

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 охладителя агломерата

УДК 62-83-523:622.788

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Спирин Станислав Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дементьев Юрий Николаевич	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		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2017 г.

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

Институт электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Кафедра электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Ю.Н. Дементьев
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Выпускной квалификационной работе

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Спирину Станиславу Викторовичу

Тема работы:

Асинхронный электропривод охладителя агломерата	
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	Введение; описание технологического процесса; обоснование и выбор системы электропривода; выбор элементов и расчет параметров силового канала регулируемого электропривода; синтез и анализ линеаризованной системы автоматического управления регулируемого электропривода; синтез и анализ нелинейной САУ РЭП; расчет статических и динамических характеристик, социальная ответственность проекта; финансовый менеджмент; заключение.
Перечень графического материала	- схема кинематическая; - схема электрическая принципиальная;

	-схема электрическая функциональная; - схема электрическая структурная; - демонстрационный лист; - технико-экономические показатели;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	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	Дементьев Юрий Николаевич	Кандидат технических наук		06.03.2017г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Спирин Станислав Викторович		06.03.2017г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит страниц – 119 , рисунков – 30, таблиц – 31, приложение.

Ключевые слова: ОХЛАДИТЕЛЬ АГЛОМЕРАТА, ЧАСТОТНО–РЕГУЛИРУЕМЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА; СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ; ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

Объектом исследования и проектирования является электропривод переменного тока частотно–регулируемый.

Цель работы: модернизация электропривода охладителя агломерата посредством замены электропривода постоянного тока на современный асинхронный электропривод с частотным управлением.

В двухдвигательном электроприводе на основе асинхронного двигателя надлежит разрешить задачу выронить и согласовать нагрузку между двумя двигателями.

В выпускной квалификационной работе был сделан расчет с последующим выбором приводного двигателя; питающего преобразователя частоты, а также были рассчитаны и определены параметры силовой цепи.

Был выбран и обоснован способ управления, рассчитаны и построены электромеханические и механические характеристики.

Пользуясь методом имитационного моделирования с помощью средств ЭВМ были исследованы процессы переходные в основных режимах работы электропривода.

Выпускная квалификационная работа выполнена с использованием текстовом редакторе MicrosoftWord на белой бумаге формата А4 , так же использовались программа MathCAD 14, программный пакет MATLAB R2008b - Simulink, Microsoft Excel, Microsoft Visio, Paint.

СОДЕРЖАНИЕ

<u>ВВЕДЕНИЕ</u>	7
<u>1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА</u>	8
<u>1.1 Структура и технологический процесс агломерационного цеха</u>	8
<u>1.2 Принцип действия и конструкция охладителя агломерата</u>	11
<u>1.3 Технические данные охладителя ОПЗ-315</u>	12
<u>2 Проектно–расчетная часть</u>	15
<u>2.1 Выбор электрооборудования, расчет параметров и</u> <u>регулирующих характеристик элементов силовой цепи</u>	15
<u>2.2. Расчетные параметры двигателя</u>	17
<u>2.3. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по</u> <u>каталожным данным</u>	17
<u>2.4. Расчет естественной механической характеристики</u>	21
<u>2.5. Расчет естественных электромеханических характеристик</u>	22
<u>2.6 Функциональная схема асинхронного электропривода со скалярным</u> <u>управлением</u>	25
<u>2.7 Особенности выбора частотно-регулируемого электропривода</u> <u>охладителя агломерата</u>	26
<u>2.8 Расчет параметров элементов структурной схемы силового канала</u> <u>электропривода</u>	28
<u>3 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЧАСТОТНО–</u> <u>РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА</u>	30
<u>3.1 Функциональная схема электропривода охладителя агломерата</u>	30
<u>3.2 Математическое описание и структурная схема асинхронного двигателя</u> <u>с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат a, b</u>	31
<u>3.3 Имитационная модель двухфазного двигателя</u>	34
<u>3.4 Имитационная модель силового канала электропривода</u>	36

3.5 Выбор типа задатчика интенсивности и его параметров	37
3.6 Имитационные исследования электропривода охладителя агломерата	39
<u>ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»</u>	<u>46</u>
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	47
4.1 Финансирование научно-технического проекта	49
4.2 Структура пуско-наладочных работ	49
4.3 Сметная стоимость пусконаладочных работ	54
<u>ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»</u>	<u>61</u>
5. Социальная ответственность	63
5.1 Расположение предприятия, цеха	64
5.2 Анализ условий труда	63
5.3 Инженерные мероприятия направленные на улучшение условий труда	66
5.4 Техника безопасности	69
5.5 Расчёт опасности поражения электрическим током	72
5.6 Расчёт заземления данные для расчёта заземления	73
5.7 Пожарная безопасность цеха	75
5.8 Охрана окружающей среды	87
5.9 Возможные чрезвычайные ситуации в цехе агломерации	91
<u>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</u>	<u>94</u>
<u>CONCLUSION</u>	<u>96</u>
<u>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</u>	<u>97</u>
<u>ПРИЛОЖЕНИЕ А</u>	<u>98</u>

ВВЕДЕНИЕ

Прогрессивный электропривод переменного тока содержит в себе приводной преобразователь частоты со звеном тока постоянного и инвертором с широтно-импульсной модуляцией. В текущее время более повсеместно используются преобразователи с автономными инверторами напряжения.

Так как в виде источника питания применяется 3-х фазная сеть переменного тока, то в состав преобразователя частоты включен 3-х фазный неуправляемый с использованием диодов либо управляемый выпрямитель. В преобразователь интегрирована система управления эл-привода с микропроцессорным управлением и наружным интерфейсом, обеспечивающим пользователям широко форматные способности фактического использования.

Набор существующих аппаратных средств совместно со интегрированным программным обеспечением позволяет воплотить разные конфигурации эл-привода от простых разомкнутых систем до более сложных закрытых систем регулировки как положением так и скоростью.

В этой системе используется закон регулировки U/f – регулировки при разных соотношениях частоты.

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1 Структура и технологический процесс агломерационного цеха

Агломерационный цех состоит из последующих главных подразделений ☐

- корпус приемных бункеров ☐
- склада материалов шихтовых ☐
- корпуса деления известняка ☐
- корпуса топлива измельчения ☐
- смесительного отделения ☐
- спекательного отделения ☐
- корпуса остывания агломерата ☐
- корпуса сортировки агломерата.

Автотранспортная взаимосвязь меж корпусами осуществляется, отдельными машинками и аппаратами построенным выполняется в главном ленточными конвейерами.

При месторасположении агломерационной построенным внутри на металлургического предприятия присутствует вероятность применять при производстве агломерата второстепенные продукты и отходы металлургического производства колошниковую пыль, отсев агломерата и окатышей, окалину, маленький кокс (получаемый при его сортировке в доменных и коксохимических печах). Отпадает и еще потребность в перевозке этих продуктов которые были использованы. Так же для осуществления процесса горения шихты применяют коксовые и доменные газы.

В бункера 1 подают железосодержащую Элемент шихты (экстракт, руду, колошниковую пылеобразование и возврат), а кроме того коксик и известняк. Пред подачей коксик подвергают делению в четырехвалковой молотилке, а мел – в молотковой. С бункеров шихтовые вещества в установленных соотношениях вручат питателями-2 в двухленточный транспортер-3. Далее вещества действуют в однобарабанный смеситель-4 и окомкователь либо второстепенный смеситель-5, в каковых они смешиваются, увлажняются и окомковываются. Затем

приготовленная подобным способом аглошихта сервируется в бункера – распределители-6, в каком месте грохочением с шихты акцентируют большую фракцию – стелечный сырье (постель).

Питателями шихты кладут в ленту агрегата-8 вначале большую фракцию, а далее оставшуюся Элемент шихты. Наполненная в постоянно перемещающиеся тележки (ленту) шихтосмеситель действует перед зажигательный печь-7, что поджигает имеющийся в шихте коксик, и вследствие постоянному просасыванию. При помощи шихту атмосферы эксгаустером-15 совершается нее агломерация. Вентилятор формирует филирование перед пролетарой ветвью автомобиля в пустота-камерах-8а, что же гарантирует устранение в атмосферу. При помощи дымовую трубу-16, газовидных товаров сгорания. В месте газового коллектора-13, средь машиной и эксгаустером продукты сгорания вычищаются в газоочистительном приборе-14 с пыли и просыпи шихты и агломерата. С агломерирующих машин аггломер оказывается в вальную молотилку-9, в каком месте совершается размельчение. Далее его направляют в грохот-10, а далее в ультраохладитель-11. Остуженный аггломер подвергается грохочению в неподвижном грохоте-12, в каком месте некто делится в хороший продукция и возвращение. Объединение меньше 10 миллиметров. вращивается в бункера 1. Аггломер значительность наиболее 10 миллиметров. признается подходящей с целью доменной трусики. В последствии сортировки качественный аггломер транспортерами следует в электродоменный цех. Базисная модель научно-технического движения агломерации показана в рис. 1

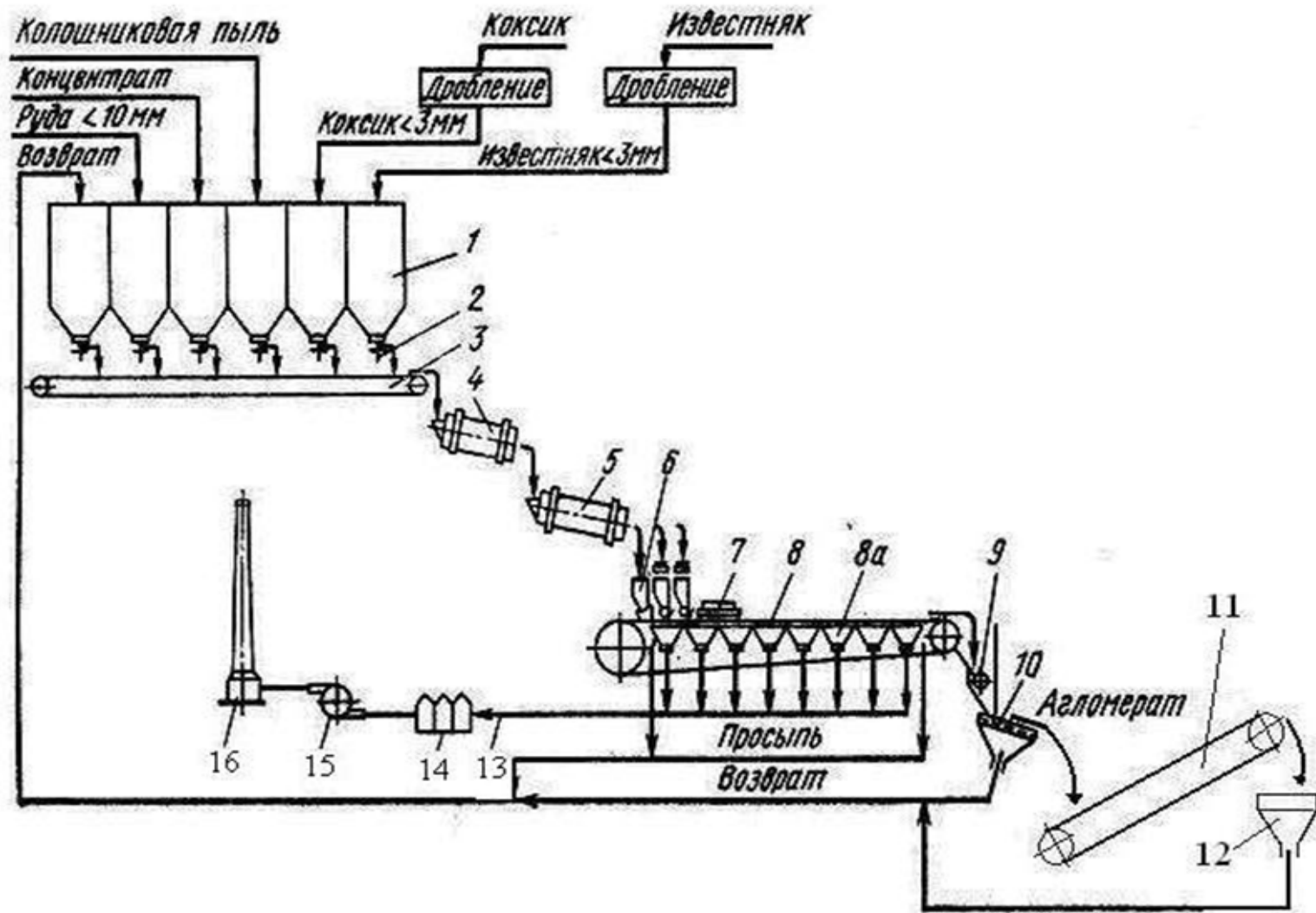


Рис.1. Принципиальная схема технологического процесса агломерации

1.2 Принцип действия и конструкция охладителя агломерата

Основная средняя температура спекшегося агломерата составляет 500-600°C, ну а в нижней доли 1200°C. Внедрение жаркого агломерата в доменной плавке не активизирует процесс восстановления, вместе с тем оно негативно оказывает влияние на стойкость электрического оборудования системы подачи шихты к доменным печам и усугубляет условия работы в доменном цехе. В этой связи, агломерат потребуется освежать. Чтобы достичь желаемого результата, в агломерационном цехе ОАО «ЗСМК» употребляют охладитель агломерата ОП-315. Вид охладителя представлен на рисунке. 2 (а, б).

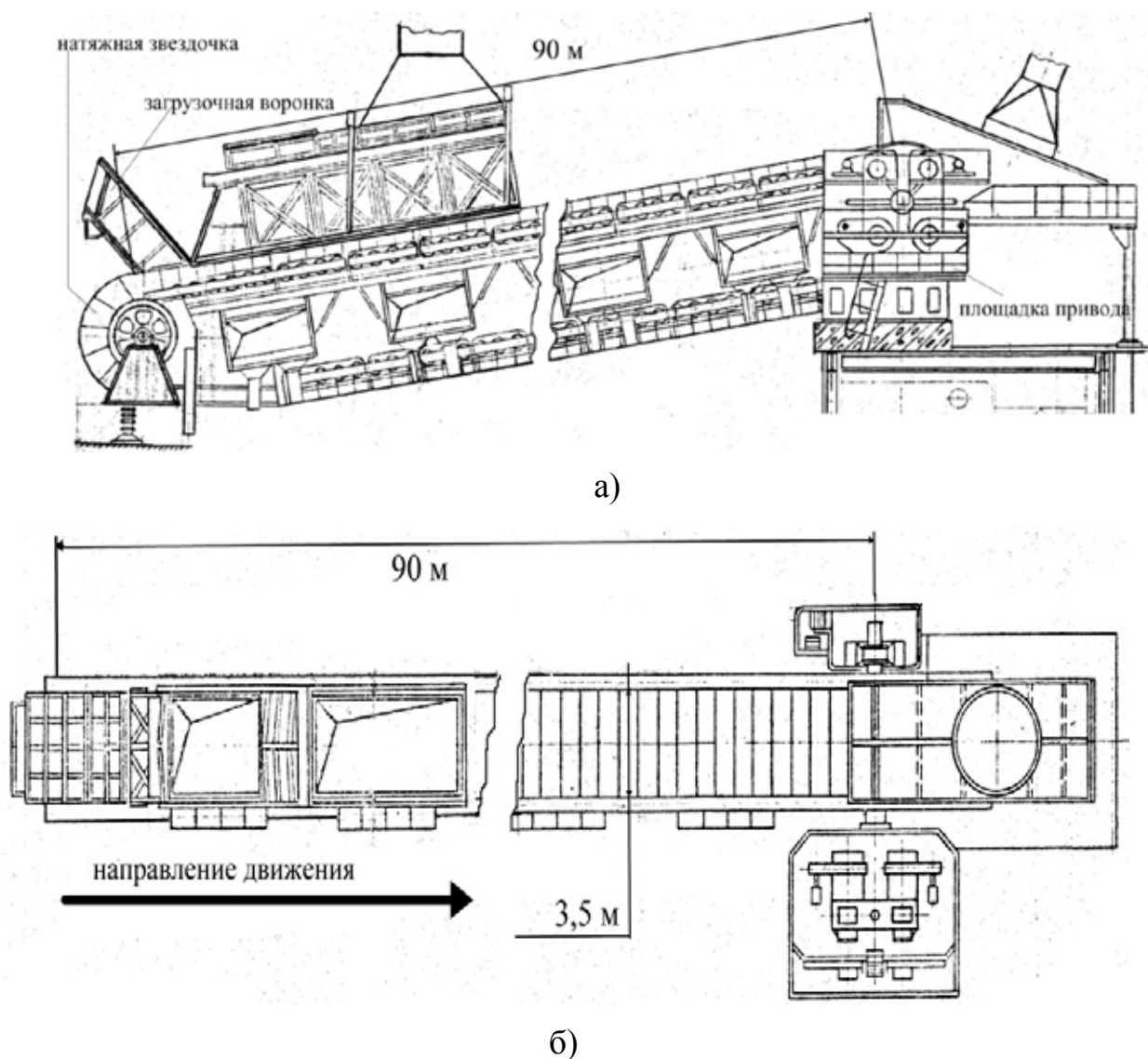


Рис. 2. Общий вид охладителя агломерата ОП-315

Этот вид охладителя довольно экономичен и несложен. Он представляет из себя цепной сборочный поток, у которого тяговым составляющим считаются 2 цепи, а грузонесущим – колосниковые сетки, соединенные друг от друга так, собственно образуют нескончаемую ленту. Также в состав охладителя входят загрузочная воронка и приемное приспособление. Чтоб цепи не провисали под тяжестью решеток и агломерата, имеются две натяжные звездочки в нижней доли охладителя

Шесть вентиляторов остужают агломерат маршрутом продувания его воздухом снизу ввысь до температуры 100

находятся в зависимости качество продукции, численность мелочи и выход пригодного агломерата, также условия работы следующего оборудования и обслуживающего персонала. Излишнее остывание агломерата помимо прочего не нужно, потому что при всем этом растут энерго издержки и время доменной плавки. Потому притязании, предъявляемые со стороны научно-технического процесса к электроприводу, можно назвать жесткими.

1.3 Технические данные охладителя ОПЗ-315

Технические данные охладителя агломерата ОПЗ-315 сведены в таблицу 1.

Табл. 1. Технические данные охладителя ОПЗ-315

Наименование	Единица измерения	Величина
Производительность	т/ч	740
Активная рабочая площадь	м ²	315
Длина	м	90
Ширина	м	3,5
Скорость движения полотна	м/мин	1 - 3

Продолжение Табл. 1. Технические данные охладителя ОПЗ-315

Высота слоя агломерата	мм	600 – 700
Подпор в дутьевых камерах	мм в/ст.	220
Угол наклона охладителя	градус	16
Коэффициент сопротивления		0,05
Скорость ведомых звездочек	c^{-1}	0,15
Мощность эл.двигателей	кВт	2*55

Устройство привода охладителя ОП-315 пояснено на рис. 3 и 4.

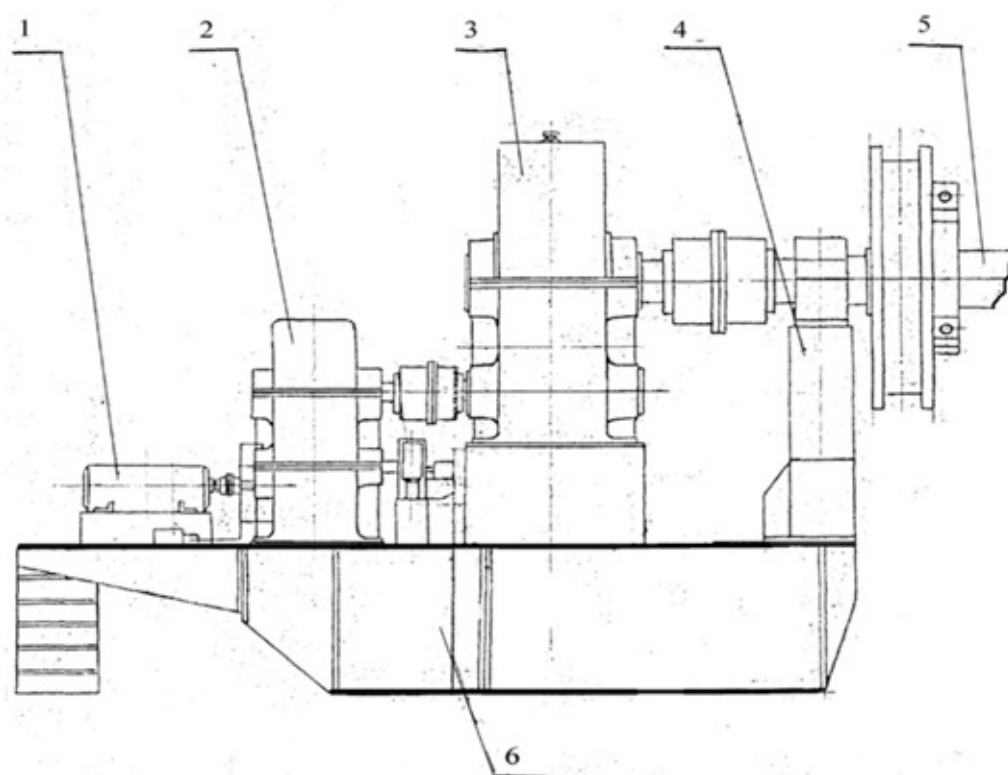


Рис. 3. Площадка привода охладителя ОП-315

На рис. 3 приняты следующие обозначения: 1-электрический двигатель, 2-редуктор специальный, 3-редуктор цилиндрический одноступенчатый, 4-стойка опорного подшипника, 5-коренной вал в сборе со звездочками и траверсами, 6-основание площадки привода.

