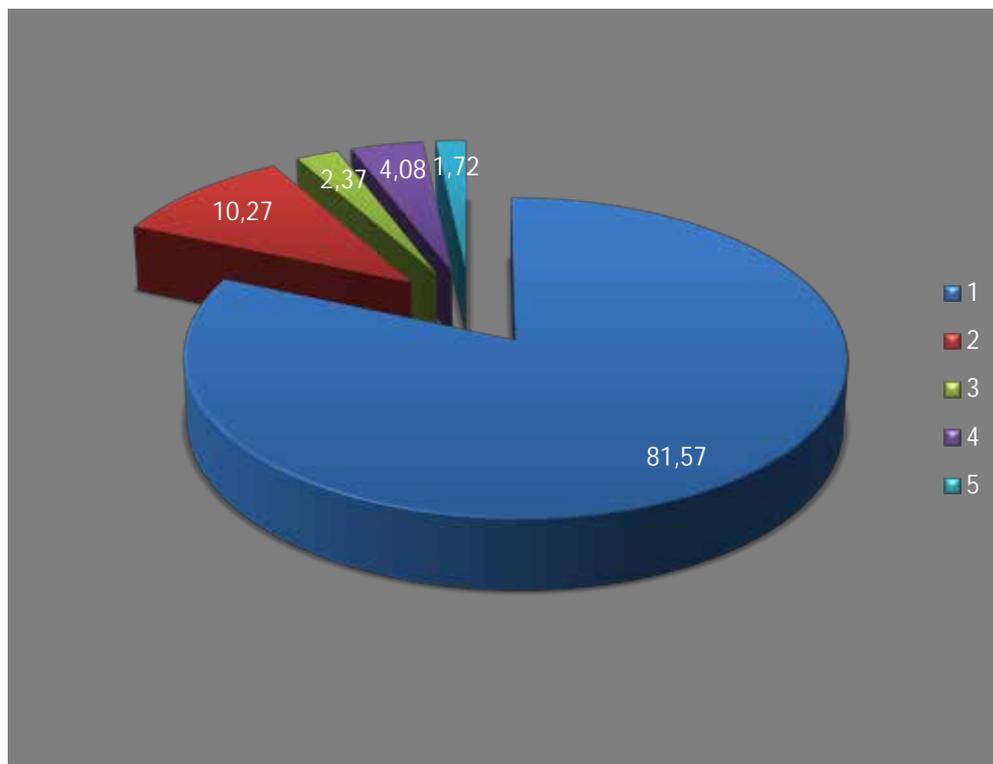


Рисунок 32. – Структура затрат на исследование

5.4. Издержки на ремонтно-эксплуатационное обслуживание электропривода

Оборудование электроприводов (электродвигатели, генераторы, трансформаторы и т.д.) является ремонтируемым. Оно подвергается планово-предупредительным ремонтам, периодичность и объем которых регламентируется системой ППР и сетей промышленной энергетики. [22 гл.IV, гл.XI]

Затраты на ППР электропривода

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{зар}} + C_{\text{м}} + C_{\text{опр}} + C_{\text{охр}},$$

где

$C_{\text{зар}}=140$ руб·час – заработная плата ремонтных рабочих;

$C_{\text{м}}=108$ руб·час – стоимость материалов для ремонта (= основная зарплата без доплат);

$C_{\text{опр}}=216$ руб·час – общепроизводственные расходы (= 200% от основной зарплаты);

$C_{\text{охр}} = 86 \text{ руб} \cdot \text{час}$ – общехозяйственные расходы (= 80% от основной зарплаты).

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{зар}} + C_{\text{м}} + C_{\text{опр}} + C_{\text{охр}} = 140 + 108 + 216 + 86 = 550 \text{руб} \cdot \text{час}$$

Для определения составляющих затрат на ППР необходимо установить периодичность ремонтного цикла, межремонтного периода, и трудоемкость работ по ППР. По трудоемкости работ определяется зарплата персонала.

Таблица 25 – Нормы трудоемкости ремонта электропривода

Мощность, кВт	Норма трудоемкости, чел-ч		
	Капитального ремонта без перемотки обмоток	Текущего ремонта	Технического обслуживания
55-165	42	15	9

Таблица 26 – Затраты на ППР электропривода

	Норма трудоемкости, чел-ч	Периодичность	Затраты на ППР электропривода в час	Затраты на ППР электропривода
Капитального ремонта без перемотки обмоток	42	Раз в 2 года	472	19824
Текущего ремонта	15	Раз в 6 месяцев	472	7080
Технического обслуживания	9	Раз в месяц	472	4248

В данной таблице рассчитаны затраты необходимые на планово-предупредительные работы, которые способствуют продлению эксплуатации данного электропривода.

Таблица 26 – Затраты на ППР электропривода в год

	Затраты на ППР электропривода в год
Капитального ремонта без перемотки обмоток	9912
Текущего ремонта	14160
Технического обслуживания	50976
Итого	75048

В данной таблице рассчитаны затраты на планово-предупредительные работы, которые были произведены, исходя из расчетов ППР электропривода в год.

В данной части ВКР был экономически обоснован выбор электропривода с асинхронным двигателем, был проведен расчет коэффициента научно - технического уровня, который оказался довольно высоким, что указывает на высокий потенциал данного проекта. Так же было выполнено планирование проектных работ, расчет сметы затрат на проектирование, расчет капитальных вложений на реализацию и расчет расходов при эксплуатации данного электропривода. Были рассчитаны издержки на ремонтно – эксплуатационное обслуживание электроприводов, т.е. затраты на планово–предупредительные работы.

5.5. Определение ресурсосберегающей и экономической эффективности проекта

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

5.5.1. Расчет интегрального финансового показателя

Интегральный финансовый показатель рассчитывается на основании таблицы 26 по формуле:

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

где $\Phi_{p.i.}$ – стоимость итого варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{756113}{942113} = 0,8$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{940724}{942113} = 0,99$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{840000}{942113} = 0,89$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}4} = \frac{916160}{942113} = 0,97$$

5.5.2. Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается по формуле:

$$I_{pi} = \sum a^i * b^i,$$

где a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b^i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки (устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания)

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэф.	ABB	ATV61	FR-F740- 02600	ВЕСПЕР EI-7011
Простота и удобство эксплуатации	0,15	10	10	10	10
Помехоустойчивость	0,15	9	8	9	8
Энергосбережение	0,25	10	10	9	9
Надежность	0,2	10	10	10	10
Ремонтопригодность	0,15	10	10	9	9
Материалоемкость	0,1	9	9	9	9
Итого	1	7,75	9,6	9,35	9,2

$$I_{ABB} = 10 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,15 + 10 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,1 = 7,75;$$

$$I_{ATV61} = 10 \cdot 0,15 + 8 \cdot 0,15 + 10 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,1 = 9,6;$$

$$I_{FR-F740-02600} = 10 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,1 = 9,35$$

$$I_{ВЕСПЕР} = 10 \cdot 0,15 + 8 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,1 = 9,2$$

5.5.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения проекта

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения проекталенточного конвейера, определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр.}i}}$$

$$I_{\text{исп1}} = \frac{9,35}{0,8} = 11,68$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{9,6}{0,99} = 9,7$$

$$I_{\text{исп}3} = \frac{7,75}{0,89} = 8,7$$

$$I_{\text{исп}3} = \frac{9,2}{0,97} = 9,48$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта приведена в таблице 28 и рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}i} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.}max}}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}1} = \frac{11,68}{11,68} = 1$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}2} = \frac{9,7}{11,68} = 0,83$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}3} = \frac{8,7}{11,68} = 0,74$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}4} = \frac{9,48}{11,68} = 0,81$$

Таблица 28 – Сравнительная эффективность проекта

№	Показатель	АВВ	АТV61	FR-F740-02600	ВЕСПЕР EI-7011
1	Интегральный финансовый показатель проекта	0,8	0,99	0,89	0,97
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности проекта	7,75	9,6	9,35	9,2
3	Интегральный показатель эффективности проекта	11,68	9,8	8,7	9,48
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,83	0,74	0,81

Сравнение значений с позиции финансовой эффективности и ресурсоэффективности указывает на первый вариант исполнения (с

преобразователем частоты фирмы АВВ), как наиболее эффективный, как раз и используемый в проектных решениях обозначенного НТИ.