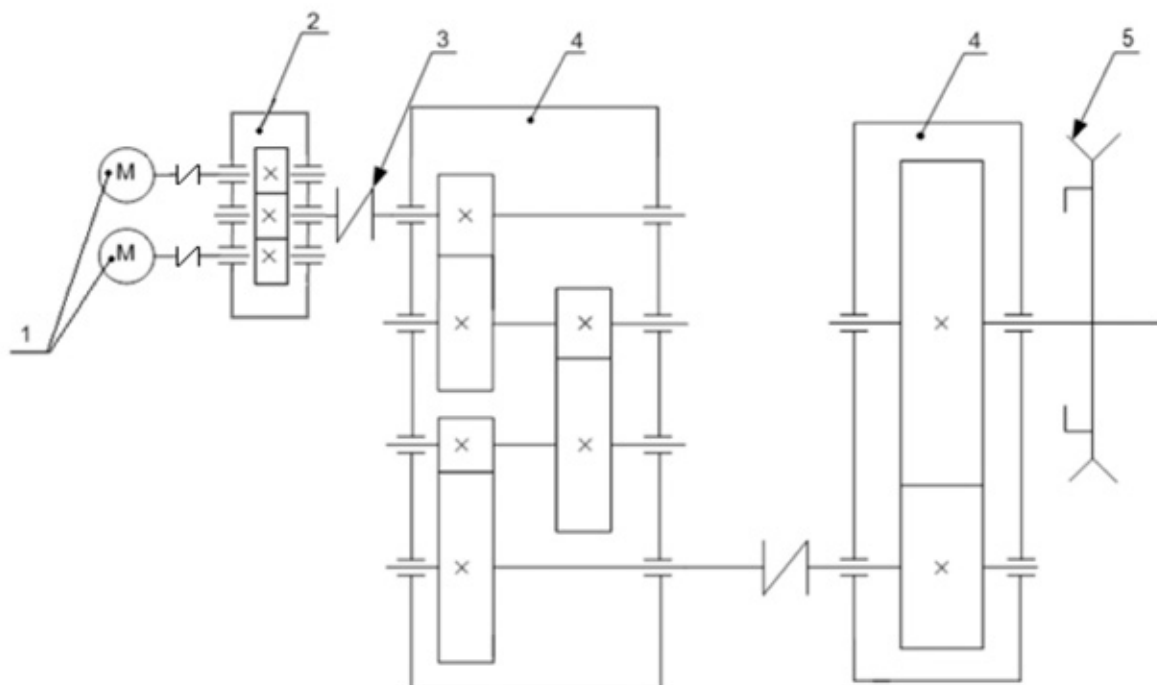


Рис. 4. Кинематическая схема привода охладителя.

Крутящий момент от двигателей - 1 через специальный редуктор - посредством муфты - 3 через редукторы - 4 передается на вал с звездочкой 5 крутящей цепь охладителя. Многоступенчатый редуктор понижает скорость так, что полотно, на котором транспортируется агломерат, движется с скоростью 1 ... 3 м/мин.

2 ПРОЕКТНО-РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Выбор электрооборудования и расчет параметров силовой цепи

По научно-техническим условиям для постоянного высококачественного охлаждения агломерата, электропривод охладителя обязан трудиться в продолжительном режиме, то есть ПВ=100%. Верный выбор силы электродвигателя имеет огромное значение, потому что с ним поддерживаются малые издержки и утраты электричества при эксплуатации, высочайшая производительность и надежность работы приспособления. Занижение силы электродвигателя вызывает его перегрев при работе, ранний поломка, завышенную цену ремонта. Завышение силы усугубляет энерго характеристики электродвигателя. При всем этом понижается коэффициент нужного действия, растут капитальные издержки и эксплуатационные затраты. Выбор силы мотора обязан быть произведен в полном согласовании с перегрузкой на валу и режимом работы.

Расчет мощности привода охладителя, будем вести по методике изложенной в документации технического отдела АИП и [2].

Два двигателя нужны для того чтобы если один двигатель выйдет из строя то второй сможет доработать. При работе на один редуктор двигатели не сильно загружены

Мощность двух двигателей для привода охладителя определим по формуле [1]:

Рассчитаем мощность двух двигателей:

$$P_{\text{д}} = \frac{K \times Q \times q}{1000 \times \eta} \times (c \times L + H) = \frac{1.3 \times 740 \times 9.81}{1000 \times 0.86} \times (0.15 \times 90 + 24.8) = 109.132 \text{ кВт}$$

где: К – 1,3 – коэффициент, учитывающий увеличение мощности в динамическом режиме.

Q – производительность (кг/с);

q – ускорение свободного падения ($q=9,81 \text{ м/с}^2$);

c – опытный коэффициент;

L – длина конвейера (м);

H – высота подъема транспортируемого груза (м);

η – коэффициент полезного действия двигателя ($\eta = 0,92$).

Определим высоту подъема транспортируемого груза:

$$H = L \cdot \sin \alpha ,$$

где α – угол наклона охладителя, $\alpha = 16^\circ$ (по данным из табл. 1)

$$H = 90 \cdot \sin 16^\circ = 24,8 \text{ м.}$$

Мощность одного двигателя :

$$P = \frac{P_{\text{а}}}{2} = \frac{109.132}{2} = 54.556 \text{ кВт}$$

Выбираем двигатель серии 2АИУ280М10. Так как электродвигатель работает в длительном режиме, то его проверка не требуется.



Рис. 5. Асинхронный двигатель 2АИУ280М10

Данные электродвигателя 2АИУ280М10:

$P_n = 55 \text{ кВт}$. – мощность номинальная;

$U_n = 380 \text{ В}$. – напряжение номинальное;

$n_n = 600 \text{ об/мин}$. – скорость вращения номинальная;

$I_{\text{д.н}} = 125 \text{ А}$ – ток электродвигателя номинальный;

$J_{\text{дв}} = 5 \text{ кг/м}^2$ – момент инерции электродвигателя.

$R_1 = 0.093 \text{ Ом}$ – сопротивление активное обмотки статора;

$R'_2 = 0.036 \text{ Ом}$ – сопротивление активное обмотки ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя;

$\eta_n = 0,92$ – двигателя КПД.

$p = 5$ – полюсов число пар.

2.2 Расчетные параметры двигателя

Синхронная угловая частота вращения двигателя:

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_{\text{ли}}}{z_p} = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.14 \cdot 600}{30} = 62.832, \text{ рад/с}.$$

Номинальная частота и угловая скорость вращения двигателя:

$$n_{\text{дв.н}} = (1 - s_n) \cdot n_0 = (1 - 0.017) \cdot 600 = 589.8 \text{ об/мин}, \quad \omega_{\text{дв.н}} = (1 - s_n) \cdot \omega_0 = 61.764 \text{ рад/с}.$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{дв.н}} \cdot 10^3}{\omega_{\text{дв.н}}} = \frac{55 \cdot 10^3}{61.764} = 875.352 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальный потребляемый ток двигателя при прямом пуске:

$$I_{1\text{макс}} = k_{i\text{дв}} \cdot I_{1\text{н}} = 5 \cdot 124.082 = 620.409 \text{ А}.$$

Критический момент двигателя на естественной характеристике:

$$M_k = m_k \cdot M_{\text{дв.н}} = 2.2 \cdot 875 = 1926 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пусковой момент двигателя при прямом пуске:

$$M_{\text{дв.пуск}} = m_{\text{п}} \cdot M_{\text{дв.н}} = 1.5 \cdot 875 = 1313 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2.3 Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по каталожным данным

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, показанная на рис. 6.

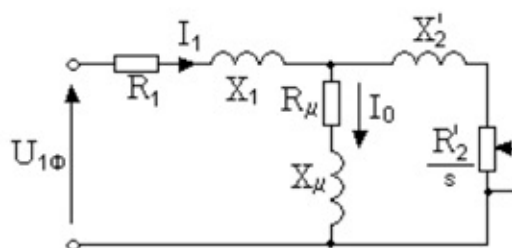


Рис. 6. Схема замещения асинхронного двигателя

Основные уравнения асинхронного двигателя, соответствующие принятой схеме замещения:

$$\overline{U_{1\phi}} - \overline{E_1} - j \cdot X_1 \cdot \overline{I_1} = 0; \quad \overline{E_1} + j \cdot X_2' \cdot \overline{I_2'} + R_2' \cdot \overline{I_2'} / s = 0; \quad \overline{I_1} + \overline{I_2'} - \overline{I_0} = 0.$$

Определим параметры Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя 2АИУ280М10 по его каталожным данным. Расчеты выполним при следующих основных допущениях:

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

Ток холостого хода двигателя

$$I_0 = \sqrt{\frac{(I_{11})^2 - \left[\frac{p^* \cdot (1 - s_n)}{(1 - p^* \cdot s_n)} \right]^2}{1 - \left[\frac{p^* \cdot (1 - s_n)}{(1 - p^* \cdot s_n)} \right]^2}} = 49.101, \text{ А},$$

где:

$$I_{11} = \frac{p^* \cdot P_{двн}}{3 \cdot U_{1\phi n} \cdot (\cos \phi_{p^*} \cdot \eta_{p^*})} = \frac{0.915 \cdot 55000}{3 \cdot 220 \cdot (0.72 \cdot 0.92)} = 115.112 \text{ А}$$

– ток фазы статора при частичной нагрузке;

p^* – степень загрузки;

η_{p^*} , $\cos \phi_{p^*}$ – КПД и коэффициент мощности в режиме частичной загрузки.

Приведенное к обмотке статора активное сопротивление обмотки ротора в номинальном режиме

$$R_2' = \frac{3 \cdot U_{1\phi n}^2 \cdot (1 - s_n)}{2 \cdot m_k \cdot P_{двн} \cdot C_1^2 \cdot \left(\beta + \frac{1}{s_k} \right)} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0.017)}{2 \cdot 3 \cdot 55000 \cdot 1.04^2 \cdot \left(2.5 + \frac{1}{0.079} \right)} = 0.036, \text{ Ом},$$

где:

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_f \cdot I_{1\phi n}} = 1 + \frac{49.101}{2 \cdot 5 \cdot 124.082} = 1.04$$

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

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

$$0.017 \cdot \frac{2.2 + \sqrt{2.2^2 - [1 - 2 \cdot 0.017 \cdot 2.5 \cdot (2.2 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0.017 \cdot 2.5 \cdot (2.2 - 1)} = 0.079$$

– критическое скольжение;

β – коэффициент, характеризующий соотношение активных сопротивлений статора и ротора, значение которого находится в диапазоне $0.6 \div 2.5$. Значение коэффициента β рекомендуется принимать, ориентируясь на соотношение сопротивлений $\frac{R_1'}{R_2}$, приводимых в справочных данных для двигателей серии 4А

соответствующей мощности и синхронной скорости s_n . В общем случае для двигателей с малым значением номинального скольжения следует выбирать $\beta \geq 1$, а для двигателей с повышенным скольжением – $\beta \leq 1$.

Активное сопротивление обмотки статора в номинальном режиме

$$R_1 = R_2' \cdot \beta \cdot C_1 = 0.036 \cdot 2.5 \cdot 1.04 = 0.094, \text{ Ом}.$$

Индуктивное сопротивление короткого замыкания в номинальном режиме:

$$X_{\text{кн}} = R_2' \cdot \gamma \cdot C_1 = 0.036 \cdot 12.37 \cdot 1.04 = 0.464, \text{ Ом},$$

где:
$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{s_k}\right)^2 - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0.079}\right)^2 - 2.5^2} = 12.371$$

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

Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора в номинальном режиме:

$$X_{1\sigma} = 0.42 \cdot X_{\text{кн}} = 0.42 \cdot 0.464 = 0.195, \text{ Ом}.$$

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

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{лн}}} = \frac{0.195}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.0006205, \text{ Гн}.$$

Приведенное к обмотке статора индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора в номинальном режиме:

$$X'_{2\sigma} = 0.58 \cdot \frac{X_{\text{кн}}}{C_1} = 0.58 \cdot \frac{0.464}{1.04} = 0.259, \text{ Ом}.$$

Приведенная индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоком рассеяния, в номинальном режиме:

$$L'_{2\sigma} = \frac{X'_{2\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{лн}}} = \frac{0.259}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.0008243, \text{ Гн}.$$

Индуктивное сопротивление контура намагничивания (главное индуктивное сопротивление):

$$X_{\mu} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{195.212}{49.101} = 3.976, \text{ Ом},$$

$$E_1 = \sqrt{(U_{\text{лфн}} \cdot \cos \phi_{\text{н}} - I_{\text{лфн}} \cdot R_1)^2 + (U_{\text{лфн}} \cdot \sin \phi_{\text{н}} - I_{\text{лфн}} \cdot X_{1\sigma})^2} =$$

где:

$$= \sqrt{(220 \cdot 0.73 - 124.082 \cdot 0.094)^2 + (220 \cdot 0.73 - 124.082 \cdot 0.195)^2} = 195.212, \text{ В}$$

– ЭДС ветви намагничивания, наведенная потоком воздушного зазора (главным полем), в номинальном режиме, В.

Результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком в воздушном зазоре:

$$L_m = \frac{X_{\mu}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{лн}}} = \frac{3.976}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.013, \text{ Гн}.$$

Проведем проверку адекватности расчетных параметров двигателя. При найденных параметрах рассчитываются значения номинального электромагнитного момента двигателя при номинальной скорости:

$$M_{\text{эм.н}}^* = \frac{3 \cdot U_{\text{лфн}}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_{\text{н}} \cdot \left[X_{\text{кн}}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_{\text{н}}} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_{\text{н}} \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} =$$

$$\frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0.036}{62.832 \cdot 0.017 \cdot \left[0.464^2 + \left(0.094 + \frac{0.036}{0.017} \right)^2 + \left(\frac{0.094 \cdot 0.036}{0.017 \cdot 3.9} \right)^2 \right]} = 955.908, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{эм.н}}^{**} = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{(L_m + L_{2\sigma})} \cdot \Psi_{2н} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1н}^2 - I_0^2} =$$

$$\frac{3}{2} \cdot 5 \cdot \frac{0.013}{(0.013 + 0.0008243)} \cdot 0.842 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{124.082^2 - 49.101^2} = 997.173, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где:

$$\Psi_{2н} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_m = \sqrt{2} \cdot 49.101 \cdot 0.013 = 0.879, \text{ Вб.}$$

Должны выполняться условия:

$$M_{\text{дв.н}} < M_{\text{эм.н}}^* \leq 1.1 \cdot M_{\text{дв.н}}; \quad M_{\text{эм.н}}^{**} \approx M_{\text{эм.н}}^*.$$

Условия выполняются.

2.4 Функциональная схема асинхронного электропривода со скалярным управлением

Функциональная схема реализации асинхронного частотно-регулируемого электропривода со скалярным управлением без датчика скорости приведена, соответственно, на рис. 7. Основными функциональными элементами регулируемого асинхронного электропривода с частотным скалярным управлением являются:

- преобразователь частоты;
- блок управления преобразователем, включающий в себя формирователь 3-фазной системы управляющих напряжений u_{1a} , u_{1b} и u_{1c} , формирователь 6-канального ШИМ-сигнала и блок драйверов;
- формирователь $\frac{U}{f}$ – характеристики;
- задатчик интенсивности скорости с линейной характеристикой;
- датчики в общем случае линейного тока двигателя;
- блок расчета фактического значения действующего фазного тока двигателя;
- блок IR -компенсации;
- блок компенсации скольжения;

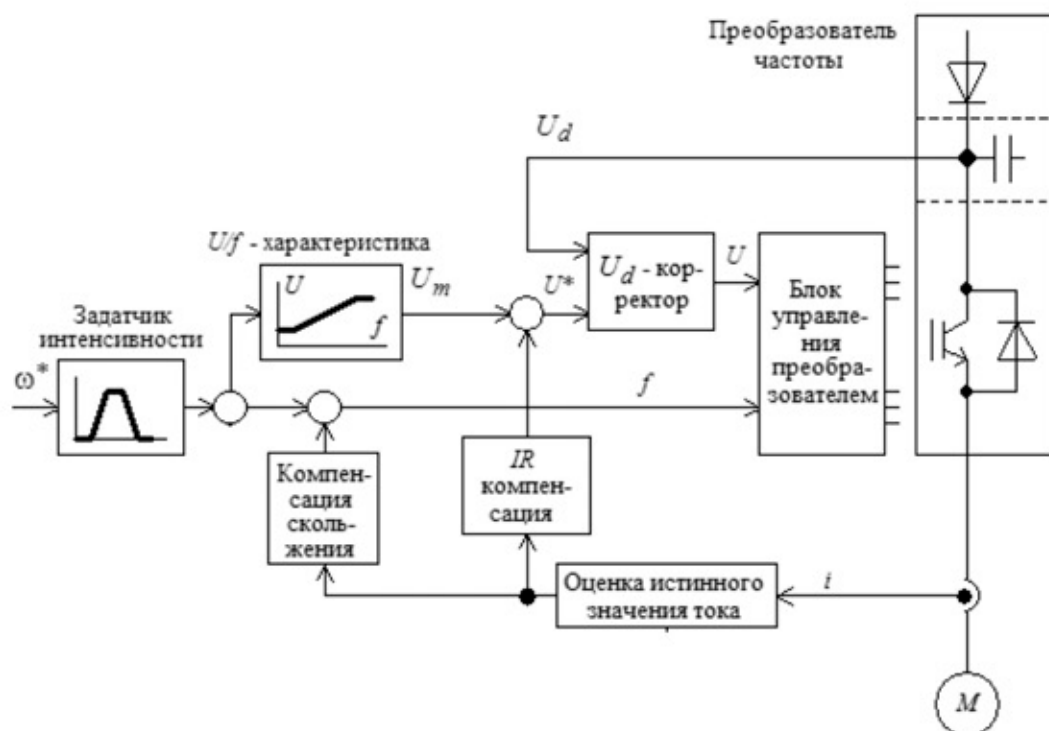


Рис. 7. Функциональная схема асинхронного электропривода со скалярным частотным управлением без датчика скорости

2.5 Особенности выбора частотно-регулируемого электропривода охладителя агломерата

Выбор частотно-регулируемого электропривода охладителя агломерата имеет ряд особенностей. Укажем те из них, которые наиболее характерны для данного типа объектов автоматизации.

Диапазон скорости электропривода охладителя агломерата невелик и может достигаться достаточно простым и наиболее широко распространенным методом управления: вольт/частотным $U_1 / f_1 = const$. Диапазон регулирования современных асинхронных электроприводов при вольт/частотном методе управления, как правило, составляет 1:40, что является вполне достаточным для электропривода охладителя агломерата. Поддержание постоянства отношения $U_1 / f_1 = const$ обеспечивает постоянство потокосцепления и критического момента двигателя во всем диапазоне регулирования скорости изменением частоты. Однако это справедливо лишь при пренебрежимо малом активном сопротивлении обмотки статора, практически же при уменьшении частоты:

уменьшается и максимальный момент двигателя. В простейшем случае для повышения момента двигателя на малых скоростях вращения в преобразователях предусмотрена функция повышения начального значения выходного напряжения, применяются модули *Ud*-коррекции и *IR*-компенсации. В результате достигается компенсация уменьшения момента двигателя для нагрузок с постоянным моментом сопротивления или достигается увеличение пускового момента двигателя для нагрузок с высоким моментом трогания. Из-за ограниченной жесткости рабочей части механических характеристик асинхронных двигателей диапазон регулирования скорости в разомкнутых системах частотно-регулируемого асинхронного электропривода не может быть более 1:10.

Для привода охладителя агломерата выбираем преобразователь АВВ ACS550-01-125A-4. Наименование преобразователя содержит следующие обозначения:

- ACS550 – серия изделия (возможность создать полностью автоматизированную систему управления)
- 01 – настенный монтаж
- 125A – ток в номинальном режиме 125 А
- 4 – диапазон напряжений питания 380 - 480 В

Основные параметры, которые предоставляет завод-производитель представлены в табл. 2.

Табл. 2

Нормальный режим			Тяжёлый режим		
P_n , кВт	P_n , л.с.	I_n , А	$P_{тяж}$, кВт	$P_{тяж}$, л.с.	$I_{тяж}$, А
55	100	125	45	75	96

P_n , кВт – номинальная мощность двигателя при 400 В, нормальный режим,

P_n , л.с. – номинальная мощность двигателя при 460 В, нормальный режим,

I_n , А – номинальный ток двигателя, нормальный режим,

$P_{тяж}$, кВт – номинальная мощность двигателя при 400 В, тяжёлый режим,

$P_{\text{тяж}}$, л.с. – номинальная мощность двигателя при 460 В, тяжёлый режим,

$I_{\text{тяж}}$, А – номинальный ток двигателя, тяжёлый режим.

Нормальный и тяжёлый режимы работы зависят от механизма и условий эксплуатации. Большинство насосов, вентиляторов и конвейеров соответствует «Нормальный режим». «Тяжёлый режим» предназначен для случаев с высокими требованиями по перегрузкам.



Рис. 8. Внешний вид преобразователя ACS550-01-125A-4

2.6 Расчет параметров элементов структурной схемы силового канала электропривода

В простейшем случае без учета ШИМ инвертор представляет собой линейный усилитель с чистым запаздыванием на величину периода широтно-импульсной модуляции $T_{\text{шим}}$:

$$T_{\text{и}} = T_{\text{шим}} = \frac{1}{f_{\text{шим}}} = \frac{1}{10^4} = 1 \cdot 10^{-4}, \text{ с},$$

где $f_{\text{шим}}$ – несущая частота инвертора (частота ШИМ), Гц.