5.6 Оценка организационной эффективности

Необходимость модернизации проекта электропривода ленточного конвейера связано с минимальными затратами и простотой в обслуживании, а также повышением степени защиты электропривода. Вследствие этого увеличится технологический процесс производства. Названные выше результаты выбраны в качестве критериев оценки организационной эффективности функционирования.

Таблица 29 – Оценка организационной эффективности внедрения результатов разработки

Показатели организационной эффективности	Вес показателя K_i	Значение показателя до модернизации, балл a_i	Значение показателя до модернизации с учетом веса, $K_i \times a_i$	Значение показателя после модернизации, баллов b_i	Значение показателя после модернизации с учетом веса, $K_i \times b_i$
Затраты на обслуживание	0,1	3	0,4	5	0,9
Степени защиты	0,2	3	0,4	5	0,9
Удобство эксплуатации	0,2	2	0,3	4	0,7
Надежность	0,3	4	1,0	4	1,1
Быстродействие	0,2	4	0,7	5	1,1
ИТОГО	1,00		2,8		4,7

Результаты анализа показали, что внедрение и эксплуатация исследуемого электропривода позволит значительно повысить эффективность технологического процесса дробильно-обогащительной фабрики (2,8 балла до внедрения и 4,7 после).

В данном разделе ВКР были выполнены все поставленные задачи:

1) Экономически обоснован выбор электропривода с асинхронным двигателем, был произведен расчет коэффициента научно-технического уровня – 9,2, указывающий на высокий потенциал данного исследования.

2) Осуществлено планирование и составлены графики исследовательских работ. Всего потребуется 199 рабочих дней на реализацию НТИ;

3) Рассчитаны издержки на ремонтно-эксплуатационное обслуживание электроприводов, т.е. затраты на планово-предупредительные работы. Проведен расчет на сборочные единицы

электропривода и амортизационных вложений, расчет заработной платы исполнителей и обслуживающего персонала. Величина затрат на реализацию НТИ составила 1 155 018 рублей.

4) Произведена оценка организационной эффективности асинхронного электропривода -4,7 является более высокой в сравнении с использованием электроприводом постоянного тока -2,8. Вследствие , асинхронный электропривод является наиболее приемлемым для использования на приводе ленточного конвейера дробильно-обогащительной фабрики шахты Распадская.

Таким образом, проект по модернизации регулируемого электропривода ленточного конвейера можно считать **экономически эффективным**, а также с точки зрения снижения энергозатрат и повышения производительности – ресурсоэффективным.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Кобзев Александр Александрович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

- *Описание рабочего места сотрудников обогатительной фабрики на конвейерной линии на предмет возникновения:*
- *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 являются:

Запыленность (металлической, токопроводящей пылью различных фракций);

Загазованность;

Шум и вибрация;

Отклонение показателей микроклимата;

Недостаточная освещенность рабочей зоны.

3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды;

Опасными факторами агломерационного цеха являются:

Возможность получения травм в следствии:

а) движения машин и механизмов;

б) движение производственного материала;

в) Наличие высокого напряжения.

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.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Сечин А.А	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Кобзев Александр Александрович		

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

Целью данного раздела является анализ опасных и вредных факторов при работе сотрудников конвейерной линии обогатительной фабрики, анализ пожарной безопасности и выработка мероприятий, направленных на предотвращение пожаров.

6.1 Характеристика помещения

Помещение цеха выполнено из негорючих материалов первой степени огнестойкости. Здание цеха состоит из сборных железобетонных конструкций, которые относятся к негорючим материалам первой степени огнестойкости и имеют предел огнестойкости R120 [18].

Напряжение питания 220 и 380 В. Электроустановки до 1000 В. Обслуживание поручается лицам, имеющим квалификацию, соответствующую действующим требованиям.

6.2 Анализ опасных и вредных факторов

Основные виды опасностей согласно [15] относятся к физической группе воздействий. Данные травмы могут возникнуть:

- при обрыве жил, так как напряжение жил и их скорость достаточно велики;
- при попадании частей одежды и волос в крутящиеся механизмы линии;
- возможность поражения электрическим током.

Опасности психологической группы связаны с шумом и монотонностью в обслуживании линии, что приводит к снижению внимания, повышению травматизма.

К вредным факторам относятся:

- вибрация оборудования;
- запылённость;

Необходимые условия для снижения шума:

- Все оборудование, применяемое на участке обработки, для снижения шума установлено на виброопорах.
- Вредным производственным фактором является вибрация -механические колебания твердых тел, передаваемые организму человека. Они могут быть причиной расстройства сердечнососудистой и нервной системы, а также опорно-двигательной системы человека. Измерение вибрации производится прибором ШШ-В1, снабженным датчиком вибрации, уровень вибрации, (согласно [ГОСТ 16921-71]) до 90 Дб. Нормативным документом, рассматривающим уровни шума для различных категорий рабочих мест, служебных помещений является ГОСТ 12.003-88.

6.3 Производственная санитария

Неблагоприятные условия окружающей среды вредно воздействуют на организм работающего, снижают реакцию, повышают утомляемость. К производственным вредностям относятся неблагоприятный микроклимат, производственная пыль, недостаточная освещенность.

Работы относятся к категории средней тяжести 2а (физическая средней тяжести, энергозатраты до 200 ккал/ч) [15].

Микроклимат производственного помещения характеризуется согласно [15]:

- температурой воздуха:

- в холодный период года $t=(18\div 20)^{\circ}\text{C}$;

- в тёплый период года $t=(21\div 23)^{\circ}\text{C}$;

- влажностью воздуха:

- в холодный период года $(40\div 60)\%$;

- в тёплый период года $(40\div 60)\%$;

- скорость движения воздуха:

- в холодный период года 0,2 м/с;

- в тёплый период года 0,3 м/с.

Система отопления цеха - водяная, со встроенными в строительные конструкции нагревательными элементами.

Производственные пыли относятся к четвёртому классу опасности (малоопасные). В рассматриваемом производстве борьба с пылью ведётся с помощью промышленного пылесоса, так как технологический процесс требует ликвидации пыли. Производственный процесс относится к 1а группе (избытки явного тепла незначительны, отсутствуют значительные выделения влаги, пыли, особо загрязняющих веществ).

Работа выполняется в спецодежде. Производство относится к третьей категории вибрации [16], производственные шумы не значительны.

Безопасность на производстве в значительной мере зависит от освещения. Основная задача освещения на производстве - создание наилучших условий для зрения трудящихся. Эту задачу можно решить только осветительной системой, которая должна соответствовать требованиям. Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы. В данном случае работы относятся к разряду IV Г [17]. Требуемая норма освещения $E_{нор}=200$ ЛК. Для создания $E_{нор}$ применяется совмещенное освещение: естественное и общее люминесцентное освещение.

Для создания рациональных условий освещения большое значение имеет тщательный и регулярный уход за установками естественного и искусственного освещения. Необходимо следить за исправностью схем включения, регулярно заменять перегоревшие лампы. На предприятии должно быть специально выделенное лицо, заведующее эксплуатацией освещения.

Для защиты органов слуха применяют: наушники, антифоны, беруши. На предприятиях необходимо регулярно проводить организационные мероприятия по обеспечению безопасности труда.

6.4 Техника безопасности на конвейерной линии.

К работе на конвейерной линии допускаются лица, хорошо изучившие правила обслуживания и управления линией и прошедшие инструктаж по соблюдению правил техники безопасности.

К работам по наладке электропривода допускаются не менее двух человек по письменному разрешению руководителя.

При настройке схем, замене предохранителей и т.д. необходимо использовать приборы и средства защиты, предназначенные для работ на электроустановках до 1000 В. Средства защиты, к которым относятся резиновые галоши, коврики, изоляция инструмента и т.д., должны проверяться перед каждым использованием. При наладке привода необходимо применение запрещающих и предупреждающих плакатов. Испытание электропривода осуществляется сначала на холостом ходу, а затем под нагрузкой.

Для безопасной работы механической части электропривода необходимо иметь ограждения, обладающие соответствующей прочностью.

Все токопроводящие части электропривода, проводка должны быть ограждены и не доступны для случайного прикосновения. Часть проводки в рабочей зоне линии заключается в металлорукав или в специальные защитные щитки. Все металлические части, которые могут оказаться под напряжением, должны быть заземлены. Электропривод должен быть обеспечен аварийным выключателем для полного снятия напряжения с электродвигателя, проводки и приборов.

Основными причинами травмирования рабочих при эксплуатации ленточных конвейеров являются:

- отсутствие ограждений у движущихся и вращающихся частей муфт, приводов, барабанов;
- расштыбовка барабанов конвейеров при их работе;
- ремонт и смазка конвейеров во время их работы;
- включение конвейера без предупреждения;
- некачественное крепление приводных и натяжных головок;
- нарушение производственной и технологической дисциплины (переход через конвейер во время его работы, эксплуатация цепи с повышенным износом и т.п.);
- возникновение пожара на автоматизированных конвейерных линиях.

Основные требования по обеспечению безопасной эксплуатации ленточных конвейеров:

- галерея, предназначенная для ленточных конвейеров, должна быть прямолинейная, хорошо освещена;
- натяжная и приводная головки конвейера должны иметь ограждения;
- для исключения скольжения ленты на барабане она должна быть постоянно натянутой.

Ленточные конвейеры оборудуются:

- предупредительной сигнализацией, извещающей людей о пуске и остановке конвейера;
- центрирующими или другими устройствами, предотвращающими сход ленты в сторону на величину более 10 % ее ширины;
- перегрузочными устройствами, обеспечивающими загрузку материала и плавный его перепуск в местах перегрузок;
- устройствами по очистке лент и барабанов;
- тормозными устройствами;
- средствами пылеподавления в местах перегрузок;
- устройствами для отключения привода конвейера из любой точки по его длине;
- средствами защиты, обеспечивающими отключение конвейера при превышении допустимого уровня транспортируемого материала в местах перегрузки, снижении скорости ленты до 92 % (пробуксовка), превышение номинальной скорости ленты конвейеров на 8%;
- устройствами, улавливающими ленту при ее разрыве, или устройствами контроля целостности тросов по всей длине.

Для обеспечения безопасности работ и предупреждения пожара в галерейном помещении, где установлены ленточные конвейеры, около каждого привода должны находиться огнетушители, ящики с песком, пожарные краны с рукавами и пожарными стволами. Все контактирующие с лентой элементы конструкции конвейера должны выполняться из

негорючих материалов. Ленты для конвейеров должны изготавливаться из не электростатического и огнестойкого материала.

Категорически запрещается:

- осматривать и заменять ролики, очищать барабаны от штыба при движении ленты, а также смазывать движущиеся части конвейера во время его работы;
- ремонтировать электрооборудование, исправлять электрические соединения и заземление лицам, не имеющим на это права и разрешения;
- работать со снятыми ограждениями приводной и натяжной станций (головок);
- пускать конвейер без предупредительного сигнала;
- использовать грузовые конвейеры для перемещения людей и тяжелых грузов;
- работать при заштыбованном конвейере.

Запуск конвейеров производится в необходимой последовательности автоматически, поочередно, начиная с последнего. При остановке одного конвейера или пробуксовке ленты, заштыбовке, нагреве ленты автоматически выключаются все приводы. Сигнал о пуске конвейерной линии должен подаваться с пульта управления. Вспомогательные работы (очистка, ремонт, смазка, расштыбовка) допускается выполнять только при выключенном конвейере и установке у пункта включения предупреждающей надписи: «Не включать! На конвейере работают люди!»

6.5 Мероприятия по охране труда и технике безопасности

Правила эксплуатации конвейеров предписывают:

- постоянно следить за правильностью хода ленты и немедленно устранять нарушения;
- систематически очищать приводную головку;
- строго следить за работой всех роlikоопор и не допускать работу, если на какой-либо роlikоопоре не вращается ролик;
- проверять целостность самой ленты и в первую очередь узлов ее соединения;

- при необходимости устанавливать дополнительные центрирующие устройства;
- проверять натяжение ленты, не допуская ее провеса между роlikоопорами более нормы;
- в местах перехода людей над мостиком не менее 0,8 м;
- не производить смазку и мелкий ремонт при движущемся конвейере;
- особо следить за исправностью загрузочного устройства;
- на наклонных конвейерах устанавливать ловители ленты;
- поддерживать в исправности звуковую и кодовую сигнализацию;
 - следить за обеспеченностью противопожарными средствами.

6.6 искусственное освещение

Конвейер должен иметь естественное, искусственное освещение, отвечающее требованиям строительных норм и правил.

Светильники общего освещения устанавливаются на высоте не менее 2,5 м от пола и должны иметь отражатели, защищающие от ослепления. Применение открытых ламп накаливания не допускается. Для освещения галерей в качестве источников света могут быть применены как лампы накаливания, так и газоразрядные лампы, люминесцентные лампы, (маломощные газоразрядные лампы высокого давления).

В галереях конвейеров с гидравлической уборкой пыли предпочтительнее применение люминесцентных ламп, установленных в светильниках со степенью защиты IP54.

В тех случаях, когда применение люминесцентных ламп невозможно, например в неотапливаемых галереях, при гидравлической уборке пыли, разрешается использование светильников с лампами накаливания, имеющих термостойкое стекло или лампу мощностью меньшей номинальной мощности для данного типа светильника.

Светильники должны располагаться так, чтобы обеспечивать освещение не только проходов между конвейерами и лент конвейера, но и зон под

конвейерами для возможности уборка просыпи, осмотра роликов и т.п. Как правило, светильники рекомендуется располагать по осям проходов между конвейерами.

Выбор между напряжением 12 и 40 В определяется принятым значение напряжения переносного освещения по основным цехам предприятия. При напряжении сети общего освещения галерей и туннелей 40 В это напряжение принимается и для переносного освещения. Штепсельные розетки переносного освещения устанавливаются: в галереях конвейеров, кабельных туннелях - через 30-40 м (как правило, в блоке с трансформатором).