Максимальные значения действующего и амплитудного фазного напряжения двигателя принимаются, соответственно, равными:

$$U_{1\phi n} = 220 \text{ В}; \quad U_{1\phi m} = \sqrt{2} \cdot U_{1\phi n} = \sqrt{2} \cdot 220 = 311.1 \text{ В}.$$

С учетом ШИМ напряжения инвертора и при соединении обмоток статора двигателя в звезду параметры преобразователя выбираются в соответствии с приведенными ниже выражениями.

$U_{d0} = 1.35 \cdot U_c$ – напряжение звена постоянного тока преобразователя, В,
где:

U_c – линейное напряжение источника питания преобразователя, В;

$\gamma_{\text{макс}} < 1$ – максимальное значение коэффициента относительной продолжительности включения ключей инвертора (рекомендуется принять $\gamma_{\text{макс}} = 0.95$), о.е.

Условие согласования напряжения преобразователя и двигателя:

$$U_{d0} \geq \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{1n}}{\gamma_{\text{макс}}}, \text{ В}.$$

Коэффициент усиления инвертора:

$$k_{\text{и}} = \frac{U_{d0}}{\sqrt{3}}.$$

Условия выбора преобразователя по напряжению и току:

$$U_{\text{и.н}} \geq \sqrt{3} \cdot U_{1n}; \quad I_{\text{и.н}} \geq I_{1n}; \quad I_{\text{и.макс}} \geq I_{1\text{макс}}.$$

2.7 Расчет электромеханических и механических характеристик при частотном управлении

Естественная механическая характеристика $M(s)$ электродвигателя для частоты $f_{1n} = 50$ Гц рассчитывается по выражению:

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_{1\phi n}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[X_{\text{кн}}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]},$$

где s – скольжение двигателя, принимаем в двигательном режиме от 0 до 1.

Далее скорость вращения вала двигателя вычисляем по выражению:

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

Механические характеристики $M(s)$ электродвигателя для частот: $f = 5, 10, 20, 30, 40$ Гц рассчитываем по выражению:

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_1^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[(f^* \cdot X_{\text{кн}})^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu \cdot f^*} \right)^2 \right]}.$$

где $f^* = f/50$ – учет изменения индуктивных сопротивлений;

$U_1 = 4,4 \cdot f$ – изменение напряжение при скалярном законе управления $U/f = \text{const}$.

На рис. 9 представлено семейство механических характеристик.

Электрохимические характеристики электродвигателя рассчитываются для таких же частот по выражению (ток в цепи ротора):

$$I_2'(s) = \frac{U_{\text{лфн}}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (f^* \cdot X_{\text{кн}})^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu \cdot f^*} \right)^2}}.$$

Изменения скольжения s , напряжения питания U_1 , частоты сети f , относительной частоты f^* производим таким же образом как и для построения механических характеристик. По результатам расчета строятся электрохимические характеристики, представленные на рис. 10.

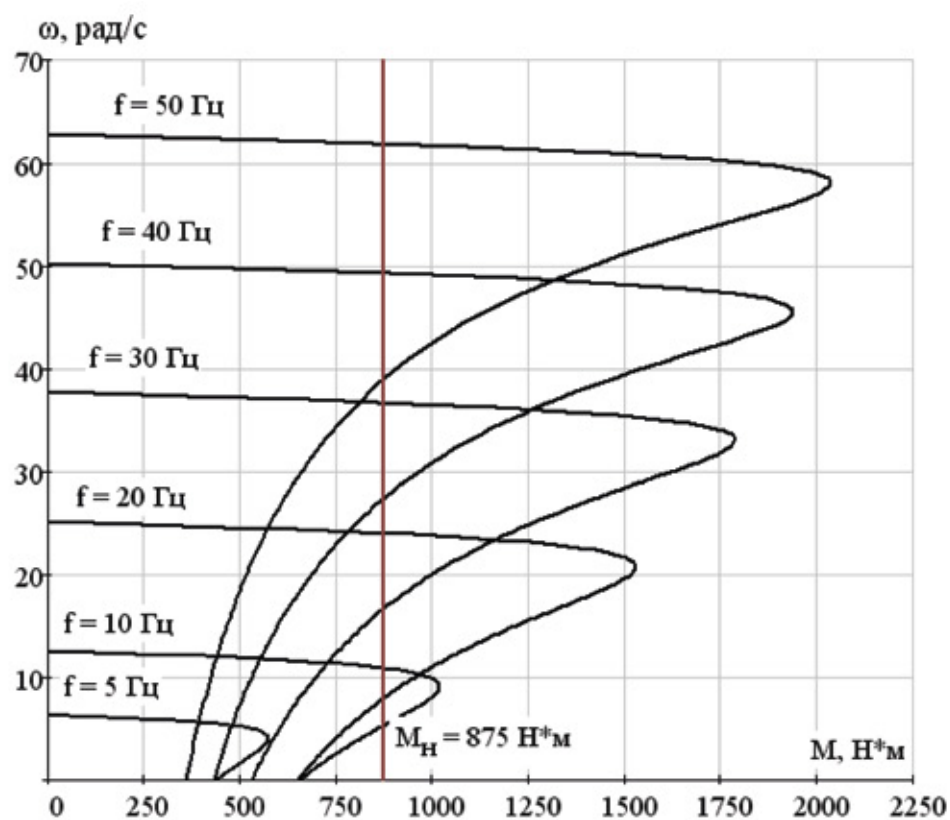


Рис. 9. Механические характеристики асинхронного двигателя

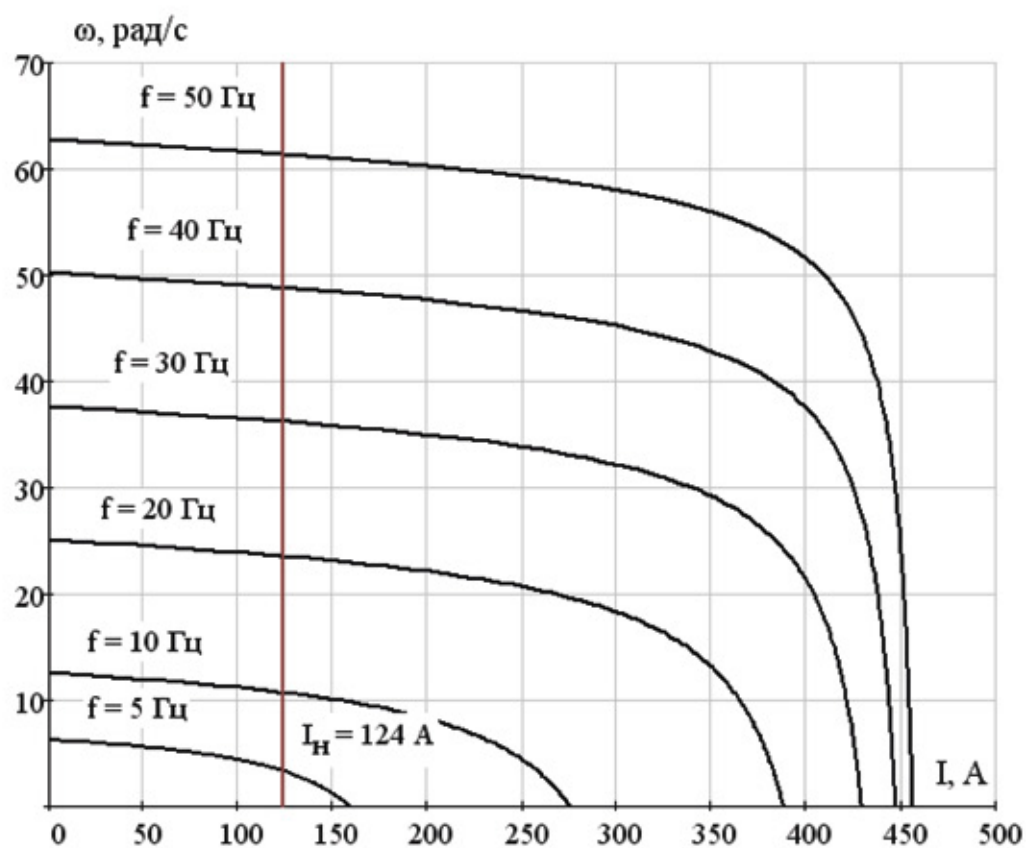


Рис. 10. Электромеханические характеристики асинхронного двигателя

2.8 Расчет электромеханических и механических характеристик при частотном управлении

Из-за технологического разброса параметров двигателей при их изготовлении характеристики могут отличаться. Рассмотрим особенности работы двух двигателей со схожими параметрами на одну общую нагрузку (на один вал). Для этого изменим параметры двигателя 2АИУ280М10. Увеличим активные сопротивления статора и ротора на 30 %. Полученные механические характеристики двух двигателей представлены на рис. 11 а). На графике добавлена характеристика нагрузки – статический номинальный момент M_n .

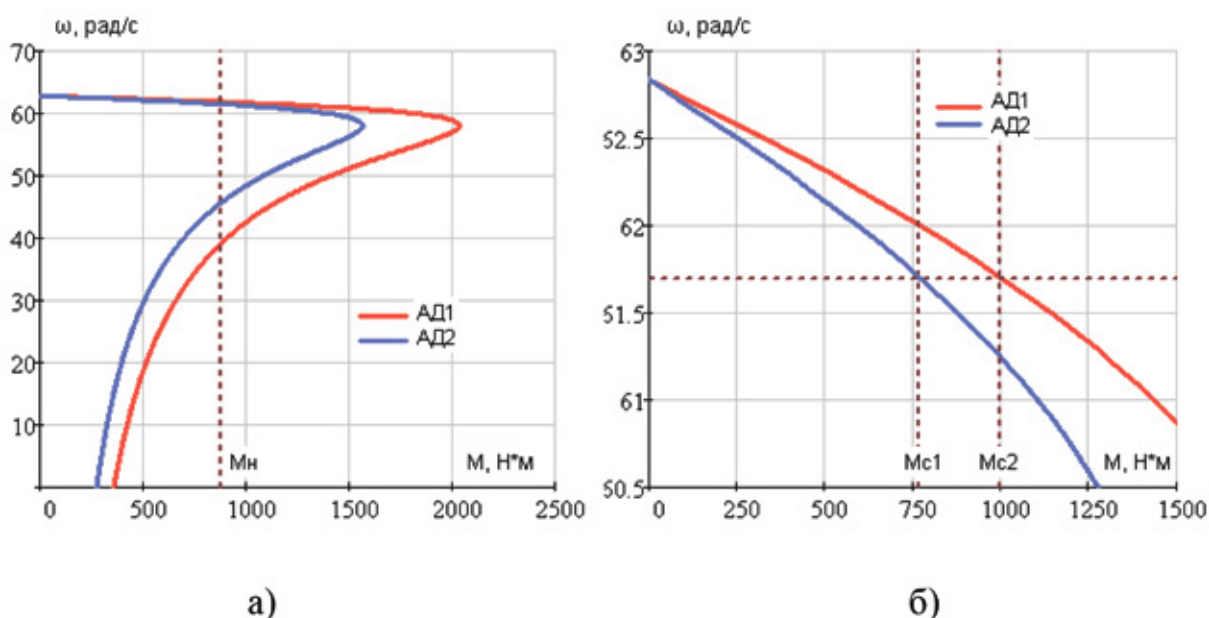


Рис. 11. Статические механические характеристики $M = f(\omega)$ двух двигателей

На рис. 11 б) представлены те же характеристики двух двигателей в увеличенном масштабе. Т.к. скорость двигателей будет одинаковая (механически жестко связаны), то значит моменты и токи двигателей будут разные M_{c1} и M_{c2} , то есть один двигатель будет перегружен, а второй не догружен. Перегрузка двигателя может повлечь за собой перегревы с дальнейшим выходом его из строя. Недогрузка также является отрицательным фактором, с энергетической точки зрения.

Для выравнивания нагрузки применяем IR-компенсацию и компенсацию скольжения. Компенсацию скольжения $K_{кс}$ производим путем повышения

частоты напряжения питания у одного двигателя, а IR-компенсацию с помощью коэффициентов положительной обратной связи K_{km} . На рис. 12. представлены статические механические характеристики с введенными коэффициентами. Как видно из рис. 12 б) в увеличенном масштабе при номинальной нагрузке двигатели работают с одинаковыми моментами $M_{c1} = M_{c2}$. Это означает, что произошло выравнивание нагрузки.

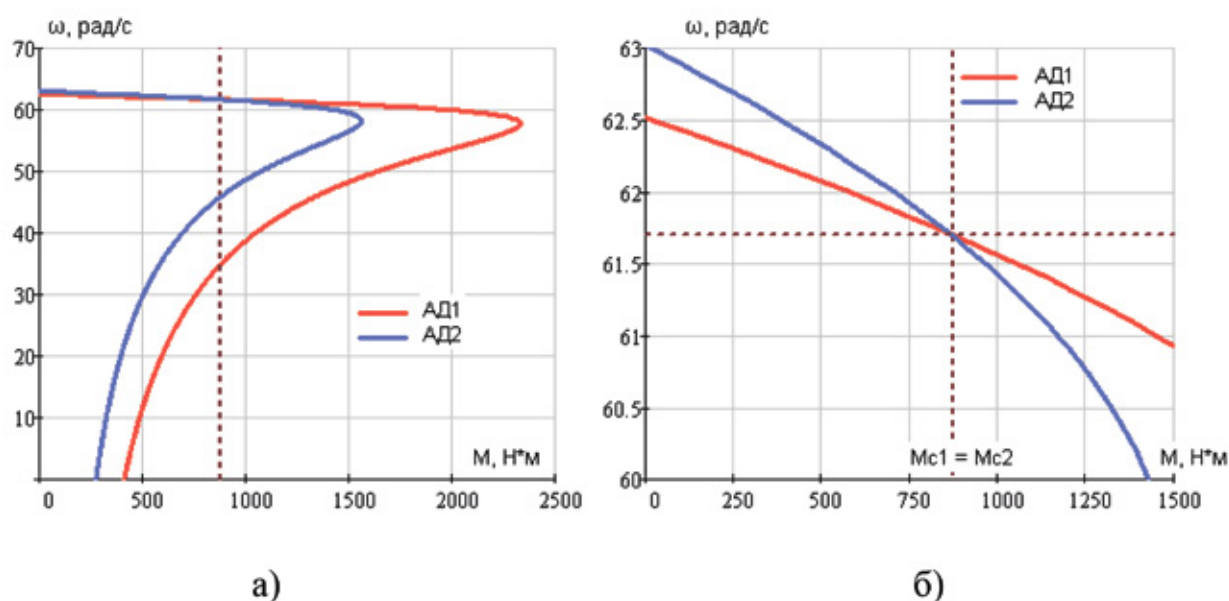


Рис. 12. Статические механические характеристики $M = f(\omega)$ двигателей с введенными компенсациями момента и скольжения

3 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Функциональная схема электропривода охладителя агломерата

Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода охладителя агломерата со скалярным управлением приведена на рис. 13. В состав электропривода входят: задатчик интенсивности скорости на входе, 2 преобразователя частоты ACS550-01-125A-4 асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором 2АИУ280М10. Настраиваемыми параметрами электропривода являются: тип и параметры задатчика интенсивности скорости (ЗИС), значение частоты преобразователя f закон регулирования U_1/f_1 с компенсацией скольжения и момента.

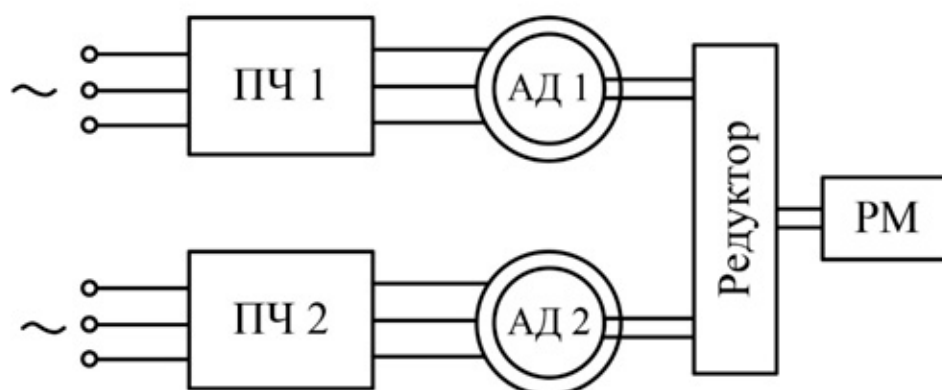


Рис. 13. Функциональная схема частотно-регулируемого асинхронного электропривода охладителя агломерата со скалярным управлением

3.2 Математическое описание и структурная схема асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат α, β

Система уравнений, описывающих работу асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат α, β , имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dI_{1\alpha}}{dt} = \frac{1}{\sigma \cdot L_1} \cdot U_{1\alpha} - \frac{R_s}{\sigma \cdot L_1} \cdot I_{1\alpha} + \frac{R'_2 \cdot L_m}{\sigma \cdot L_1 \cdot L_2^2} \cdot \Psi_{2\alpha} + \\ \quad + \frac{L_m}{\sigma \cdot L_1 \cdot L_2} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \Psi_{2\beta}; \\ \frac{dI_{1\beta}}{dt} = \frac{1}{\sigma \cdot L_1} \cdot U_{1\beta} - \frac{R_s}{\sigma \cdot L_1} \cdot I_{1\beta} + \frac{R'_2 \cdot L_m}{\sigma \cdot L_1 \cdot L_2^2} \cdot \Psi_{2\beta} - \\ \quad - \frac{L_m}{\sigma \cdot L_1 \cdot L_2} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \Psi_{2\alpha}; \\ \frac{d\Psi_{2\alpha}}{dt} = -\frac{R'_2}{L_2} \cdot \Psi_{2\alpha} + \frac{R'_2 \cdot L_m}{L_2} \cdot I_{1\alpha} - z_p \cdot \omega \cdot \Psi_{2\beta}; \\ \frac{d\Psi_{2\beta}}{dt} = -\frac{R'_2}{L_2} \cdot \Psi_{2\beta} + \frac{R'_2 \cdot L_m}{L_2} \cdot I_{1\beta} + z_p \cdot \omega \cdot \Psi_{2\alpha}; \\ M_{\text{эм}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{L_m}{L_2} \cdot z_p \cdot (\Psi_{2\alpha} \cdot I_{1\beta} - \Psi_{2\beta} \cdot I_{1\alpha}); \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} \cdot (M_{\text{эм}} - M_c) \end{array} \right. \quad (1)$$

где: $U_{1\alpha} = U_{1m} \cdot \sin(2\pi \cdot f_1) = \sqrt{2} \cdot U_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_1)$ – синусоидальная по форме составляющая напряжения статора по оси α ортогональной неподвижной системы координат α, β, B ;

$U_{1\beta} = U_{1m} \cdot \cos(2\pi \cdot f_1) = \sqrt{2} \cdot U_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f_1)$ – косинусоидальная по форме составляющая напряжения статора по оси β системы координат α, β, B ;

$U_{1m} = \sqrt{2} \cdot U_1$ – амплитудное значение фазного напряжения статорной обмотки, В;

U_1 – действующее значение фазного напряжения статорной обмотки, В;

f_1 – частота напряжения статора, Гц;

$I_{1\alpha}, I_{1\beta}$ – составляющие тока статора в системе координат α, β, A ;

$\Psi_{2\alpha}, \Psi_{2\beta}$ – составляющие потокоцепления ротора в системе координат α, β , Вб;

$M_{эм}$ – электромагнитный момент двигателя, Н · м ;

M_c – момент статического сопротивления на валу двигателя, включая собственный момент трения двигателя, Н · м ;

$\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_2}$ – коэффициент рассеяния;

J – момент инерции двигателя, кг · м².

В операторной форме записи система уравнений (1) принимает вид:

$$\begin{cases} U_{1\alpha} = R_3 \cdot (T_3 \cdot p + 1) \cdot I_{1\alpha} - \frac{R_2' \cdot L_m}{L_2^2} \cdot \Psi_{2\alpha} - \frac{L_m}{L_2} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \Psi_{2\beta}; \\ U_{1\beta} = R_3 \cdot (T_3 \cdot p + 1) \cdot I_{1\beta} - \frac{R_2' \cdot L_m}{L_2^2} \cdot \Psi_{2\beta} + \frac{L_m}{L_2} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \Psi_{2\alpha}; \\ 0 = (T_2 \cdot p + 1) \cdot \Psi_{2\alpha} - L_m \cdot I_{1\alpha} - \frac{L_2}{R_2'} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \Psi_{2\beta}; \\ 0 = (T_2 \cdot p + 1) \cdot \Psi_{2\beta} - L_m \cdot I_{1\beta} + \frac{L_2}{R_2'} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \Psi_{2\alpha}; \\ M_{эм} - \frac{3}{2} \cdot \frac{L_m}{L_2} \cdot z_p \cdot (\Psi_{2\alpha} \cdot I_{1\beta} - \Psi_{2\beta} \cdot I_{1\alpha}); \\ \omega = \frac{1}{J \cdot p} \cdot (M_{эм} - M_c), \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{где } R_3 = R_1 + R_2' \cdot \frac{L_m^2}{L_2^2}; \quad T_3 = \frac{\sigma \cdot L_1}{R_3}; \quad T_2 = \frac{L_2}{R_2'}.$$

Уравнениям системы (2) соответствует структурная схема асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат статора α, β , приведенная на рис. 14.