6.7 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность является одним из важнейших разделов охраны труда на производстве. Существенную роль в профилактике и предотвращении пожаров играет правильный выбор режима работы электрооборудования с учётом класса по пожароопасности, применения молниеотводов. Все производственные помещения по пожароопасности разделяются на пять основных категорий. В процессе получения изделия на линии видимые признаки, обуславливающие возникновения пожара, отсутствуют и, следовательно, данное производство согласно [17] можно отнести к категории Б (цехи приготовления и транспортирования угольной пыли). Согласно [18] помещение относится к классу В-II. Однако, в данном технологическом процессе пожар может возникнуть из-за токов короткого замыкания, вызывающих высокую температуру нагревания проводников, что приводит к их выплавлению из изоляционного материала. В этом отношении опасны недопустимые электрические перегрузки проводов и обмоток электрических машин. В местах плохого контакта соединения проводников вследствие большого переходного сопротивления выделяется большое количество тепла. Это приводит к повышению температуры и воспламенения изоляции. Были установлены общие требования пожарной безопасности к объектам различного

назначения всех отраслей народного хозяйства при строительстве и эксплуатации. Пожарная безопасность должна обеспечиваться:

- системой предотвращения пожара;
- системой противопожарной защиты;
- организационно-техническими мероприятиями.

Системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, обеспечивающих сохранность материальных ценностей, следует применять при наличии экономической эффективности от их внедрения. Экономическая эффективность должна рассчитываться с учётом вероятности возникновения пожара и возможного ущерба от него. Предотвращение пожара должно достигаться предотвращением образования горючей среды. Это должно обеспечиваться минимально возможным применением горючих материалов. Содержание газов, паров, взвесей и легко воспламеняющихся жидкостей должно быть по возможности вне пределов воспламенения. Автоматические установки пожаротушения и установки пожарной сигнализации, введённые в объект, должны удовлетворять требованиям проектной документации и отраслевым стандартам.

Нормами первичных средств пожаротушения для помещения категории "Б" предусмотрено 4 порошковых огнетушителя марки ОП-2.

Огнетушители различных видов относятся к классу переносных средств пожаротушения. Огнетушители, годные к эксплуатации, должны иметь бирку и маркировку и должны быть окрашены в красный цвет. Зарядка и перезарядка всех типов огнетушителей должна выполняться в соответствии с инструкциями по эксплуатации. Пожарный ручной инструмент и инвентарь, размещенный на объекте, подлежит периодическому обслуживанию, включающему следующее:

1. Очистка от пыли, грязи и коррозии;
2. Восстановление соответствующей окраски.

Ящики с песком должны быть укомплектованы лопатой и иметь вместимость до 3 м .

На рабочем месте каждый электропривод оборудования должен быть оснащен защищенной аппаратурой. Должна быть предусмотрена блокировка и

защита на случай короткого замыкания и перегрузок, обеспечения возможности снятия напряжения всего оборудования с помощью расположенных вне помещения рубильников. Для курения должны быть отведены специальные места. В производственных помещениях должна обеспечиваться возможность эвакуации людей и оборудования в случае пожара.

6.8 Охрана окружающей среды

6.8.1 Водоснабжение

Хозяйственно - бытовое водоснабжение фабрики осуществляется по договору из системы ОАО «Распадская».

Источником производственного водоснабжения (восполнения потерь воды) являются талые и дождевые воды с промплощадки фабрики, а также очищенные шахтные воды ОАО «Распадская», передаваемые фабрике по договору.

6.8.2 Водоотведение

1. Водоотведение ливневых и талых вод.

Отвод поверхностных вод с площадки фабрики предусмотрен по канавам и трубам на очистные сооружения.

На балансе ЗАО «ОФ «Распадская»» находится комплекс очистных сооружений № 1 и № 2 по очистке дождевых и талых вод, поступающих с территории промышленной площадки фабрики. Дождевые и талые воды поступают в отстойники, из которых с помощью насосов подаются на доочистку на очистные установки «Свирь», откуда забираются на производственно - противопожарные нужды.

Приказом по фабрике ответственным за эксплуатацию очистных сооружений назначен представитель службы главного механика.

По промышленной площадке с запада на восток протекает безымянный ручей, русло которого на территории фабрики спрямлено и убрано в трубы диаметром 1 м с сохранением гидрологических параметров.

По системе канав и труб талые и дождевые воды промплощадки отводятся от ручья и, минуя его, попадают в отстойники ливневых вод.

2. Водоотведение хозяйственно - бытовых стоков.

Хозяйственно - бытовые стоки от объектов фабрики отводятся в систему хозяйственно - бытовой канализации ОАО «Распадская» и вместе со стоками шахты поступают на очистные сооружения хозяйственно - бытовых стоков ОАО «Распадская». Услуги по приёмке и очистке хозяйственно - бытовых стоков фабрики ОАО «Распадская» оказывает по договору.

3. Водоотведение производственных сточных вод.

Производственные сточные воды от мытья полов, гидрообеспыливания отводятся в оборотный цикл фабрики в счёт подпитки. Использование в технологическом процессе фабрики замкнутого оборотного водоснабжения позволяет рационально использовать водные ресурсы района.

6.8.3 Охрана окружающей среды от отходов производства

В процессе эксплуатации обогатительной фабрики образуются отходы производства:

- отходы углеобогащения, образующиеся при обогащении углей марки ГЖ, передаваемые ОАО «Распадская» по договору для использования при рекультивации нарушенных земель;
- отходы чёрного металла, образующиеся при эксплуатации и ремонте механизмов фабрики, передаваемые по договору для использования ООО «Сибстар»;
- отработанные ртутные лампы, образующиеся при использовании для освещения помещений этих ламп, передаваемые на утилизацию по договору с ООО «Экосервис», г. Новокузнецк;
- отработанные промышленные масла, собираемые при замене масел в механизмах, передаваемые для использования при производстве взрывчатых веществ в ОАО «ВзрывПром Юга Кузбасса»;

- бытовые отходы, строительный мусор вывозятся для складирования на санитарное поле города Междуреченска по договору с ООО «Эдельвейс -Н»; Собственных мест хранения, захоронения отходов у ОФ «Распадская» нет. На предприятии разработан проект нормативов образования и лимитов размещения отходов на основании нормативных актов, действующих в сфере обращения с отходами.

6.8.4 Экологический мониторинг

В соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей среды» и другими законодательными документами, а также с целью поддержания экологического равновесия в районе на ОФ «Распадская» проводится экологический мониторинг.

Основные виды мониторинга:

- мониторинг загрязнения атмосферы - проводится на границе санитарно - защитной зоны предприятия и в посёлке Верхний Ольжерас по договору с ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» г. Междуреченска;

- мониторинг сточных вод - проводится по безымянному ручью на входе его на промплощадку и при выходе с промплощадки.