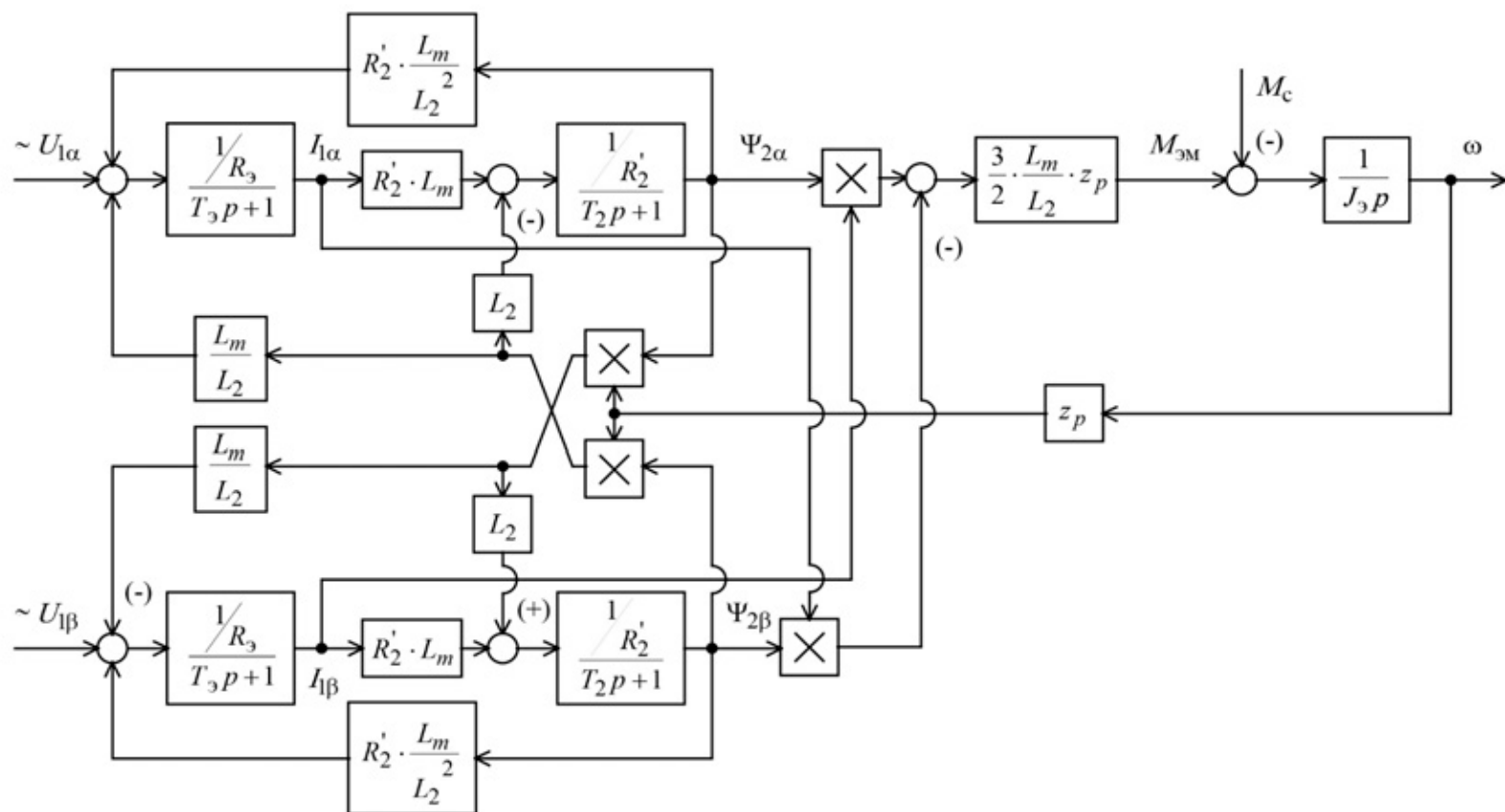


Рис. 14. Структурная схема асинхронного электродвигателя в неподвижной системе координат статора α, β

Параметры звеньев структурной схемы двигателя

Эквивалентные индуктивности обмоток:

– статора

$$L_1 = L_{1\sigma} + L_m = 6.205 \cdot 10^{-4} + 0.013 = 0.013, \text{ Гн};$$

– ротора, приведенная к цепи статора,

$$L'_2 = L'_{2\sigma} + L_m = 8.24 \cdot 10^{-4} + 0.013 = 0.013, \text{ Гн}.$$

Коэффициент рассеяния магнитного поля

$$\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L'_2} = 1 - \frac{0.013^2}{6.205 \cdot 10^{-4} \cdot 8.243 \cdot 10^{-4}} = 0.105.$$

Эквивалентное активное сопротивление цепи статора (без учета сопротивления соединительных проводов)

$$R_{1\sigma} = R_1 + R'_2 \cdot \frac{L_m^2}{L'^2_2} = 0.096 + 0.036 \cdot \frac{0.013^2}{8.243 \cdot 10^{-4}} = 0.126, \text{ Ом}.$$

Электромагнитные постоянные времени цепи статора и ротора:

$$T_{1\sigma} = \frac{\sigma \cdot L_1}{R_{1\sigma}} = \frac{0.105 \cdot 6.205 \cdot 10^{-4}}{0.096} = 0.011, \text{ с}; \quad T_2 = \frac{L'_2}{R'_2} = \frac{8.243 \cdot 10^{-4}}{0.036} = 0.373, \text{ с}.$$

Для исследования процессов при частотном регулировании в самом электродвигателе и далее в системе регулируемого электропривода охладителя агломерата используем метод имитационного моделирования и в качестве средства моделирования электромеханических систем примем программу *MATLABR2008b*.

3.3 Имитационная модель двухфазного двигателя

На основании структурной схемы рис. 14 в программе *MATLAB* разработана имитационная модель двухфазного асинхронного электродвигателя с реактивной нагрузкой в неподвижной системе координат статора α, β (рис. 15), которая в дальнейшем используется в виде суперблока – двигатель (рис. 16).

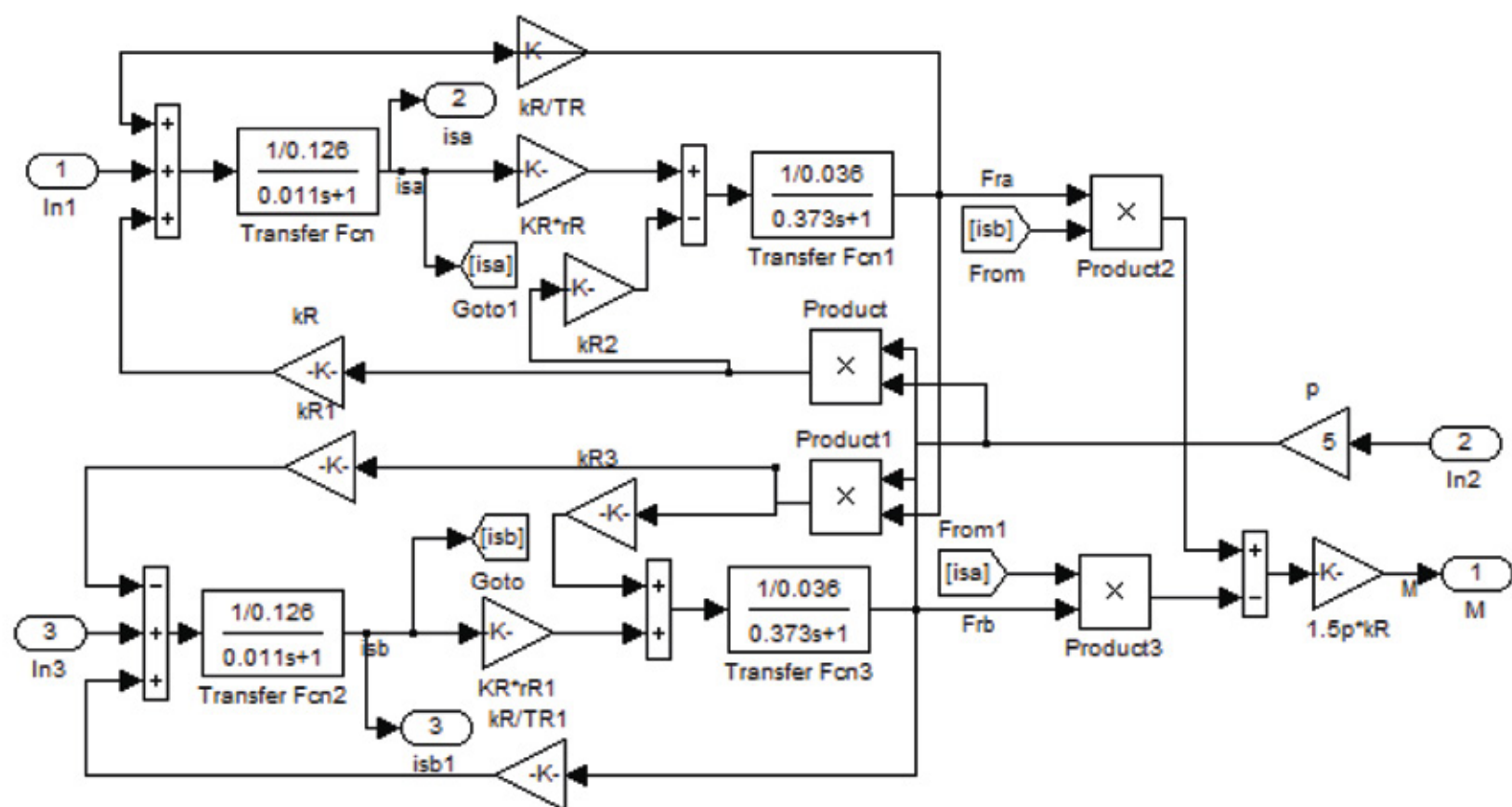


Рис. 15. Схема набора имитационной модели двухфазного асинхронного электродвигателя в неподвижной системе координат статора α, β

3.4 Имитационная модель силового канала электропривода

Схема набора имитационной модели силового канала электропривода с двухфазным асинхронным двигателем и реактивной нагрузкой приведена на рис. 16. На схеме суперблоком – двигатель представлен асинхронный электродвигатель, суперблоком – ПЧ – преобразователь частоты, а суперблоком – ЗИС – задатчик интенсивности скорости.

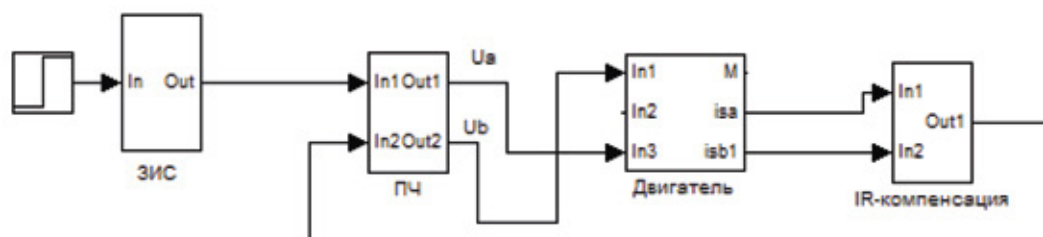


Рис. 16. Схема набора имитационной модели силового канала электропривода

Схема набора имитационной модели преобразователя частоты приведена на рис. 17.

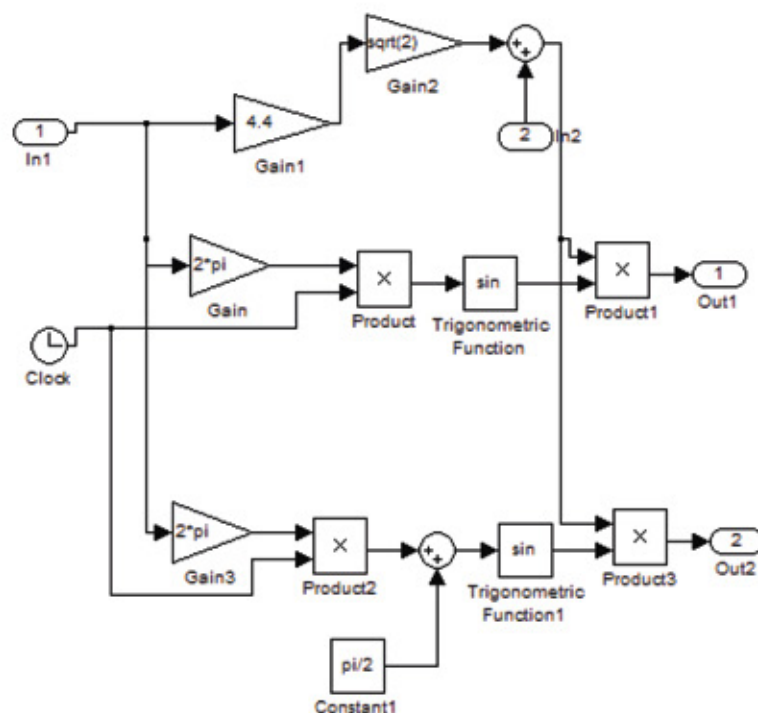


Рис. 17. Схема имитационной модели преобразователя частоты

3.5 Выбор типа задатчика интенсивности и его параметров

Ограничение момента двигателя в пусковых режимах может быть достигнуто в разомкнутых системах электропривода применением задатчика интенсивности скорости во входной цепи управления электропривода. Фактически установка линейного задатчика скорости обеспечивает постоянное значение темпа нарастания (спадания при торможении) скорости, т.е. постоянное ускорение (замедление) привода, что достигается поддержанием постоянного значения динамического момента электропривода. При этом электромагнитный момент электродвигателя и его максимальное значение зависят от значения момента нагрузки.

Поскольку в системах электропривода с задатчиком скорости на входе поддерживается постоянное значение динамического момента, тогда значение максимального момента, развиваемого двигателем, будет зависеть от момента нагрузки. Поэтому при больших нагрузках на валу питателя момент электродвигателя может достигать значения критического момента, а при стопорении механизма электродвигатель остановится с моментом на валу, равным пусковому моменту механической характеристики для заданной частоты питающего напряжения. В обоих случаях ток инвертора превысит ток отключения и произойдёт аварийное отключение привода.

При пуске разомкнутых частотно-регулируемых асинхронных электроприводов производится первоначальный прямой пуск двигателя на минимальную частоту $f_{\text{и мин}}$, а затем по окончании переходного процесса, когда потокосцепления достигнут установившихся значений, осуществляется дальнейший разгон привода от задатчика интенсивности до значения заданной скорости. Был выбран задатчик интенсивности линейной характеристикой (рис. 18).

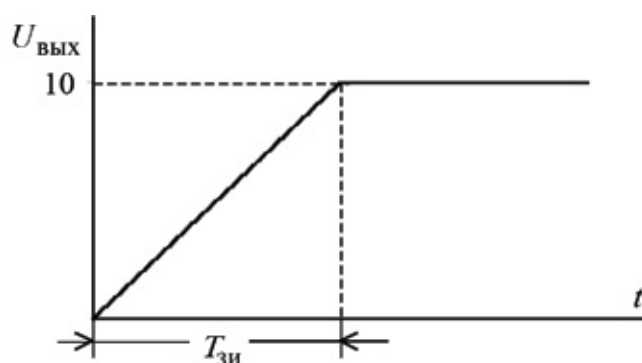


Рис. 18. Временная характеристика линейного задатчика интенсивности

Схема набора имитационной модели задатчика интенсивности скорости приведена на рис. 19.

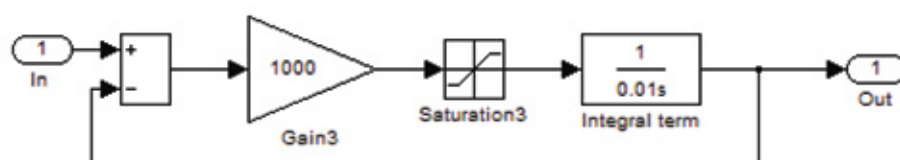


Рис. 19. Схема набора имитационной модели задатчика интенсивности скорости с линейного характеристикой

Переходные процессы в электроприводе с линейным задатчиком интенсивности подтвердили существенное уменьшение колебательности момента двигателя в пуско-тормозных режимах работы, что и определило окончательный выбор задатчик интенсивности линейной характеристикой.

Суперблок «Инерционная масса» содержит в себе имитационную модель одномассовой механической системы с моментом нагрузки реактивного характера – представлена на рис. 20.

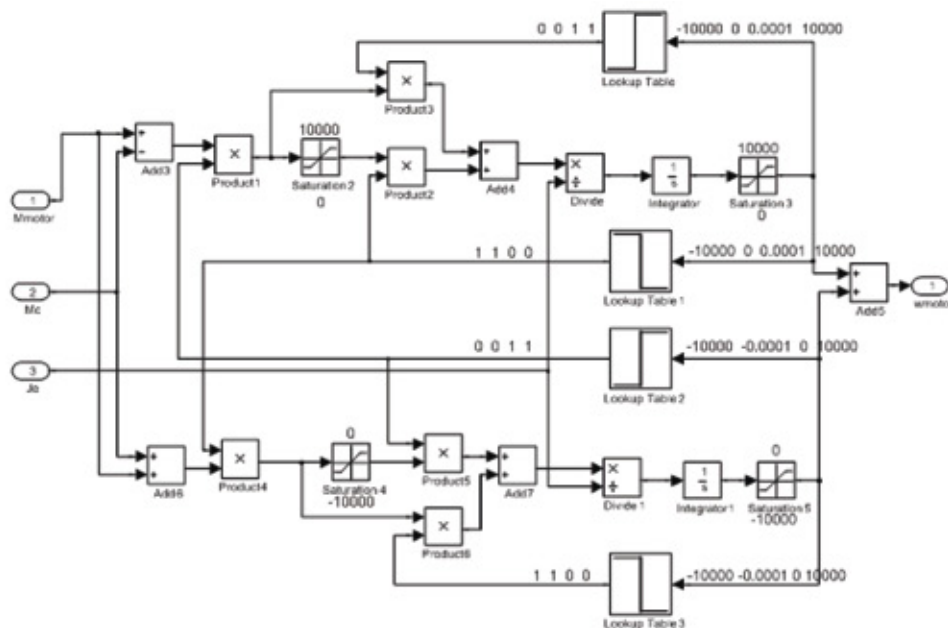


Рис. 20. Имитационная модель одномассовой механической системы.

3.6 Имитационные исследования электропривода охладителя агломерата

Цель имитационных исследований электропривода охладителя агломерата заключалась в проверке работоспособности электропривода во всех основных технологических режимах работы:

- пуск электропривода;
- регулирование скорости электропривода;
- работа электропривода с компенсацией скольжения и момента и без компенсаций;
- выравнивание нагрузки.

Имитационная модель двухдвигательного привода конвейера показана на рис. 21. Она состоит из двух приводов, каждый из которых состоит из блоков: задатчик интенсивности, частное регулирование с алгоритмом управления, асинхронный двигатель, расчет компенсаций скольжения и момента, а также общий блок, отвечающий за механическую часть.

На рис. 22 представлены динамические характеристики скорости, моментов и токов двух двигателей без компенсации скольжения и момента. На

первом этапе происходит пуск двигателей, а затем в момент времени 0,8 с происходит наброс номинальной нагрузки. После пуска на холостом ходу $M_1 = M_2 = 0$ Н·м, нагрузка отсутствует. А после наброса нагрузки $M_1 = 1000$ Н·м, $M_2 = 750$ Н·м. Вследствие естественного выравнивания нагрузки, моменты и токи различные.

Для выравнивания нагрузки введем компенсации скольжения и момента. После корректировки коэффициентов получим характеристики изображенные на рис. 23. Как следует из графиков переходных процессов после наброса нагрузки (0,8 с) моменты выравниваются $M_1 = M_2 = 875$ Н·м. А до наброса нагрузки, т.е. на холостом ходу моменты различные. Причем двигатель АД1 работает в режиме рекуперативного торможения, а АД2 в двигательном режиме. Это подтверждает необходимость изменения коэффициентов компенсаций в процессе работы электропривода.

Если запомнить настроечные коэффициенты для номинальной нагрузки и применить их в нужный момент времени, то получим графики переходных процессов, изображенных на рис. 24. Как следует из графиков моменты $M_1 = M_2$ и токи $I_1 = I_2$ выровнены и до и после наброса нагрузки. Это достигается тем, что при холостом ходе не используются обратные связи, а при набросе нагрузки, включаем компенсации момента и скольжения с заранее установленными коэффициентами. Недостатком данного алгоритма является сильный бросок тока и момента при введении компенсаций.

В процессе работы электропривода нагрузка может меняться в зависимости от технологического процесса, особенно в конвейерных механизмах. Поэтому проведя анализ переходных процессов, полученных на имитационной модели можно выработать рекомендации по использованию алгоритма выравнивания нагрузки:

1. Необходимо подстраивать коэффициенты компенсации момента и скольжения в процессе эксплуатации электропривода охладителя агломерата.

2. Подстройка коэффициентов должна производиться в зависимости от нагрузки двигателя. Информацию о текущей нагрузке удобнее определять путем

измерения токов статора асинхронных двигателей. И по разности токов определять величину компенсации момента и скольжения.

3. Изменения коэффициентов, т.е. изменения амплитуды и частоты напряжения на выходе преобразователя частоты необходимо изменять плавно, для исключения сильных бросков тока. Быстродействие в данном случае не является главным критерием.

4. Алгоритм расчета коэффициентов обратных связей должен учитывать (исключать) такие переходные процессы как пуск, останов и реверс.

Полученные результаты имитационных исследований подтверждают способность частотно-регулируемого электропривода конвейера обеспечить технические требования по диапазону регулирования скорости и по перегрузочной способности.

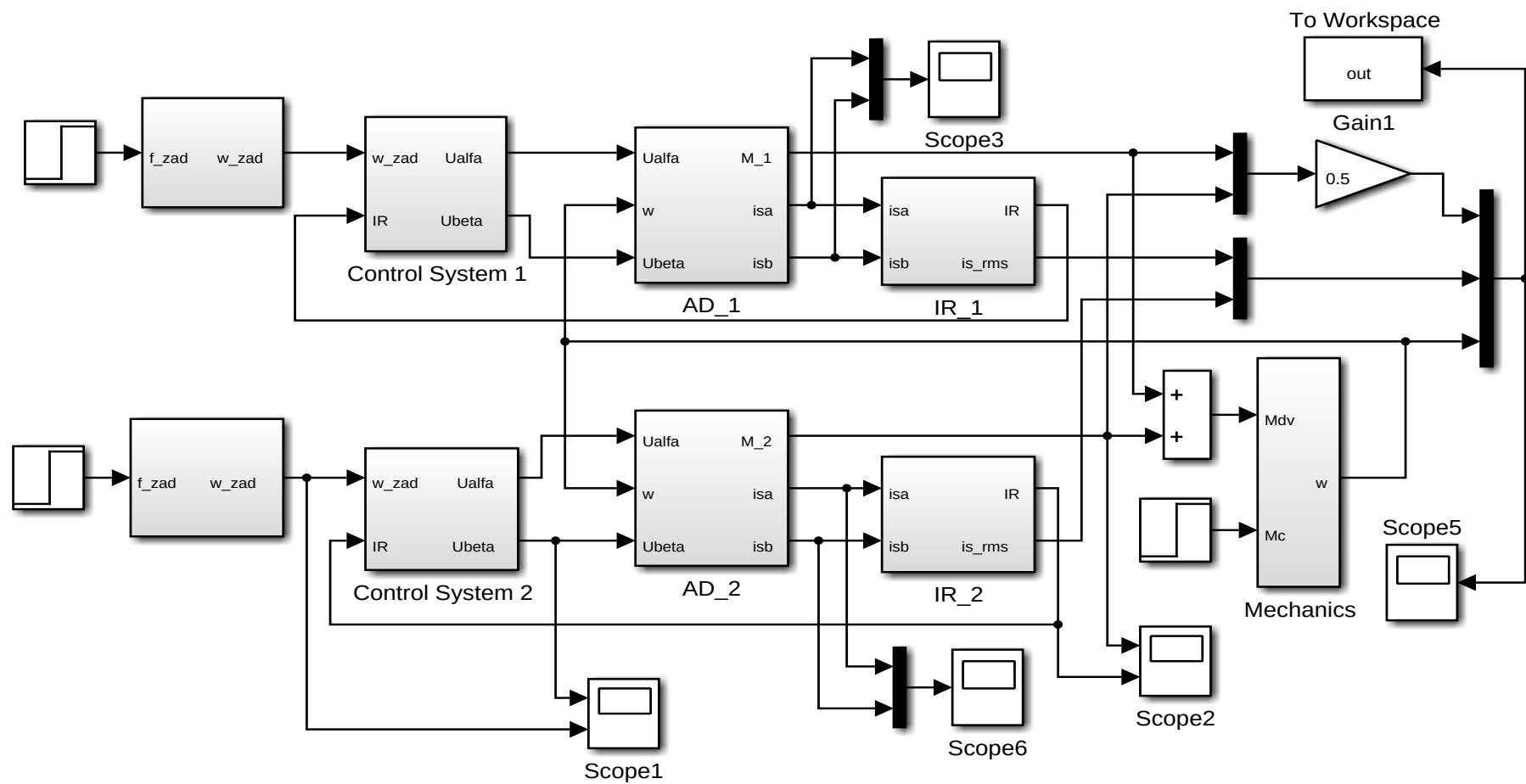


Рис. 21. Модель имитационная электропривода конвейера частотно-регулируемого без груза с ЗИС.

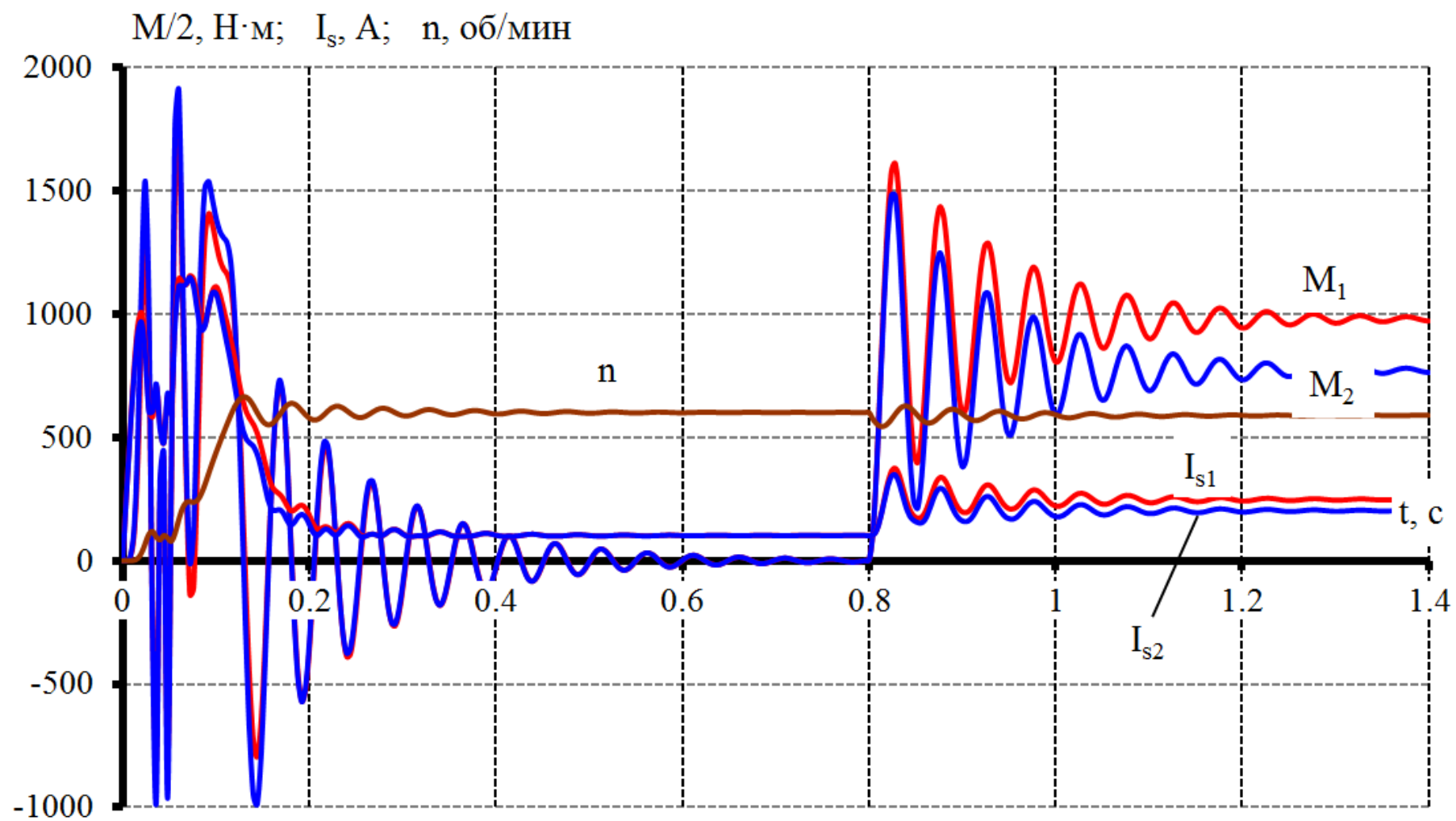


Рис. 22. Характеристики динамические скорости, токов двигателей и моментов
без компенсации момента и скольжения

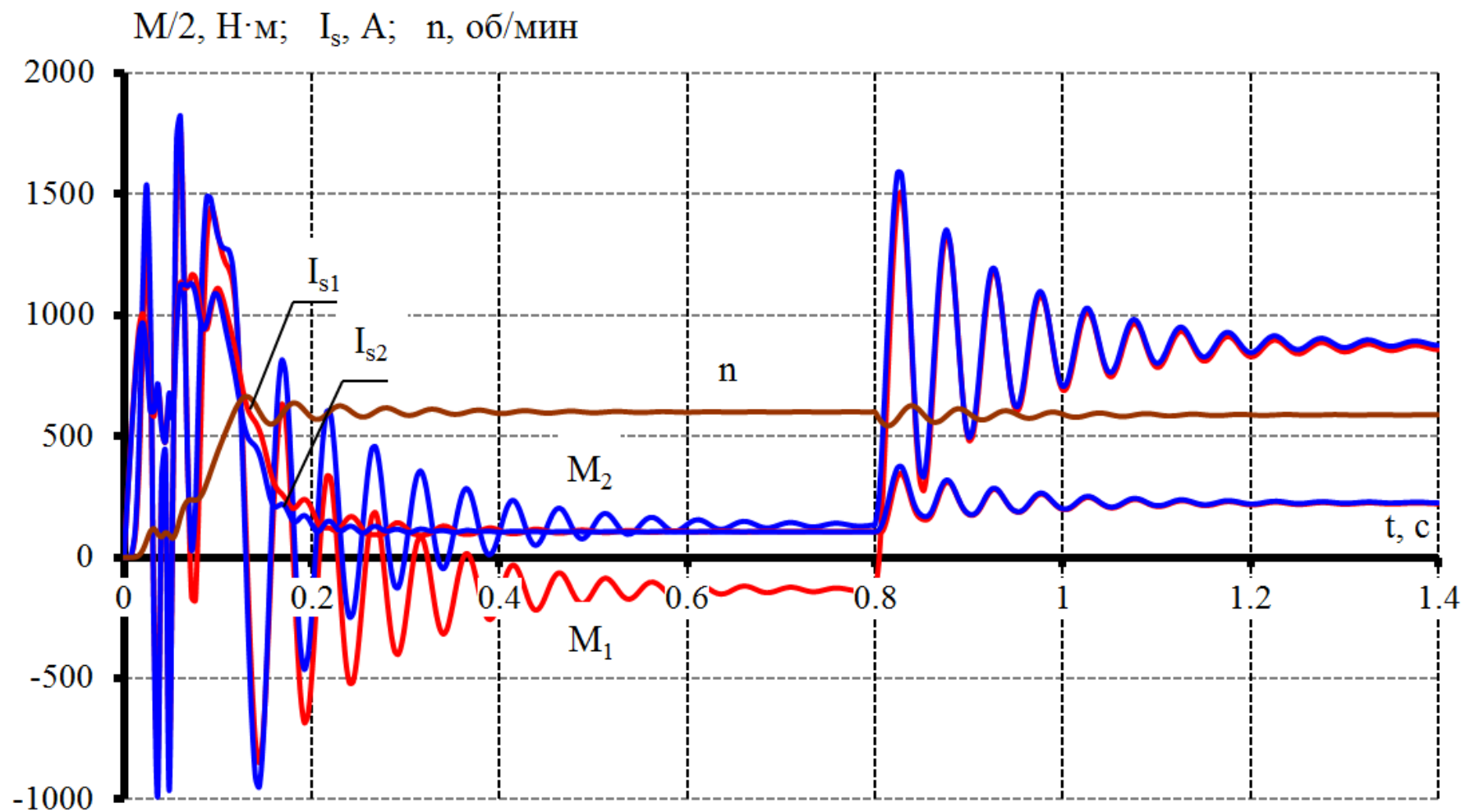


Рис. 23. Характеристики динамические момента, скорости и токов двух двигателей с коэффициентом $K_{км}=1$ второго двигателя и коэффициентом $K_{км}=0,5$ первого двигателя

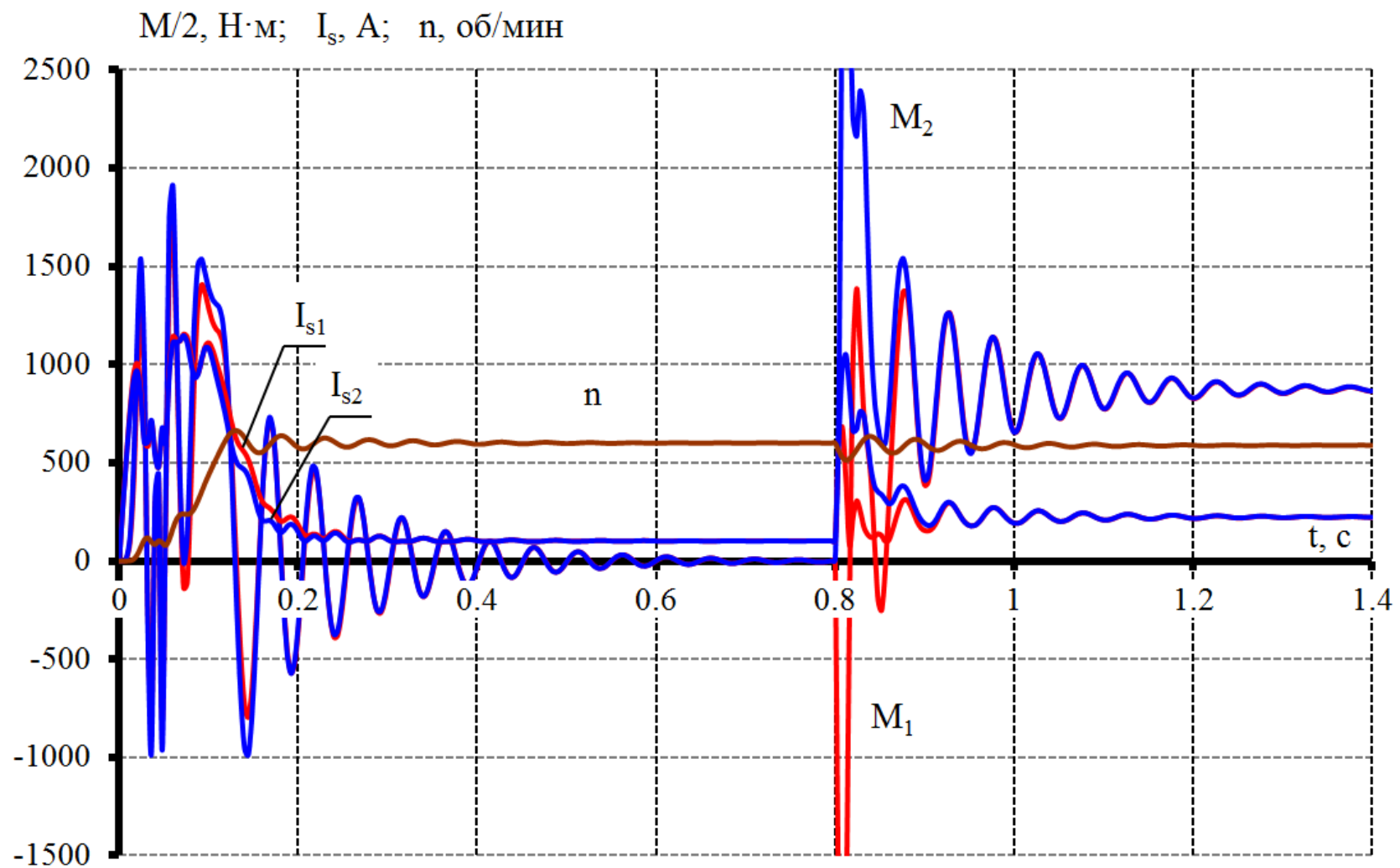


Рис. 24. Характеристики динамические момента, скорости и токов двигателей при набросе нагрузки

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Спирину Станиславу Викторовичу

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

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

1. Стоимость ресурсов проектной работы: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Для проектной работы необходимо 4 человека: руководитель проекта, инженер-разработчик, 2 электромонтера;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- Работы по проекту выполняются в соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- Отчисления по страховым взносам - 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения проектной работы с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Техничко-экономическое обоснование проекта и потенциальные потребители его результатов - Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. - Анализ и оценка научно-технического уровня проекта (НТУ)
2. Планирование и формирование бюджета проектной работы	- Планирование работ по проекту, - Расчет бюджета затрат на проектирование - Расчет капитальных вложений в основные средства
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение научно-технической эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График Ганта

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Спирин С.В.		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела ВКР является определение потенциала научно-исследовательского проекта и оценка эффективности, разработка механизма управления на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий, научно-технический потенциал и перспективность проекта;
- разработать план работ по научно-техническому проекту;
- рассчитать бюджет проекта;
- определить ресурсоэффективность и экономическую эффективность проекта.

4.1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения проектной работы

4.1.1 Технико-экономическое обоснование проекта

В современном мире на рынке в условиях жесткой конкуренции предприятию необходимо уменьшать затраты на производство продукции, без потери качества выпускаемой продукции.

Одним из способов является модернизация производства с целью уменьшить энергетические затраты , материальные затраты , затраты на обслуживание оборудования.

В данном проекте рассматриваем возможность модернизации путем замены электропривода постоянного тока на современный асинхронный электропривод с частотным управлением.

Применение асинхронных электродвигателей с частотным управлением позволят:

- снизить энергетические затраты,
- повысить надежность

- увеличить срок службы оборудования.
- уменьшить затраты на эксплуатацию

Современные асинхронные электродвигатели имеют высокую степень защиты от внешних воздействий.

4.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Данный проект выполняется по заказу ОАО ЗСМК. Таким образом, потенциальными потребителями результатов этого исследования являются предприятия металлургической промышленности, расположенные на территории Российской Федерации.

Проведем сегментирование рынка металлургического оборудования по следующим параметрам: размер компании-заказчика, вид электропривода.

Таблица 3 Карта сегментирования рынка металлургического оборудования по используемым видам электроприводов:

Размер компании	Вид электропривода		
	Электропривод постоянного тока	Электропривод АД с фазным ротором	Электропривод с частотным регулированием
Крупные	Фирма А		Фирма А
Средние	Фирма Б	Фирма Б	
Мелкие		Фирма В	

Как видно из приведенной карты сегментирования показано, какие ниши на рынке металлургического оборудования не заняты конкурентами.

Результат сегментирования:

- к основным сегментам данного рынка относятся использование электропривода с частотным регулированием крупным компаниями;
- наиболее перспективным сегментом является предложение электропривода с частотным регулированием средним компаниям;
- сегментом рынка, привлекательных для предприятия в будущем, является предложение электропривода с частотным регулированием мелким, динамично развивающимся, компаниям.

4.1.3. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в табл. 4. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок. В качестве конкурентных товаров были рассмотрены электроприводы (Бф - электропривод постоянного тока с управлением от магнитных усилителей системы Г-Д, БК1 - частотно-регулируемый электропривод с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором, БК2 - Электропривод постоянного тока с тиристорным возбудителем генератора).

Таблица 4 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес крите рия	Баллы			Конкурентоспо собность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,15	5	5	3	0,75	0,75	0,45
2. Удобство в эксплуатации	0,07	4	4	2	0,28	0,28	0,14
3. Энергоэкономичность	0,11	4	5	3	0,44	0,55	0,33
4. Надежность	0,2	4	5	4	0,8	1	0,8
5. Уровень шума	0,03	3	4	4	0,09	0,12	0,12
6. Безопасность	0,08	2	4	3	0,16	0,32	0,24
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	3	4	3	0,12	0,16	0,12
2. Цена	0,15	4	5	3	0,6	0,75	0,45
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,12	4	4	3	0,48	0,48	0,36
4. Послепродажное обслуживание	0,05	3	3	2	0,15	0,15	0,1
Итого	1				3,87	4,56	3,11

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 4, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

4.1.4 Анализ используемого и проектируемого оборудования

Анализ используемого и проектируемого оборудования нужен для сравнения оборудования и показать преимущество проектируемого оборудования.

В настоящее время на предприятии используется электропривод с двигателем постоянного тока, который уже устарел. И необходимо заменить электропривод на асинхронный электродвигатель с частотным управлением.

При разработке принципиальной схемы студент должен рассмотреть несколько возможных вариантов ее построения и выбрать из них – “лучший”.

Лучший вариант который при достижении параметров, зафиксированных в технологическом задании, обеспечивает наименьшие затраты в производстве и эксплуатации.

В экономическом разделе ВКР сравнительный анализ рекомендуется выполнить по системе показателей, которые определяют эти затраты.

Варианты:

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

Правильно выбранная система показателей будет достаточной для выбора лучшего варианта (таблица 5).

Сравнительная характеристика вариантов построения принципиальной схемы.

Таблица 5

	Варианты		Примечания: (преимущества недостатки)
	1	2	
1.Общее количество составных частей	4	4	
2.Количество типов элементов	4	4	
3.Количество оригинальных элементов	2	2	
4.Стоимость покупных комплектующих		Стоимость ниже	
5.Показатели надежности		Отсутствие щеточного аппарата	
6.Питание: а) вид б) мощность	U=380 В P=55кВт	U=380 В P=55 кВт	
7.Габариты		Меньше	
8.Масса		Легче	

Выбор структурной (принципиальной) схемы можно выполнить с использованием экспертных оценок.

Например – при выборе способа регулирования движения электропривода, рабочего механизма, рассматривается пять вариантов:

- 1 – переменного тока с частотным регулированием;
- 2 – постоянного тока с глубоким регулированием;

- 3 – постоянного тока с неглубоким регулированием и механическим редуктором;
- 4 – с частотным регулированием и переключаемой коробкой передач;
- 5 – нерегулируемый электропривод с переключаемой коробкой передач;

Для проведения оценки выбраны следующие показатели:

- 1. уровень капитальных вложений;
- 2. уровень надежности;
- 3. уровень обслуживания;
- 4. завышение мощности электропривода;
- 5. уровень затрат на эксплуатацию;
- 6. коэффициент мощности;
- 7. генерирование помех;

По выбранным критериям с помощью экспертов необходимо присвоить коэффициент весомости, отражение их важности (пример приведен в таблице 6)

Таблица 6

Коэффициент весомости критериев

Номер критерия	1	2	3	4	5	6	7
Коэффициент весомости	1.0	0.8	0.6	0.3	0.4	0.2	0.1

Таблица 7

По каждому частотному критерию необходимо установить оценку степени обеспечения.