Анализы воды с заключениями к ним проводят:

- СЭЛ ОАО «Южный Кузбасс» - химический анализ сточных вод;

- ФГУЗ «ЦГ и Э» г. Междуреченска - биологические исследования стоков;

- ФГУЗ «ЦГ и Э» г. Новокузнецка - вирусологические исследования стоков;

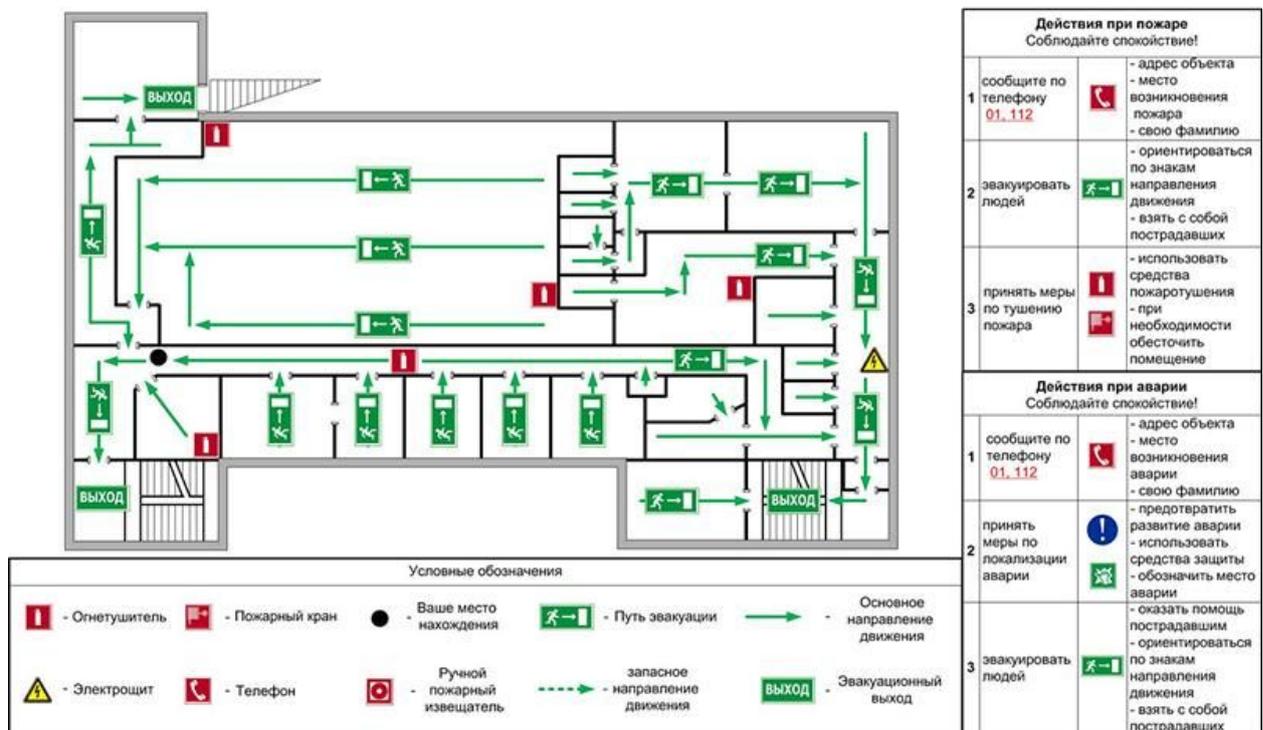
- ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Кемеровской области» - исследования состава сточных вод на тяжёлые металлы, определение токсичности сточных вод методом биотестирования.

- мониторинг хозяйственной деятельности осуществляется службами фабрики и включает в себя контроль объёма и качества питьевой воды (с привлечением ФГУЗ «ЦГ и Э» г. Междуреченска.), отходов углеобогащения, используемого сырья. Контролируются объёмы забора и сброса вод, работа природоохранного оборудования, сооружений.

Организация производственного контроля, за соблюдением требований промышленной безопасности на ОФ «Распадская» предусматривает, в том числе и постоянный контроль в области охраны окружающей среды. Функции и обязанности по соблюдению норм в области охраны окружающей среды выполняет инженер по охране окружающей среды, действующий на основании «Положения о производственном контроле...» и Должностной инструкции инженера по охране окружающей среды.

План эвакуации

Утверждаю _____



Действия при пожаре Соблюдайте спокойствие!		
1	сообщите по телефону 01, 112	<ul style="list-style-type: none"> - адрес объекта - место возникновения пожара - свою фамилию
2	эвакуировать людей	<ul style="list-style-type: none"> - ориентироваться по знакам направления движения - взять с собой пострадавших
3	принять меры по тушению пожара	<ul style="list-style-type: none"> - использовать средства пожаротушения - при необходимости обесточить помещение
Действия при аварии Соблюдайте спокойствие!		
1	сообщите по телефону 01, 112	<ul style="list-style-type: none"> - адрес объекта - место возникновения аварии - свою фамилию
2	принять меры по локализации аварии	<ul style="list-style-type: none"> - предотвратить развитие аварии - использовать средства защиты - обозначить место аварии
3	эвакуировать людей	<ul style="list-style-type: none"> - оказать помощь пострадавшим - ориентироваться по знакам направления движения - взять с собой пострадавших

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе исследовали и разработали электропривод асинхронный частотно-регулируемый конвейера ленточного.

В работе был произведен выбор электрооборудования. Предложено применять современный электропривод асинхронный частотно-регулируемый. Выбранный электродвигатель серии ВАО2-280S4, преобразователь частотный фирмы АВВ. Диапазон регулирования требуемый является незначительным, однако, потому выбранный преобразователь разрешающий реализовать регулирование скалярное с связью обратной по скорости.

Разработанная схема структурная асинхронного частотно-токового электропривода с принципом скалярного управления. Проведены имитационные исследования в программной среде MATLAB.

Получены навыки выполнения самых разных работ, как исследовательского, так и плана инженерного, таких как: работа с литературой, в том числе на английском языке, расчет и моделирование на ПК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пертен Ю.А. Конвейеры. Справочное пособие Л.: Машиностроение, 1984. 367с.
2. Спиваковский А.О. Транспортирующие машины: учебное пособие М.: Энергоатомиздат, 1983г. 483с.
3. Техническая документация ЗАО ОФ «Распадская».
4. Васильев Н.В. Транспорт на обогатительных фабриках М.: углетехиздат, 1949.- 278с.
5. Галкин В.И. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий : учебное пособие для вузов М.: Московский государственный горный университет, 2005-543 с.
6. Левинсон В.Н. Транспортные устройства непрерывного действия : Машгиз, 1960. - 364 с.
7. Позынич Е.К. Расчет ленточного конвейера: учебное пособие Х.: ДВГУПС, 2006. - 66с
8. Чернышев А.Ю., Ланграф СВ., Чернышев И.А. Исследование систем скалярного частотного управления асинхронным двигателем: Учебно-метод. пособие. /Томск. Политехи. Ун-т. - Томск: Изд-во ТПУ, 2004.-29с.
9. Чернышёв А.Ю., Чернышёв И.А.. Расчёт характеристик электропривода переменного тока. Часть 1. - Асинхронный двигатель: Учебное пособие. -Томск: Издательство ТПУ, 2005.
- 10.Копылов И.П. Электрические машины. - М.: Высш. шк., Логос, 2000.
11. Руководство по монтажу и вводу в эксплуатацию ACS800. Корпорация АВВ, 2004.-132с.