Цели	низкий	средний	высокий (выше средней)
Оценка обеспечения цели	0	0.5	1

Оценка обеспечения различных вариантами электроприводов выбранных качественных характеристик представлена в таблице 8.

Таблица 8

Типы электропривода	Групповой критерий							Общая оценка качества
	1.0	0.8	0.6	0.3	0.4	0.2	0.1	
1	0	0.5	0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.35
2	1.0	0.5	0.5	0	1.0	1.0	0.5	2.35

Общая оценка производится по сумме оценки частных критериев по каждому варианту. В качестве лучшего выбирается вариант, обеспечивающий наибольшее значение общей оценки.

4.1.5. Анализ и оценка научно-технического уровня проекта (НТУ)

На основе аналитического обзора возможных методов и технических средств решения задачи проекта необходимо охарактеризовать технический уровень и качество существующих электроприводов и сформулировать основные задачи по их совершенствованию в принципах действия и конструктивном оформлении.

Для анализа взаимосвязи технических параметров электроприводов и экономических, рекомендуется использовать схему на рисунке 26.

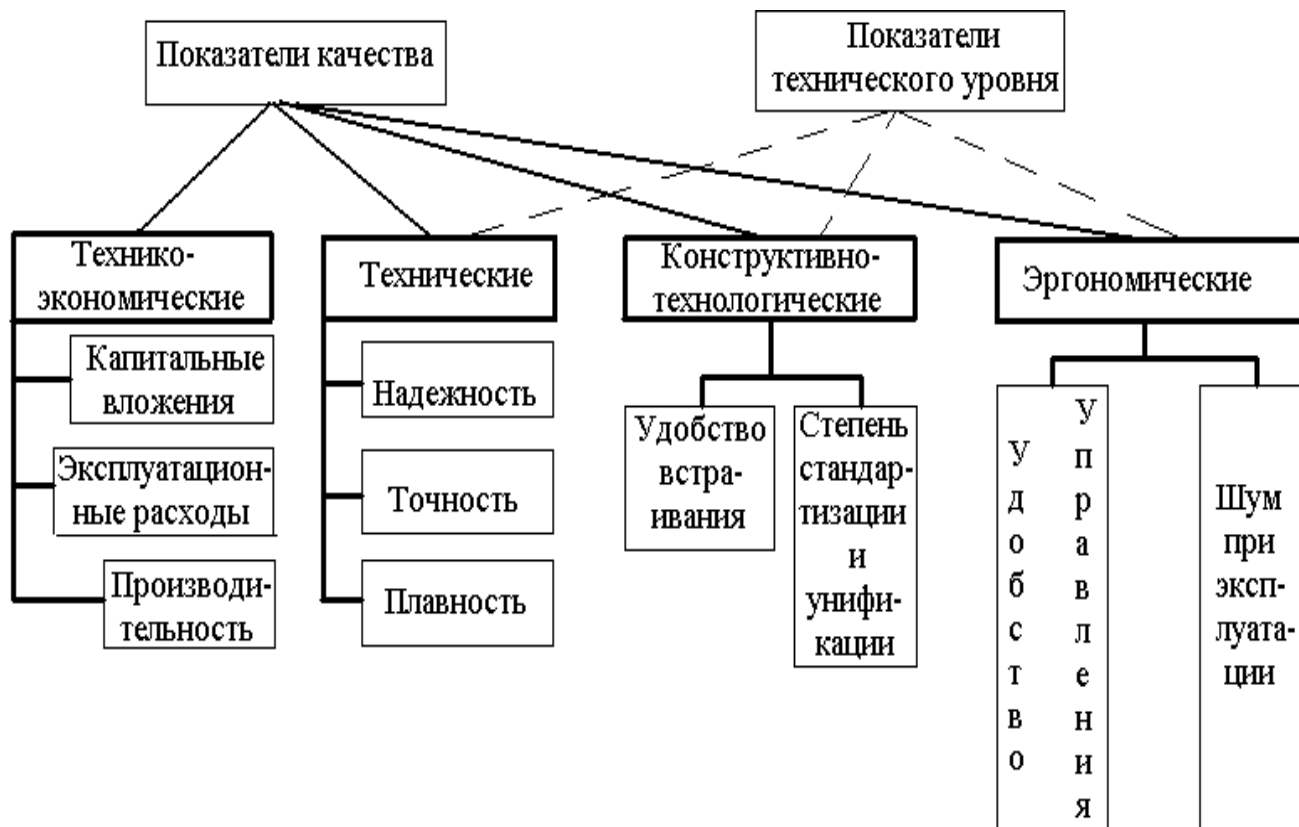


Рис.26 Структура показателей качества и технического уровня электропривода и рабочих механизмов

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:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i \times \Pi_i ,$$

где k_i - весовой коэффициент i – го признака;

Π_i - количественная оценка i – го признака.

Весовые коэффициенты НТУ

Таблица 9

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

Шкала оценки новизны

Таблица 10

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

Значимость теоретических уровней

Таблица 11

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

Возможность реализации по времени и масштабам

Таблица 12

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

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

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 2.$$

$$НТУ = 0.6 \times 6 + 0.4 \times 7 + 0.2 \times 10 + 0.2 \times 2 = 8.8$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня делаем вывод, что данный проект имеет хорошие показатели новизны, значимость теоретического уровня, и еще может использоваться в одном или нескольких предприятиях.

4.2. Планирование проектных работ

Планирование проекта – это составление календарных планов выполнения комплексов работ, определение денежных средств, необходимых для их реализации, а так же трудовых и материальных ресурсов.

Основные задачи:

1. Взаимная увязка работ проекта;
2. Согласование выполнения отдельных этапов работ во времени, определение их длительности и обеспечение их выполнения в установленные сроки;

3. Определение общего объема работ и потребных для его выполнения денежных, материальных и трудовых ресурсов;
4. Распределение общего объема работ между исполнителями.

В современной практике используется два основных метода календарного планирования, различающихся характером используемой при планировании информации, методами обработки и представления ее в виде плана (модели):

Графические методы планирования (линейное) и сетевые методы планирования и управления.

При графическом методе планирования на основе расчета трудоемкости и календарной продолжительности выполнения всех работ с учетом их взаимосвязи и последовательности выполнения во времени (соответствующим производственному календарю планируемого года) строится графическая модель комплекса работ в виде линейной диаграммы, в которой положение и длина каждой линии характеризует дату начала (окончания) и продолжительность выполнения каждой работы. На основе линейного графика определяется общая продолжительность всего комплекса работ.

Определение трудоемкости и продолжительности работ осуществляется по отраслевым нормативам, типовых норм на разработку конструкторской документации.

Разработка линейного графика производится в следующей последовательности:

- Составление перечня работ;
- Определение трудоемкости и продолжительности работ;
- Построение линейного графика в формате
- Расчет сметы затрат

Типовой перечень работ (см. таблицу) должен быть конкретизирован с учетом особенностей выполняемого проекта (см. таблицу 13).

Типовое содержание проектных работ

Таблица 13

Содержание работ	Продолжительность работ			Исполнители
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	
1. Разработка ТЗ на проектирование	2	4	3	С, РП
2. Разработка плана работ и технико-экономическое обоснование проекта	2	4	3	С, РП
3. Описание объекта автоматизации (модернизации)	2	4	3	С
4. Кинематическая схема механизма	4	6	5	С
5. Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	5	7	6	С
6. Расчет мощности и выбор электродвигателя	7	9	8	С
7. Выбор способа регулирования скорости	5	7	6	С
8. Расчет предельных характеристик системы «преобразователь-электродвигатель»	7	11	9	С, РП
9. Разработка математической модели системы АУ ЭП	7	11	9	С
10. Оптимизация САР электропривода	10	14	12	С
11. Разработка программы имитационного моделирования	10	12	11	С, РП
12. Вопросы безопасности и экологичности проекта	4	6	5	С
13. Техничко-экономические расчеты	4	6	5	С
14.. Составление пояснительной записки	7	9	8	С, РП

15.Разработка графического сопровождения проекта	4	6	5	С, РП
---	---	---	---	-------

РП – руководитель проекта; С - студент.

Длительность отдельных работ ($T_y(i,j)$) определяется по формуле:

$$T_y(i,j) = \frac{t_{i,j} \times k_{пер}}{C \times k_{в.н.} \times T_{см} \times k_{см}},$$

где $t_{i,j}$ – трудоемкость выполнения работы (i,j) в нормо-час;

$k_{пер}$ – коэффициент перевода из рабочих дней в календарные, в 2010 году

$k_{пер}=365/250=1.46$;

С - количество работников, занятых выполнением работы (i,j);

$k_{в.н.}$ – коэффициент выполнения норм ($1.1 \div 1.15$);

$T_{см}$ – продолжительность смены ($T_{см}=8$ часов);

$k_{см}$ – коэффициент сменности.

Определение состава исполнителей проекта

Состав исполнителей определяется дипломником в зависимости от особенностей темы ВКР и работ, подлежащих выполнению работниками тех или иных профессий и должностей.

Численность определяется по формуле:

$$C = \frac{t_{i,j}}{F_{мес} \times k_{в.н.} \times T_{дир}},$$

где $F_{мес}$ – фонд полезного времени в месяц (по календарю);

$T_{дир}$ – директивный срок выполнения проекта.

При определении трудовых затрат по отдельным этапам НИР и ОКР можно придерживаться следующих соотношений (см. таблицу 14).

Соотношение трудовых затрат по отдельным этапам НИР и ОКР

Таблица 14

Этапы НИР и ОКР	Трудоемкость работ, %
Научно-исследовательские работы	
1. Разработка ТЗ	4
2. Выбор направления исследования	37
3. Теоретические и экспериментальные исследования	48
4. Обобщение и оценка результатов исследования	11
итого	100
Опытно- конструкторские работы	
1. ТЗ и технико-экономическое обоснование	5
2. Эскизный проект	15
3. Технический проект	20
4. Разработка технической документации	60
итого	100

Разработанный линейный график представляется в графической части ВКР на демонстрационном листе (слайде).

4.3. Расчет сметы затрат

4.3.1. Структура пуско-наладочных работ

Структура пуско-наладочных работ определяется исходя из сложности серийно выпускаемых, освоенных промышленностью электротехнических устройств в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, правил технической эксплуатации, межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электрооборудования, правил устройства электроустановок, правил органов государственного надзора и другими нормативными документами.

Состав ПНР определен исходя из комплектности электропривода охладителя агломерата. Электропривод включает:

- электродвигатель переменного тока 2АИУ280М10;
- преобразователь ACS850-04-103А-5+J414.

В таблицу 15 сведен комплекс ПНР, а также время выполнения каждого этапа.

Таблица 15 – этапы пусконаладочных работ

Наименование работ	Исполнит.	Часы
1. Организационные работы:		
- ознакомление с проектом, выявление неточностей;	1,2,3	20
- составление рабочего графика проведения ПНР	1	4
Итого по п. 1		24
2. Подготовительные работы:		
- подготовка рабочих мест, аппаратуры, инструмента;	1,2,3	4
- оказание технической помощи по приёмке установки из монтажа, составление ведомости дефектов,	1,2	12
контроль за устранением выявленных замечаний.	1,2,3	24
Итого по п.2		40
3. Наладочные работы:		
- монтаж силовых цепей;	1,2,3	36
- измерение сопротивления изоляции и испытания повышенным напряжением;	1,2,3	8
- испытание двигателя;	1,2	10
- настройка электропривода;	1,2	34
- испытание и настройка цепей защиты.	1,2,3	24
Итого по п.3		112
4. Проверочные работы:		
- проверка правильности монтажа электрических цепей;	1,2,3	6
- проверка и настройка работы электрических систем дистанционного управления, блокировок	1,2,3	6
Итого по п.4		12

5. Комплексное апробирование:		
- Запуск тиристорных преобразователей без нагрузки;	1,2,3	4
	1,2,3	10
- Запуск питателя в наладочном режиме;	1,2,3	10
- Запуск питателя в автоматическом и дистанционном режиме.		
Итого по п. 5		24
Наименование работ	Исполнит.	Часы
6. Оформление отчетной и приемосдаточной документации:		
- составление инструкций по эксплуатации;	1	2
- обработка материалов испытания;	1	2
- внесение изменений в принципиальные схемы;	1	6
- оформление и выпуск технического отчёта.	1	2
Итого по п.6		12
Итого		224

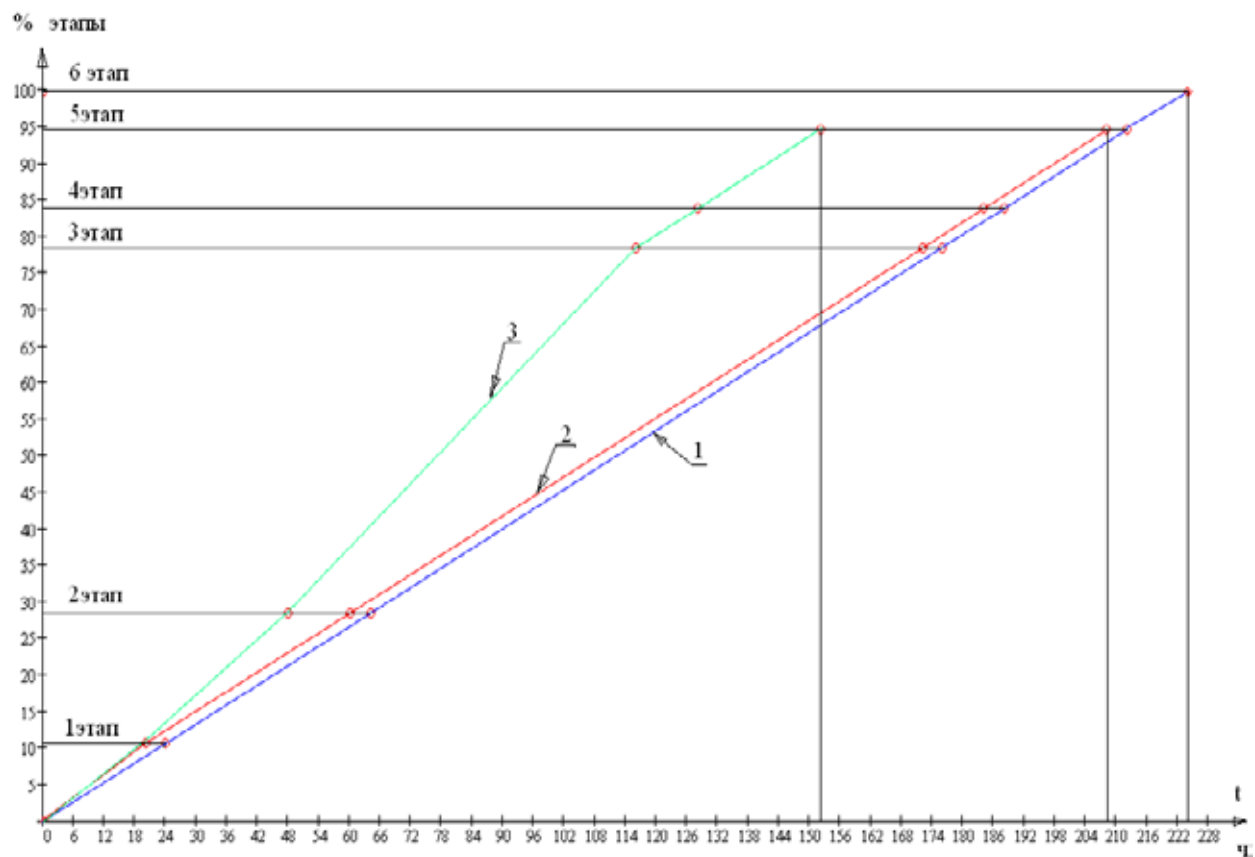
Исполнители: 1-инженер первой категории; 2-электромонтер седьмого разряда; 3-электромонтер шестого разряда.

Комплекс работ разобьем на этапы и определим в процентном соотношении время выполнения работ по каждому этапу, данные сведём в таблицу 16. Таким образом, пуско-наладочные работы проводятся бригадой в три человека за 28 дней.

Таблица 16 - Этапы ПНР

Этапы ПНР	Время выполнения, %
1. Организационные работы	10.7
2. Подготовительные работы	17.8
3. Наладочные работы	50
4. Проверочные работы	5.4
5. Комплексное апробирование	10.7
6. Оформление отчетной и приемно-сдаточной документации	5.4
Итого	100

График занятости исполнителей при выполнении пуско-наладочных работ представлен на рисунке 27.



Обозначение	Сотрудник
1	Инженер 1-й категории
2	Электромонтер 7-го разряда
3	Электромонтер 6-го разряда

Рисунок 27 - График занятости исполнителей при выполнении пуско-наладочных работ.

График выполнения пуско-наладочных работ приведен на рисунке 28.

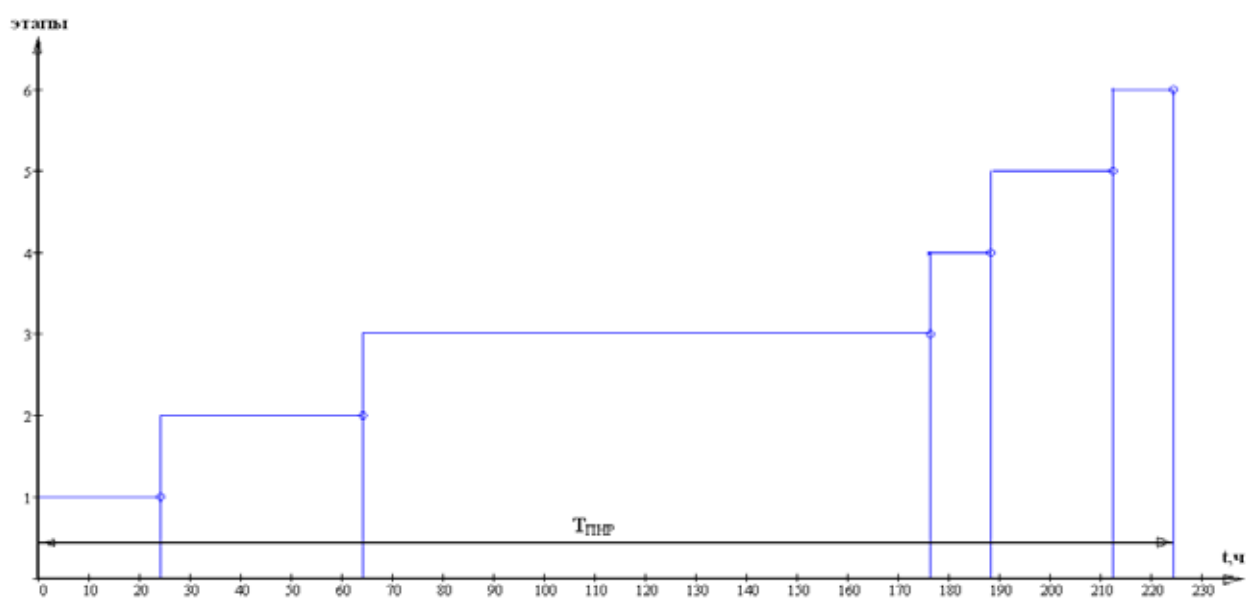


Рисунок 28 - График выполнения пуско-наладочных работ

4.3.2 Расчет бюджета проекта

Сметная стоимость пусконаладочных работ включает: стоимость материалов; стоимость комплектующих и оборудования; затраты на основную заработную плату; затраты на дополнительную заработную плату; затраты на отчисления в социальные фонды; накладные расходы.

Стоимость материалов, необходимых для проведения пусконаладочных работ, рассчитываются в таблице 17

Таблица 17 - Стоимость материалов

№	Наименование	Единицы измерения	Количество	Стоимость, руб.	
				За ед.	Всего
1	Листовой электротехнический текстолит	кг.	5	170	850
2	ЛакотканьЛКМ-105	м ²	2	115	230
3	Трубка электромонтажная ХВТ-5УХЛ-25	кг.	1	65	65
4	Лента ПХВ	шт.	1	200	200
5	Лента ЛЭТСАР КФ-0,5	шт.	1	450	450
6	Припой ПОС30	кг.	1	105	105
7	Канифоль	кг.	0.2	35	7
8	Спирт технический	л	0.5	150	75
9	Бензин А-92	л	1	32,25	32,25
10	Ветошь	кг.	1	15	15
Итого			2029,25		

Стоимость комплектующих и оборудования, необходимых для проведения пусконаладочных работ, рассчитывается в таблице 18

Таблица 18 - Стоимость комплектующих и оборудования

Наименование комплектующих	Кол-во	Вариант исполнения			
		1		2	
		марка	стоимость	марка	стоимость
ПЧ	2	ABB ACS850-04-103A-5+J414	470 760	ABB ACS850-04-144A-5+J414	661 250
Двигатель	2	2АИУ280М10	487 730	2АИУ280S2	619 020
Коммут. аппаратура	2	Выключатель автоматический трехполюсный ВА88-35	15 040	Выключатель автоматический трехполюсный ВА88-37	16 270
Сумма за комплект		973 530		1 296 540	

Месячная ведомость оплаты труда инженерно- технического персонала представлена в таблице 19

Таблице 19 – ведомость инженерно- технического персонала .

Должность	Оклад, руб.	Премия (78%), руб.	Выслуга, (30%), руб.	Зарплата итого, руб.	В месяц с р.к. (30%), руб.
Инженер I категории	13000,0	10140,00	3900,0	27040,0	35152,00

Месячная ведомость оплаты труда основных рабочих представлена в таблице 20

Таблице 20 - ведомость основных рабочих

Категория персонала	Разряд	Тариф. руб.	Индивидуальная надбавка, руб./час.	Премия (78%), руб.	Выслуга, (30%), руб.	Раскомандировка, руб.	Итого в месяц с р.к. (30%), руб.
Бригадир	7	48,02	5378,24	5992,9	2304,96	240,1	28391,35
Рабочие	6	40,36	4613,44	5536,13	2129,28	221,8	19598,3

Индивидуальная надбавка за квалификацию для 7 – разряда равна 70%;

Индивидуальная надбавка за квалификацию для 6 – разряда равна 65%.

Затраты на основную заработную плату представлены в таблице 21.

Таблица 21 - Затраты на основную заработную плату

Состав бригады	Разряд, квалификация	Дневная ставка, руб.	Количество рабочих дней.	Заработная плата, руб.
Инженер-электрик	Инженер I категории	1430,09	28	40042,52
Бригадир электромонтёров	7 разряд	1294,21	26	33649,46

Электромонтёр	6 разряд	1160,37	19	22047,03
Итого				95739,01

Дополнительная заработная плата производится на оплату отпусков (за неиспользованный отпуск) и составляет 20% от основной заработной платы.

ДЗП - дополнительная заработная плата, руб.

$ДЗП = 0.20 \cdot ОЗП$, руб

где ОЗП - основная заработная плата, руб.

$ДЗП = 0.20 \cdot 95739,01 = 19147,8$ руб.

Отчисления в Фонд социального страхования и Федеральный фонд обязательного медицинского страхования составляют 8%; пенсионный фонд – 22 %.

Отчисления в Фонд социального страхования и Федеральный фонд обязательного медицинского страхования составляют

$С_{отч} = (ОЗП + ДЗП) \cdot 0.08 = (95739,01 + 19147,802) \cdot 0.08 = 9190,95$ руб.

Отчисления в пенсионный фонд

$С_{отч.пенси} = (ОЗП + ДЗП) \cdot 0.22 = (95739,01 + 19147,802) \cdot 0.22 = 25275.10$ руб.

Сметная стоимость на проведение пусконаладочных работ электропривода агломерационной машины представлена в таблице 22

Таблица 22 - Сметная стоимость

№	Наименование статей	Сумма, руб.
1	Материалы	2029.25
2	Оборудование и комплектующие	990490.00
3	Основная заработная плата	95739.01
4	Дополнительная заработная плата	19147.80

5	Отчисления в социальный фонд	34466.05
6	Накладные расходы (60% от ст.3)	57443.41
Итого		1 199 315.52

Круговая диаграмма сметной стоимости на проведение пуско-наладочных работ приведена на рисунке 29.

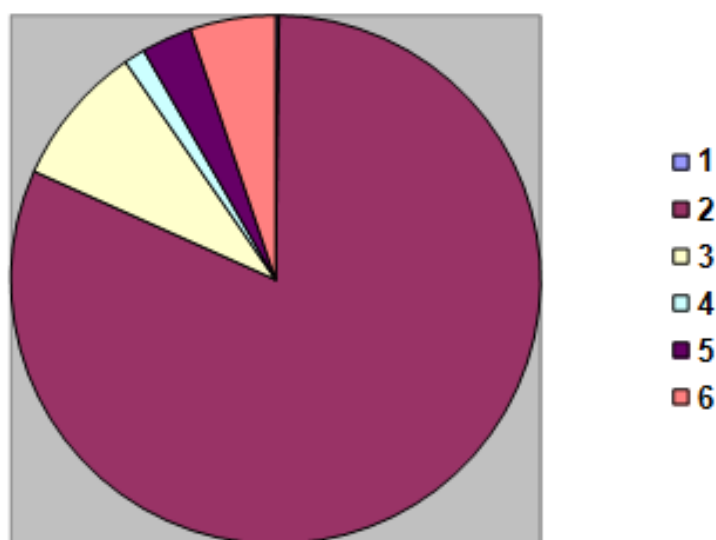


Рисунок 29 - Круговая диаграмма сметной стоимости на проведение пуско-наладочных работ: 1-материалы; 2-оборудование и комплектующие; 3-основная заработная плата; 4-дополнительная заработная плата; 5-отчисления в социальный фонд; 6-накладные расходы

4.4 Определение ресурсоэффективности и экономической эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его находят с определением двух средневзвешенных величин:

- финансовой эффективности
- ресурсоэффективности.

4.4.1. Интегральный финансовый показатель

Определяется как:

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

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

$\Phi_{\text{р}i}$ – стоимость i -го варианта исполнения включая ПНР (таблица 3.8);

$\Phi_{\text{р}1} = 1\,199\,315,52 + 973\,530 = 2\,172\,845,52$ руб

$\Phi_{\text{р}2} = \Phi_{\text{max}} = 1\,199\,315,52 + 1\,296\,540 = 2\,495\,855,52$ руб

Φ_{max} – максимальная стоимость всего проекта

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{\text{р}1}}{\Phi_{\text{ПНР}}} = \frac{2\,172\,845,52}{2\,495\,855,52} = 0,87$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{\text{р}2}}{\Phi_{\text{ПНР}}} = \frac{2\,495\,855,52}{2\,495\,855,52} = 1$$

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

4.4.2. Интегральный показатель ресурсоэффективности

Определяется следующим образом:

$$I_{\text{р}i} = \sum a_i \times \phi_i,$$

где $I_{\text{р}i}$ – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 23).

Таблица 23 Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Проектный вариант	Конкурентный вариант
1. Повышение производительности	0,1	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	3
4. Энергосбережение	0,20	5	5
5. Надежность	0,25	5	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5
ИТОГО	1	4,85	4,15

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,01 = 4,85;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 = 4,15;$$

4.4.3. Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

($I_{исп1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп.1}^{фин}} = \frac{4,85}{0,87} = 5,57$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр}} = \frac{4,15}{1} = 4,15$$

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

$$\mathcal{E}_{ср1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.1}} = \frac{5,57}{5,57} = 1$$

$$\mathcal{E}_{ср2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}} = \frac{4,15}{5,57} = 0,74$$

Таблица 24 Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Проектный вариант	Конкурентный вариант
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	5,57	4,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,74

Сравнение значений с позиции финансовой и ресурсной эффективности указывает на первый вариант исполнения, как наиболее эффективный, который используем в модернизации электропривода.

Таким образом, в экономической части выпускной квалификационной работы рассмотрены вопросы планирования, финансирования и проведения пуско-наладочных работ электропривода охладителя агломерата. Составлена смета на проведение ПНР, построен график проведения ПНР, график занятости

исполнителей при выполнении ПНР и круговая диаграмма сметной стоимости на проведение пуско-наладочных работ.

Эффективная и успешная работа бригады наладчиков зависит от правильного планирования ПНР и бесперебойного материально-технического снабжения то есть своевременной поставки материалов и инструментов необходимых при проведении работ.

В то же время очень важную роль играет руководитель пуско-наладочных работ, квалификация и профессионализм наладчиков, а также их материальное стимулирование. Ведь от качества проведения ПНР зависит бесперебойность работы, безопасность и экономичность обслуживания электрооборудования.

На основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования, а также по итогам сравнения финансовой и ресурсной эффективности наиболее эффективным получается первый комплект электропривода.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Спирину Станиславу Викторовичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:			
- <i>ОАО ЗСМК, аглоизвестковое производство, агломерационный цех</i> - <i>вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</i> - <i>опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</i> - <i>негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</i>			
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:			
1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды;</i> 2. Основными вредными факторами агломерационного цеха являются: Запыленность (металлической, токопроводящей пылью различных фракций); Загазованность; Шум и вибрация; Отклонение показателей микроклимата; Недостаточная освещенность рабочей зоны.			
3. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды;</i> Опасными факторами агломерационного цеха являются: Возможность получения травм в следствии: а) движения машин и механизмов; б) движение производственного материала; в) выброс горячего шлака из-под зажигательного горна. Поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования.			
4. <i>Охрана окружающей среды:</i> - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.			
5. <i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i> - перечень возможных ЧС на объекте; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий			
Перечень графического материала:			
План эвакуации при пожаре			

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Спирин Станислав Викторович		

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Расположение предприятия, цеха

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

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

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

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

5.2 Анализ условий труда

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

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

Опасными факторами агломерационного цеха являются:

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

Основными вредными факторами агломерационного цеха являются:

- Запыленность (металлической, токопроводящей пылью различных фракций);
- Загазованность;
- Шум и вибрация.

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

Другим фактором, характеризующим санитарно-гигиенические условия труда в агломерационном цехе, является загазованность. Наличие в атмосфере цеха различных вредных газов и аэрозолей обусловлено нарушениями технологического режима, неисправностью и несовершенством технологического оборудования. В табл. 10 приведено содержание некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны цеха и для сравнения ПДК по ГОСТ 12.1.005-88.

Табл. 25. - Содержание некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны аглоцеха

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

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

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятиях обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность труда в значительной мере зависят от освещенности.

Помещение, по возможности, должно освещаться естественным светом, так как оно оказывает благоприятное влияние на психику. Если естественного освещения не достаточно, то необходимо применять искусственное освещение от различных светильников. Нормальная освещенность рабочего места зависит от характера работ и составляет для помещения оператора 400 лк, для общего освещения 50 лк – группа региона 1 (Кемеровская область).

5.3 Инженерные мероприятия направленные на улучшение условий труда

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

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

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

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

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха производственных помещений цеха соответствуют установленным требованиям, и поэтому в процессе производства обеспечивается непрерывная работа всех основных приточно-вытяжных, аспирационных, вентиляционных установок. Защита от пылевыделения предусматривает устройство местной вытяжной вентиляции для отсоса пыли непосредственно от места пылеобразования, это такие места

где производится перегрузка материала с конвейера на конвейер, движение конвейерных лент с материалом и т.п.. Местные отсосы конструктивно устроены встроенными и сблокированными с оборудованием так, что агрегат нельзя запустить в работу при выключенном отсосе. Отопление цеха в зимнее время производится с помощью воздушных завес, отопителей, и приточных вентиляторов.

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

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

В табл. 26. приведены данные искусственного и естественного освещения на рабочих местах участка спекания агломерата, и даны сравнения с нормами СНиП 23-05-95.

Табл. 26 - Искусственное и естественное освещение на участке спекания агломерата

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

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

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

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

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

Одним из необходимых условий здорового и производительного труда является обеспечение чистоты воздуха и нормальных метеорологических условий в помещении, устранение таких вредных факторов, как пыль, пар,

избыточное тепло и влага. В соответствии с санитарными нормами площадь на одного человека в помещении должна быть не меньше $4,5 \text{ м}^2$ и объем не менее 15 м^3 , воздухообмен должен составить не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$. оптимальный микроклимат, например, в помещении оператора поддерживается с помощью принудительной вентиляции и кондиционирования, а также отопления.

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

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

5.4 Техника безопасности

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

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

При эксплуатации электроустановок потребителей, электротехнический персонал электрослужбы должен систематически повышать свою

квалификацию и уровень знаний правил, и инструкций по охране труда, изучать передовой опыт и безопасные приемы обслуживания электроустановок.

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

Техника безопасности при ремонте и обслуживании электрооборудования аглоизвесткового производства предусматривает:

- Назначение лиц, ответственных за безопасность работ. Такими лицами являются производители работ, начальники участков, мастера и бригадиры монтажных работ.
- Включение, в проект производства работ, решений по созданию условий для безопасного и безвредного производства, по санитарно-гигиеническому обслуживанию работающих, по достаточному освещению рабочих мест.
- Внедрение передового опыта работы по предупреждению производственного травматизма.
- Организация кабинетов по технике безопасности.

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

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

К дополнительным средствам относятся:

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

При выполнении работ необходимо соблюдать следующие правила:

- а) весь персонал должен иметь на руках удостоверение о ежегодной проверке знаний по технике безопасности;
- б) все работающие должны быть ознакомлены с правилами оказания первой медицинской помощи пострадавшему от электрического тока;
- в) запрещается во время работы электрических машин касаться токоведущих частей, открывать дверцы и люки кожухов и машин, а также снимать защитное ограждение;
- г) вращающие части машин должны быть ограждены;
- д) корпуса всех электроустановок должны быть надежно заземлены;
- е) в электрических схемах должна быть предусмотрена защита от перегруза и короткого замыкания;
- ж) доступ к работе должен производиться только после выполнения всех технических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность при проведении работ.

Важной мерой, обеспечивающей электробезопасность обслуживающего персонала, является защитное заземление металлических, не токоведущих (конструктивных) частей электрооборудования привода, нормально не находящихся под напряжением относительно земли, в случае повреждения изоляции электродвигателя, аппаратов управления, сетей, и т.п.. Правила

устройства электроустановок предписывают, чтобы при напряжении 500 В и выше все металлические токоведущие части электрооборудования имеющими с ними электрический контакт корпуса и конструкции механического оборудования были заземлены.

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

5.5 Расчёт опасности поражения электрическим током

Возможность поражения электрическим током зависит от вида тока, его величины, времени действия, пути протекания через тело, от частоты тока и ряда других факторов.

Величина тока, проходящего через сердце человека I_C зависит от пути прохождения тока через тело человека $I_{\text{ч}}$. Наиболее опасным считается правая рука - ноги.

Определим величину тока через тело человека при прикосновении к двум фазам

$$I_{\text{ч}} = \frac{U}{Z_{\text{ч}}} = \frac{380}{1000} = 0,38 \text{ А},$$

где

U - напряжение между точками включения в электрическую цепь,

$Z_{\text{ч}} = 1000 \text{ Ом.}$ - электрическое сопротивление тела человека, в расчётах принимаем.

Согласно [10] предельно допустимый ток через тело человека $I_{\text{ч}}$ при минимальном времени действия τ_B равен: $I_{\text{ч}} = 300 \text{ мА}$ при $\tau_B = 0,2 \text{ с.}$

Расчётное значение превышает допустимое $I_{\text{ч}} = 380 \text{ мА} > 300 \text{ мА}$.

Для обеспечения электрической безопасности на линии необходимо использовать заземление всех металлоконструкций, нормально не находящихся под напряжением.

5.6 Расчёт заземления данные для расчёта заземления

1. Заземление необходимо выполнить для установки, работающей под напряжением 380 В.

2. для заземления используем трубы диаметром 4 мм и длиной 2,5 м и сталь полосовую 18х4 мм.

3. Заземлители расположены в ряд.

4. Характер грунта в месте установки заземления глина. Заземлители установлены на глубину (от верхнего конца трубы) 17 см, а расстояние между трубами принимаем равной трём длинам заземлителей, т.е. $a = 7,5 \text{ м}$.

Верхние концы соединены с помощью полосовой стали. Согласно [10] определим, что для данного случая по нормам допускается сопротивление не более 4 Ом. Удельное сопротивление глины составляет $\rho_{\text{T}} = 0,6 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Учитывая применение грунта зимой и просыхания его летом, определяем расчётные значения $\rho_{\text{э}}$ и $\rho_{\text{п}}$ при использовании трубчатых заземлителей соединительной полосы и соединительной полосы

$$\rho_{\text{э}} = \rho_{\text{T}} \cdot K_{\text{э}} = 0,6 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,14 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

где

$K_{\text{э}} = 1,9$ - коэффициент для вертикальных электродов;

$$\rho_{\Pi} = \rho_T \cdot K_{\Pi} = 0.6 \cdot 10^4 \cdot 5 = 3 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

где

$K_{\Pi} = 5$ - коэффициент для горизонтальных электродов;

Определим величину сопротивлений одной забитой в землю трубы

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho_{\text{э}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{м}}} \cdot \frac{1}{d} \ln \frac{4 \cdot h_{\text{м}} + l_{\text{м}}}{4 \cdot h_{\text{м}} \cdot l_{\text{м}}} =$$

$$= \frac{1.14 \cdot 10^4}{2 \cdot 3.14 \cdot 250} \cdot \frac{1}{0.4} \ln \frac{4 \cdot 180 + 250}{4 \cdot 180 \cdot 250} = 32.8 \text{ Ом},$$

где

$h_{\text{м}} = 180 \text{ см}$ - глубина заземления;

$l_{\text{м}} = 250 \text{ см}$ длина заземления;

$d = 0,4 \text{ см}$ - диаметр заземления.

Определим число вертикальных заземлителей

$$n = \frac{R_{\text{э}}}{z} = \frac{32}{4} = 8 \text{ шт.}$$

Определим величину сопротивлений одной горизонтальной полосы

$$R_{\Pi} = \frac{\rho_{\Pi}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\Pi}} \cdot \ln \frac{l_{\Pi}}{d} = \frac{3 \cdot 10^4}{2 \cdot 3.14 \cdot 7.5 \cdot 10^3} \cdot \ln \frac{7.5 \cdot 10^3}{0.72} = 6.331 \text{ Ом}.$$

Определим длину соединительной полосы

$$l_{\Pi} = 1.05 \cdot a \cdot (n-1) = 1.05 \cdot 7.5 \cdot (8-1) = 55.125 \text{ м}.$$

Определим результирующее сопротивление (полосы и трубы) с учётом коэффициента использования труб $J_{\text{Э}} = 0.85$ и полосы $J_{\text{П}} = 0.86$

$$R_{\text{с}} = \frac{R_{\text{Э}} + R_{\text{П}}}{R_{\text{Э}} + J_{\text{П}} + R_{\text{П}} + J_{\text{Э}}} = \frac{32.8 + 6.331}{32.8 + 0.86 + 6.331 + 0.85} = 2.9 \text{ Ом.}$$

Данная величина удовлетворяет требованиям защитного заземления. Контроль заземления производится при приёме в эксплуатацию, а также периодически, в сроки, установленные правилами, при перекомпоновке оборудования и ремонте заземлителей.

5.7 Пожарная безопасность цеха

Требования государственного стандарта /10, с.272/. При проектировании и строительстве производственных зданий и сооружений, в частности электромашиных помещений и трансформаторных подстанций, необходимо учитывать категорию пожарной опасности производства. Согласно Строительным нормам и правилам (СНиП II-90-81) в зависимости от характеристики обращающихся в производстве веществ и их количество производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д и Е.

Согласно ППБ 105-95 агломерационный цех относится к категории производства В, как производство, характеризующиеся наличием горючих жидкостей с температурой вспышки паров выше 61°C , горючей пыли и волокон, нижний предел взрываемости которых более 65 г/м^3 к объему воздуха; веществ способных только гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом; твердых сгораемых веществ и материалов.

Согласно СНиП II-2-80 здания и сооружения по огнестойкости подразделяются на пять степеней, характеризующихся пределом огнестойкости основных строительных конструкций и пределами распространения огня по

этим конструкциям. Так, здания и сооружения первой степени огнестойкости выполняются из несгораемых материалов, к каким относится агломерационная фабрика.

Минимальные пределы первой степени огнестойкости основных строительных конструкций в часах приняты согласно данным, приведенных в табл. 27.

Табл. 27. - Минимальные пределы первой степени огнестойкости основных строительных конструкций

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

Пожарная опасность электроустановок /10, с.280/. Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючей является изоляция обмоток электрических машин, трансформаторов, различных электромагнитов (контакты, реле, электроизмерительные приборы), проводов и кабелей. Изоляция бумажно-масляных конденсаторов также является горючей. Опасной в отношении пожара является изоляция проводов (резина, бумага, полиэтилен) и кабелей.

Наибольшую пожарную опасность представляют маслonaполненные аппараты – трансформаторы, баковые выключатели высокого напряжения, а

также кабели с бумажной изоляцией, пропитанные маслосканифольным составом.

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

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

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

Огнестойкость строительных конструкций. Максимальные пределы распространения огня по основным строительным конструкциям в зависимости от степени огнестойкости зданий и сооружений принимают согласно данным табл.13.

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

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

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

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

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

Количество эвакуационных выходов должно быть не менее двух.