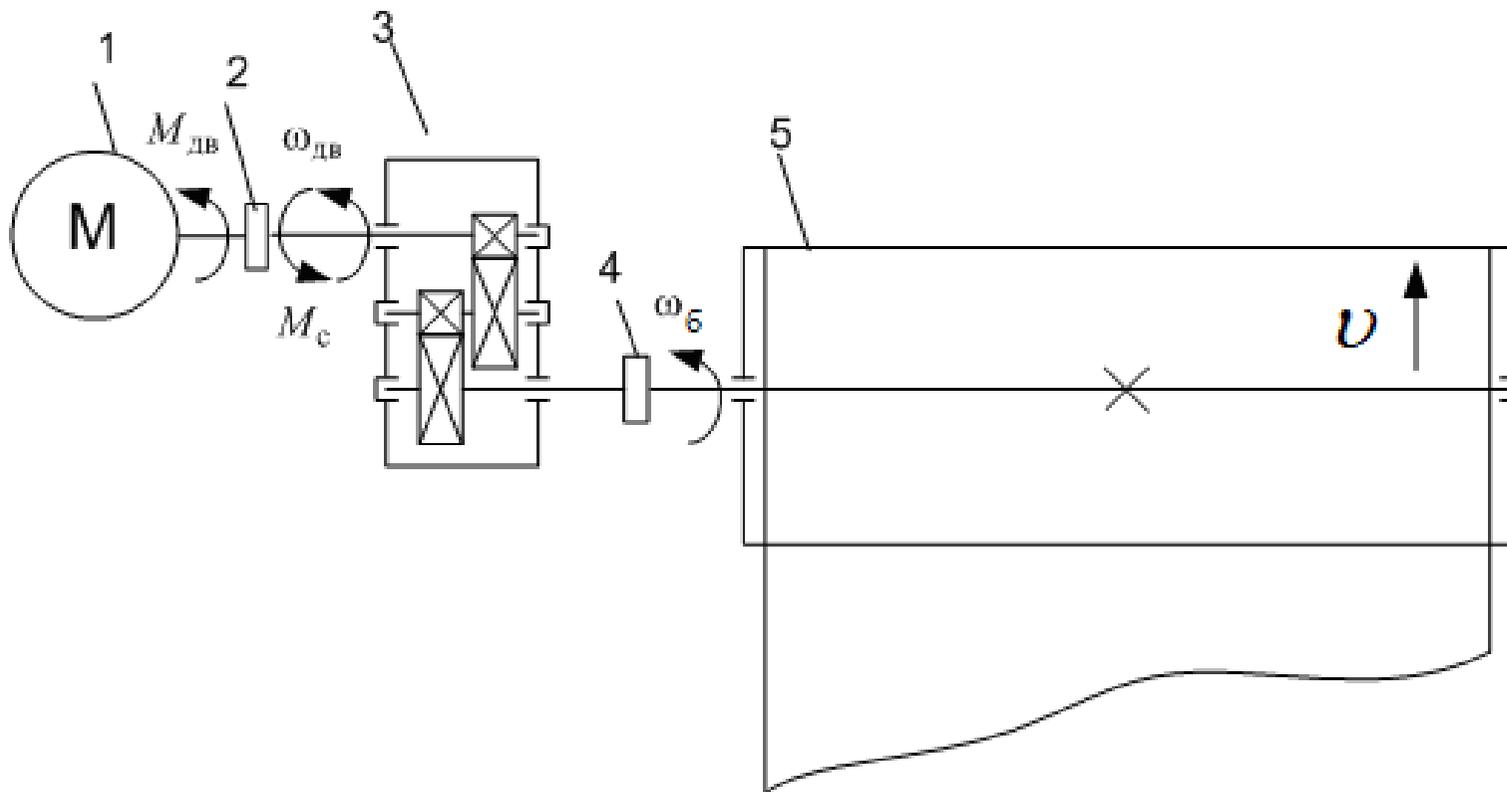
12. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / Под общей ред. К. М. Великанова. - 4-е издание перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1986. - 256.
13. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьков и др.; Под общ. Ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. И доп. - М.: Высш. шк., 1999. -448с.
14. Расчет искусственного освещения. Методическое пособие. - Томск, ТПУ, 1995.-25с.
15. СанПиН 2.2.4.548-96
16. СанПиН 2.2.272.4.1340-03.
17. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96; ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ.
18. НПБ105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
19. Устройство контроля скорости УКС. Руководство по эксплуатации. - 41с.
20. Датчик контроля схода ленты КСЛ-2. Паспорт. - 14с.
21. Выключатель кабель - тросовый КТВ-2М. Паспорт. - 7с.
22. Н. Н. Синягин. Система ППР оборудования и сетей промышленной энергетики. М.: Энергоатомиздат, 1984г.
23. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.

24. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
25. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
26. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

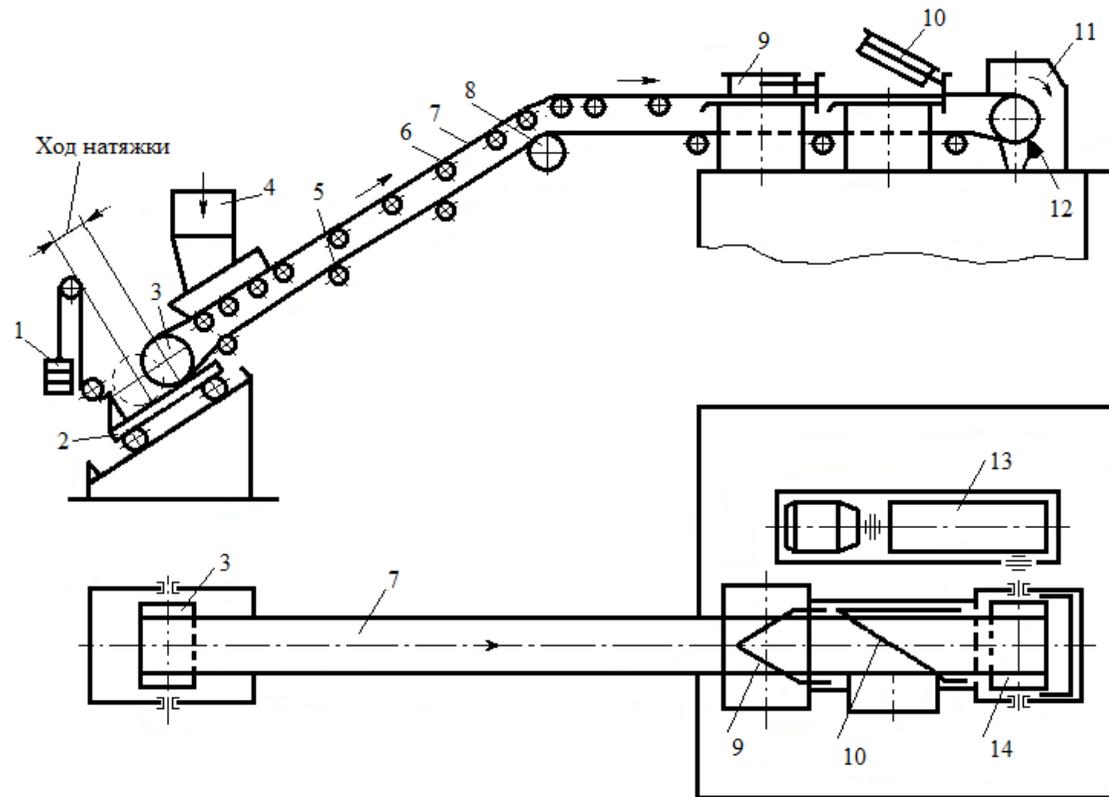
Графический материал

Кинематическая схема привода конвейера



1 - электродвигатель; 2,4 - муфта; 3 - редуктор; 5 - приводной барабан.

Функциональная схема конвейера



1 – груз; 2 - натяжное устройство; 3- барабан; 4 - загрузочное устройство; 5 - роликовая опора на холостой ветви ленты; 6 -роликовая опора на рабочей ветви ленты; 7 - тяговый элемент (лента); 8 - отклоняющий барабан; 9, 10 - разгрузочные устройства; 11 - разгрузочный желоб; 12 - устройство для очистки ленты.

Схема электрическая функциональная

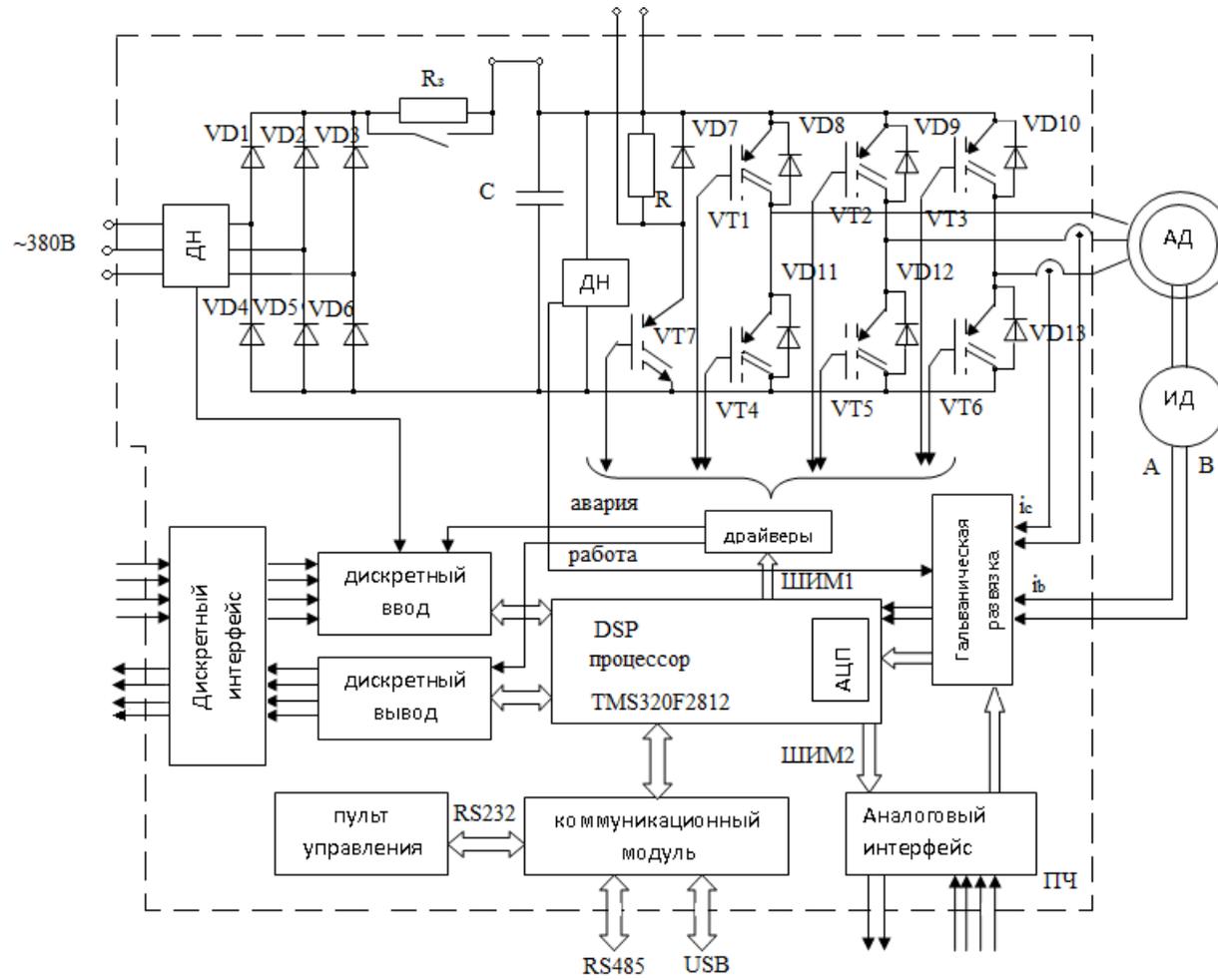
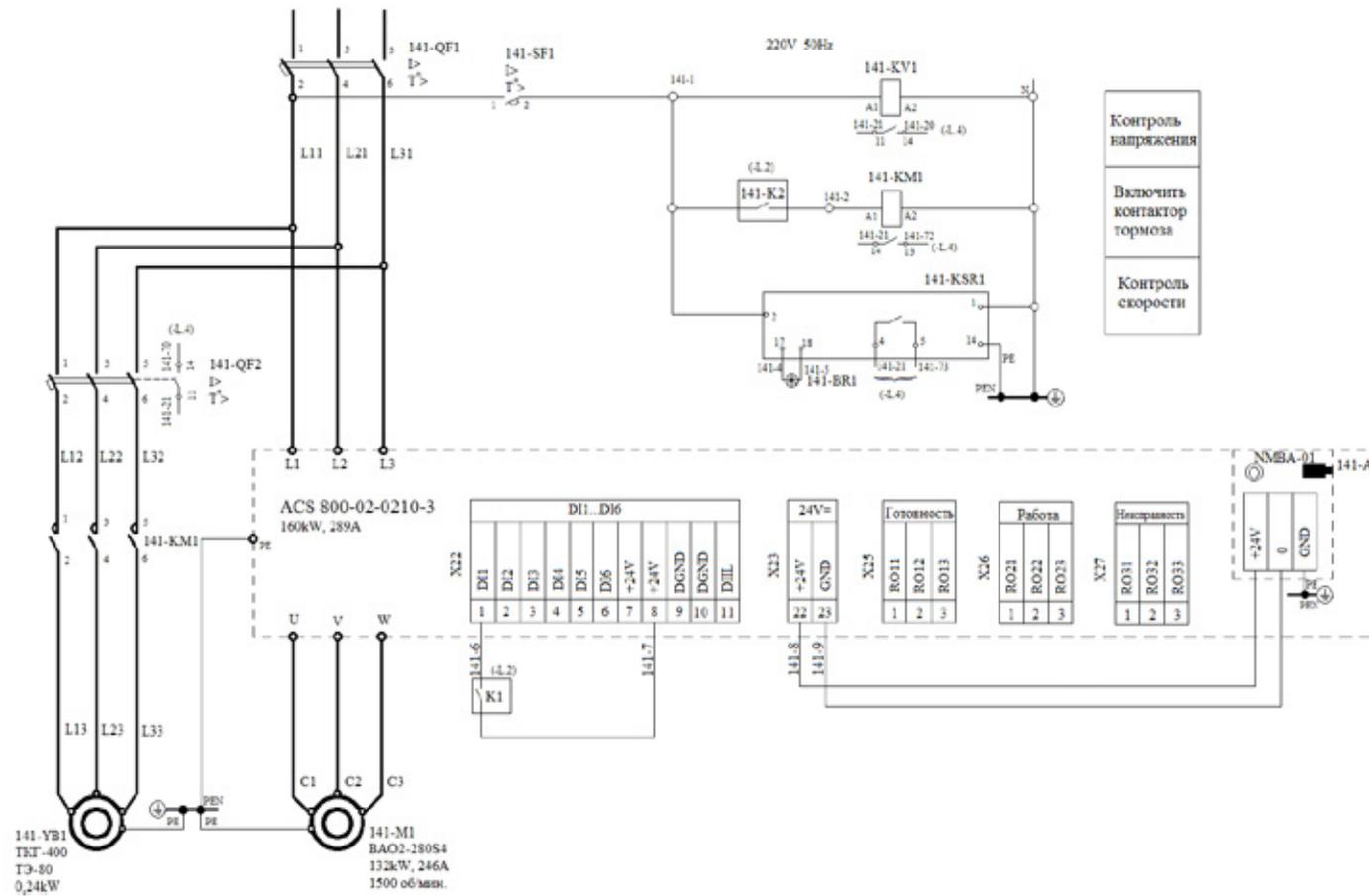


Схема электрическая принципиальная



Структурная схема асинхронного двигателя

во вращающейся системе координат

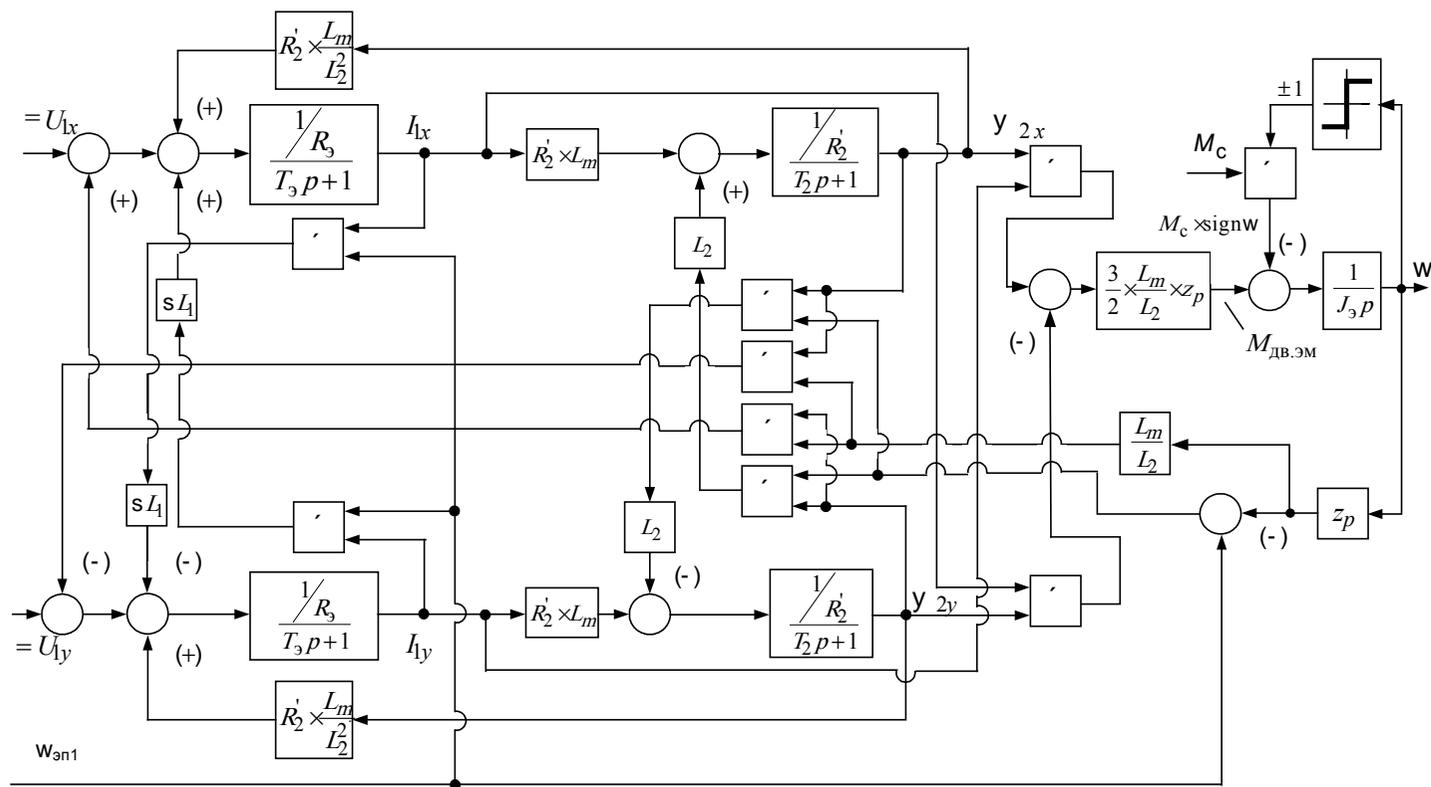
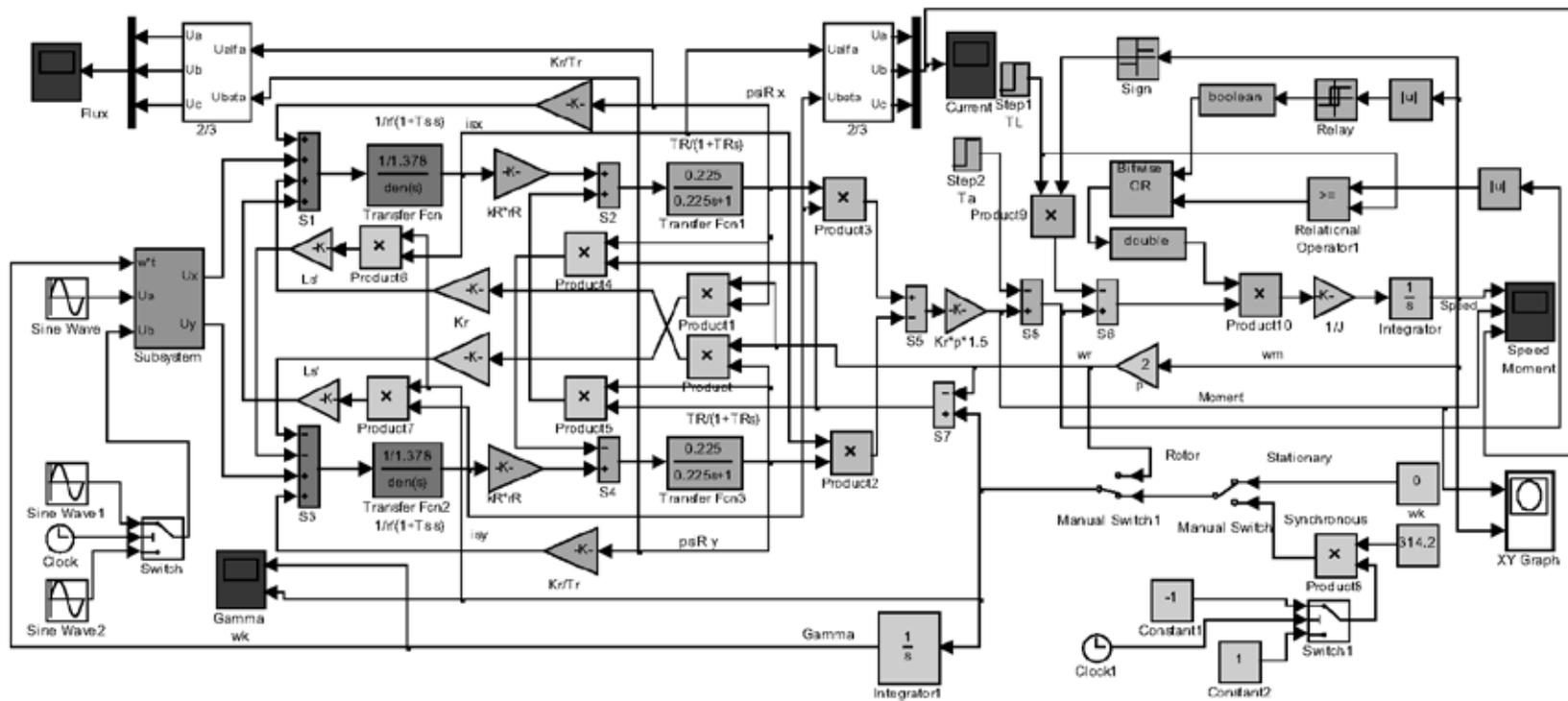


Схема имитационной модели короткозамкнутого асинхронного двигателя во вращающейся системе координат



Демонстрационный лист