Табл. 28 - Максимальные пределы распространения огня по основным строительным конструкциям

	Основные строительные конструкции
--	-----------------------------------

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

На рис. 30. приведен план эвакуации персонала агломерационного цеха из помещения установки электрооборудования привода агломашины, в случае пожара. На плане эвакуации приняты следующие обозначения:

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

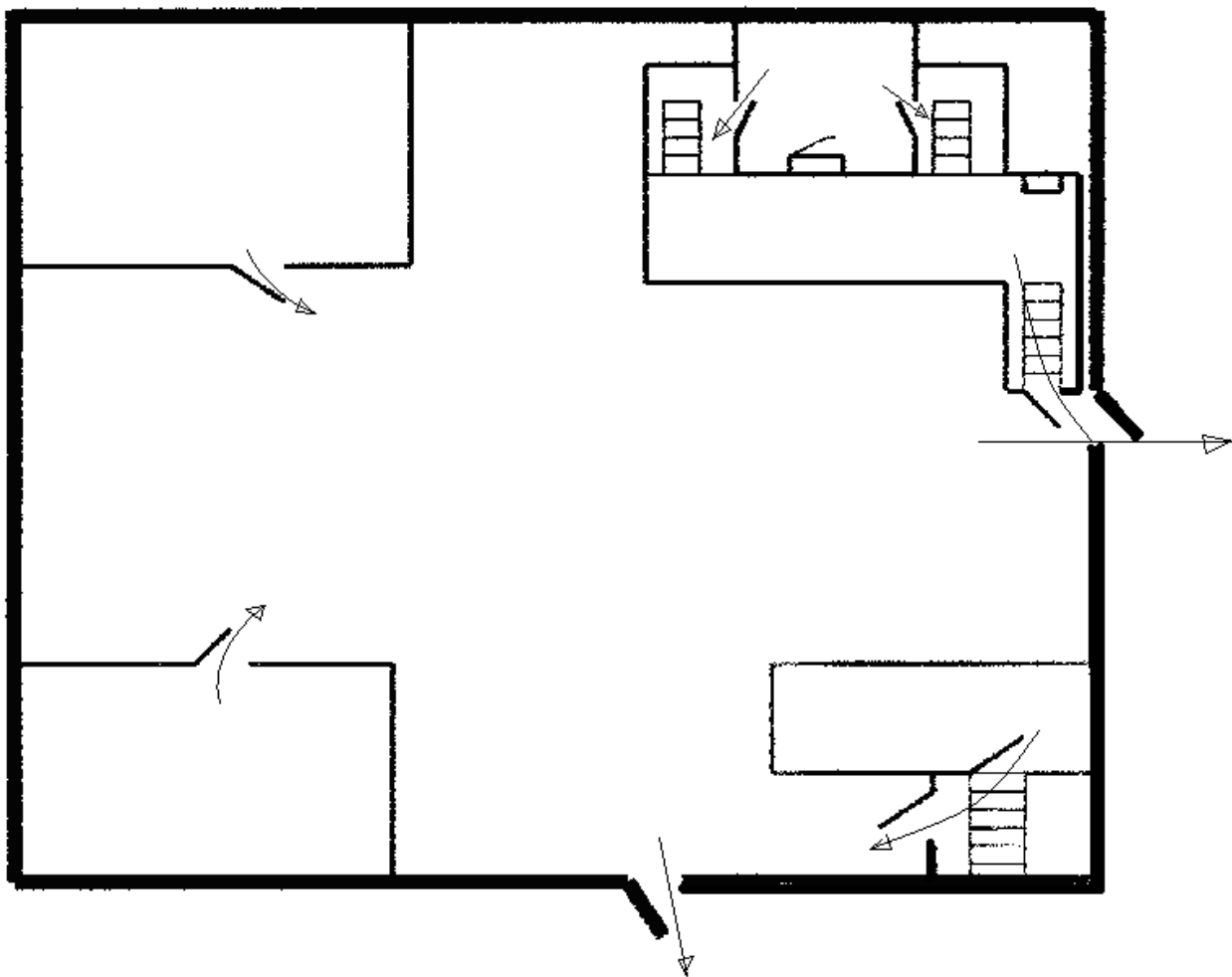


Рис. 30. - План эвакуации при пожаре.

Классификация помещений по пожарной опасности /10, с.285. При выборе конструкций электрических машин и аппаратов, устанавливаемых в пожароопасных помещениях, учитывается степень пожарной опасности этих помещений в соответствии с классификацией, установленной ПУЭ.

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

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

Требование к электрооборудованию пожароопасных помещений /10, с.286/. Электрические машины и аппараты, применяемые в электроустановках, должны обеспечивать как необходимую степень защиты их изоляции от вредного действия окружающей среды, так и достаточную безопасность в отношении пожара или взрыва вследствие какой-либо неисправности в соответствии с ГОСТ-14255-69.

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

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

- взрывозащищенное (предусмотрены конструктивные меры с целью устранения или затруднения возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды).

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

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

Стационарно устанавливаемая в пожароопасных установках пусковая аппаратура, искрящая по условиям работы, должна иметь исполнение по степени защиты оболочек согласно табл. 14.

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

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

Табл. 29 - Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов, шкафов, сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны.

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

Классификация взрывоопасных зон /10,с.289/. Взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или более 5% свободного объема помещения. Класс зоны взрывоопасности аглоцеа В-1а - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуется, а возможны в результате аварий или неисправностей.

Виды взрывозащищенного электрооборудования. Согласно ГОСТ 18311-80 взрывозащищенным называется электрооборудование, в котором

предусмотрены конструктивные меры с целью устранения или затруднения возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

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

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

Требование к электрооборудованию взрывоопасных установок /10, с.292/. Надежная и безопасная работа электрооборудования во взрывоопасных зонах обеспечивается в результате правильного его выбора, качества изготовления и регулярного провидения осмотров, профилактических испытаний и ремонтов. Поэтому для взрывоопасных зон имеет особое значение выполнение требований ПУЭ и ГОСТ при выборе электроустановок.

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

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

Согласно ПУЭ электрические машины, стационарно установленные с частями, как искрящие по условию работы, так и не искрящими, должны иметь уровни взрывозащиты согласно данным в табл. 30 .

Табл. 30 - Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин в зависимости от класса взрывоопасной зоны

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

Особенности тушения пожара в электроустановках /10, с.315/.

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

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

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

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

Пожарная сигнализация /10,с.317/. Для быстрого извещения службы пожарной охраны о возникшем пожаре, в каком либо помещении или сооружении предприятия – служит электрическая пожарная сигнализация, она обнаруживает начальную стадию пожара и сообщает о месте его возникновения, а также может автоматически включать стационарные установки тушения пожара. Система электрической пожарной сигнализации состоит из извещателей – датчиков, устанавливаемых в защищаемом от пожара помещении, приемной станции (расположенной в помещении пожарной команды), источников питания и электрической сети, связывающей извещатели с приемной станцией.

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

5.8 Охрана окружающей среды

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

Накопление вредных веществ в окружающей среде оказывает влияние как на растительный и животный мир, так и на человека и приводит к нарушению нормальных жизненных условий. Технологический процесс производства черных металлов сопровождается образованием большого количества различной пыли и сажи, загрязняющих атмосферу. Для того чтоб избежать этого в цехе производят очистку выбрасываемой в атмосферу пыли и сажи с помощью пылеотделителей различной конструкции. На рис. 30 показана пылеосадочная камера бункерного типа где принцип осаждения пыли основан на резком снижении скорости движения загрязненного воздуха в камере, где пылинки, теряя скорость, под действием силы тяжести, оседают на дно.

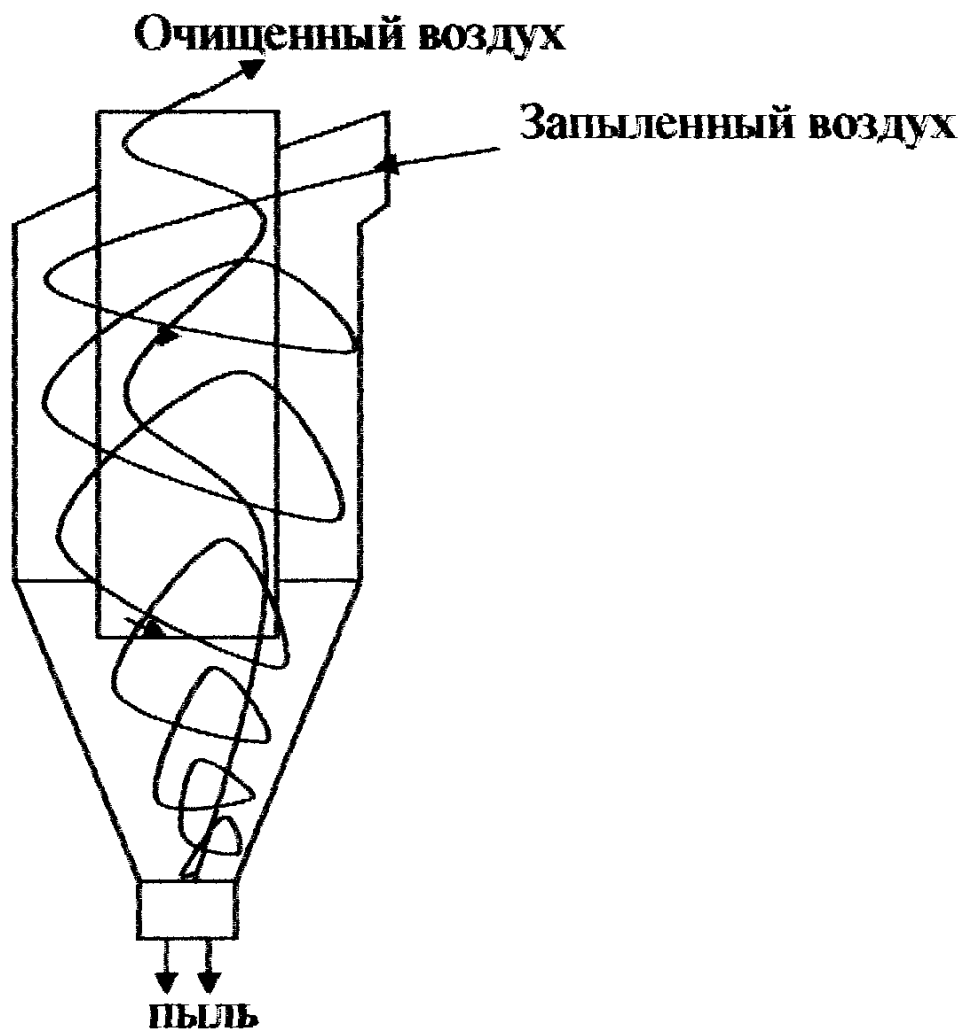


Рис. 31 - Пылеосадочная камера бункерного типа.

На рис. 32 изображен центробежный пылеотделитель (циклон) в котором загрязненный воздух, подаваемый в кольцевое пространство между цилиндрами, получает вращательное движение, пылинки центробежной силой отбрасываются к стенкам наружного цилиндра, теряют скорость и соскальзывают по конической части вниз в бункер.

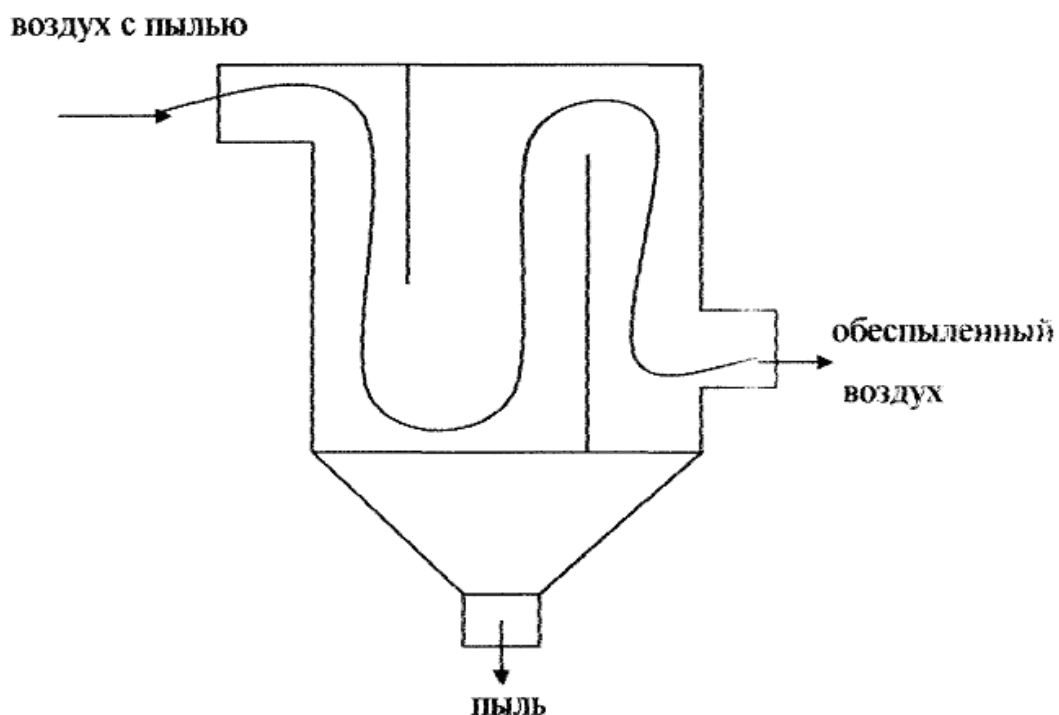


Рис. 30. - Центробежный пылеотделитель.

На предприятиях черной металлургии водоснабжение достигает больших объемов. Для очистки сточных вод используют методы отстаивания, фильтрования, нейтрализация, озонирование и т.д. содержание загрязняющих веществ составляет на окончательном этапе 500-5000 мг/л и является не агрессивным. Помимо очистки, сточные воды подвергаются охлаждению и перед спуском в реку Томь, и перед повторным использованием в производственных нуждах.

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

Защита окружающей среды современном этапе, помимо экономической задачи повышения общественной производительности труда, включает также и социальную задачу – улучшение условий жизни человека, сохранение его

здоровья. Понятие эффективности в этом случае включает не только технико-экономическую эффективность, но и социальную, и экологическую в масштабе народного хозяйства данного региона и страны в целом.

Из экологического отчета ОАО ЗСМК в 2014 году сброс в реку Томь нормативно-очищенных сточных вод после пруда-охладителя комбината составил 28 миллионов кубических метров, что на 13 миллионов кубических метров больше, чем в 2005 году; на 11,8 миллионов кубических метров возрос объем сброшенных дебалансных вод с гидроотвального хозяйства. Объем использования оборотной воды пруда-охладителя комбината возрос с 82% до 84%. Природоохранная деятельность комбината заслужила положительную оценку в ходе независимого экологического аудита, выполненного в сентябре-октябре 1999 года группой российско-американских специалистов.

В 2006 году комбинат имел разрешение на выбросы в атмосферу для 42 вредных веществ (примесей). Все установленные нормативы временно-согласованных выбросов (ВСВ) выполнены. Нормативы предельно-допустимых выбросов (ПДВ) выполнены на 20 примесей: диоксид серы, свинец, соляная кислота, оксид меди, оксид марганца, окислы хрома, сажа, ацетон, акролеин, углеводороды прочие, оксид цинка, пыль извести, пыль каменноугольная, пыль древесная, зола углей, красочная аэрозоль, сварочная аэрозоль и др.

Сумма платежей за природоиспользование в 2006 году составила 57 миллионов рублей. С целью снижения непроизводительных затрат комбината, связанных с выплатами за выбросы и сбросы вредных веществ в атмосферу и водоемы, приказом по комбинату от 04.01.2000г №4 поставлены задачи перед производством и цехами по повышению уровня технологической и исполнительной дисциплины, по выполнению конкретных природоохранных мероприятий.

5.9 Возможные чрезвычайные ситуации в цехе агломерации

Рассмотрим возможные чрезвычайные ситуации в агломерационном цехе на примере плана ликвидации аварии, на участке спекания агломерата, и запишем их в виде табл. 31.

Таблица 31

Наименование аварии	При каких условиях возможны аварийные ситуации	Возможные развития аварии, в том числе за пределами цеха	Способы и средства предотвращения аварии	Меры по локализации аварии
1	2	3	4	5
1. Взрыв гремучей смеси в горне агломашины №1.	1. Остановка вентиляторов горна Д-9,10.	1. Разрушение конструкций горна, газопровода. 2. Отравление обслуживающего персонала коксовым газом. 3. Остановка агломашины №1. 4. Остановка доменной печи.	1. Выполнение графика ППР. 2. Готовность резервного вентилятора. 3. Тренировка оперативного персонала. 4. Наличие резерва запасных частей, материалов, инструментов, оборудования.	1. Запуск резервного вентилятора. 2. Остановка агломашины. 3. Перекрыть подачу газа в горн агломашины

1	2	3	4	5
2.Загорание помещения силового управления №78 (ПСУ-78) приводом агломашины №1	1.Короткое замыкание в силовом (контрольном) кабеле. 2.Не срабатывание защиты при больших токах электроустановки. 3.Витковое замыкание в катушке контактора (реле).	1.Остановка дутьевых вентиляторов Д-9,10. 2.Остановка агломашины №1. 3.Остановка доменной печи №1. 4.Отравление обслуживающего персонала коксовым газом. 5.Загорание кабельного полуэтажа ПСУ-78. 6.Загорание машинного зала ПСУ-78. 7.Загорание кабельной трассы примыкающей к ПСУ-78. 8.Вывод из строя металлоконструкций горна агломашины.	1.Выполнение графика ППР. 2.Наличие резервной аппаратуры. 3.Готовность резервной аппаратуры. 4.Наличие резервного питания в ПСУ-78. 5.Тренировка оперативного персонала.	1.Отключить установку из ПСУ – в случае загорания отдельно-стоящей электроустановки. 2.Отключить все электрооборудование ПСУ из ТП-41”А” вводным автоматом – в случае загорания электропомещения и кабельных трасс. 3.Вызвать пожарную охрану. 4.Вызвать добровольный пожарный расчет цеха. 5.Приступить к тушению пожара используя первичные средства пожаротушения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы является усовершенствование электропривода охладителя агломерата посредством замены двигателя постоянного тока на новый асинхронный двигатель и с частотным регулированием

Предложено сменить существующий морально устаревший и выработавший ресурс неуправляемый электропривод на частотно–регулируемый асинхронный электропривод. Используя результаты расчета требуемой мощности двигателя, выбран современный электродвигатель 2АИУ280М10, а также современный преобразователь частоты ACS850-04-103A-5+J414 фирмы ABB

В результате выполненной выпускной квалификационной работы спроектирован электропривод, целиком соответствующий требованиям технического задания. Спроектированный электропривод обеспечивает требуемый диапазон регулирования по скорости при требуемой заданной кратности пускового и максимального момента, а так же точности поддержания скорости не менее 5%.

Основными результатами, которые могут быть получены путем замены нерегулируемого электропривода на современный асинхронный электропривод с частным управлением, являются следующие:

- плавный пуск охладителя агломерата с малыми перегрузками электрической и механической частей привода и малым влиянием на питающую сеть;
- независимое регулирование конвейером позволяет реализовать плавное управление скорости в соответствии с технологическим процессом;
- преобразователи частоты несложно интегрируются в общую систему управления как первичный высокоинтеллектуальный элемент автоматики, не требуют сложных согласующих схем и обладают широким набором сервисных

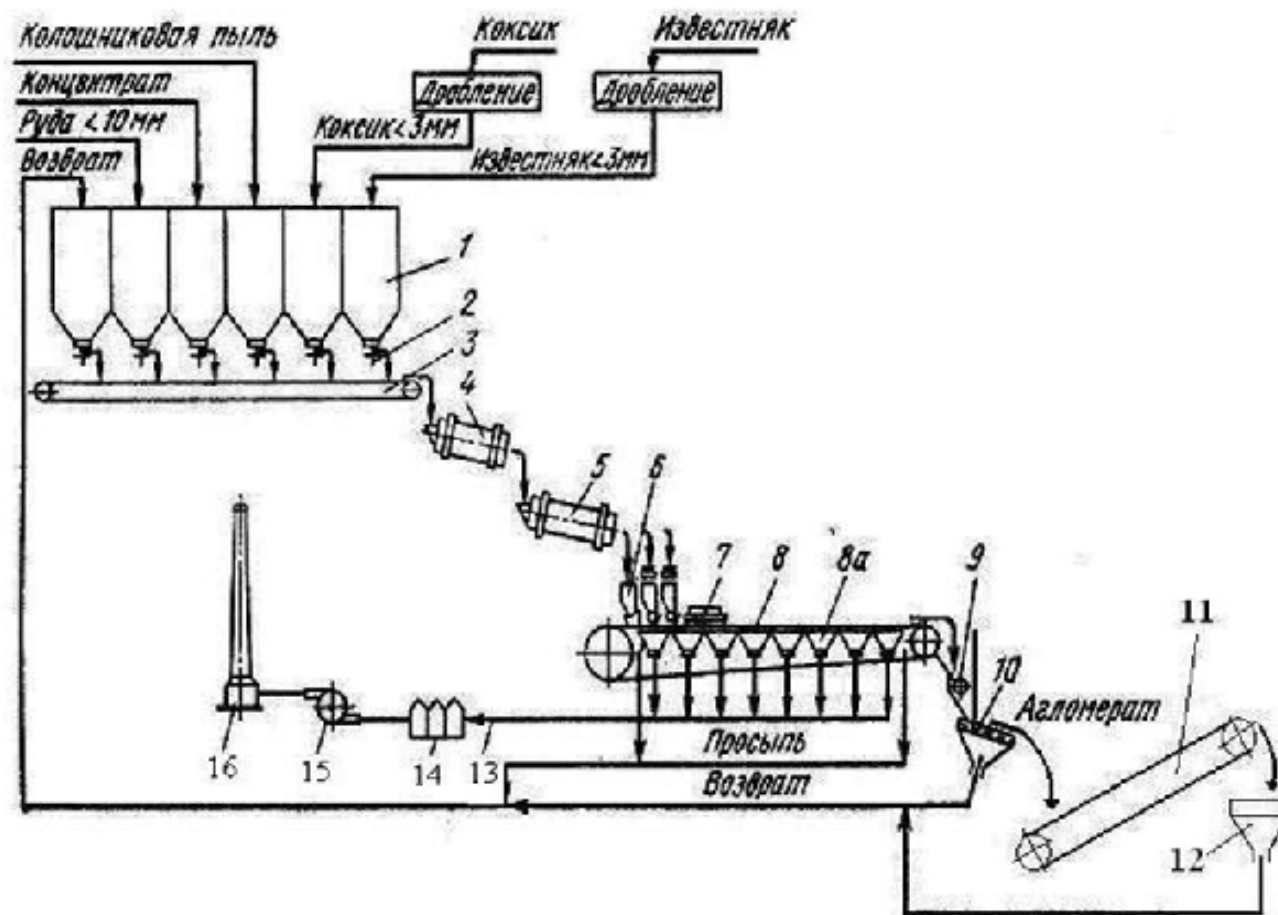
возможностей, включая контроль тока и скорости приводного двигателя и развитую систему защит.

Заданный курс модернизации электропривода охладителя агломерата позволяет не только заместить морально устаревшее и материально изношенное оборудование, но и решить ряд задач технико-экономического характера, а собственно: уменьшить эксплуатационные издержки по обслуживанию системы, улучшить гибкость управления, предоставить возможность интеграции в систему управления верхнего уровня. Целью дальнейшей работы является создание адаптивного регулятора, в котором коэффициенты K_{km} и $K_{кс}$ будут подключаться в зависимости от условий работы.

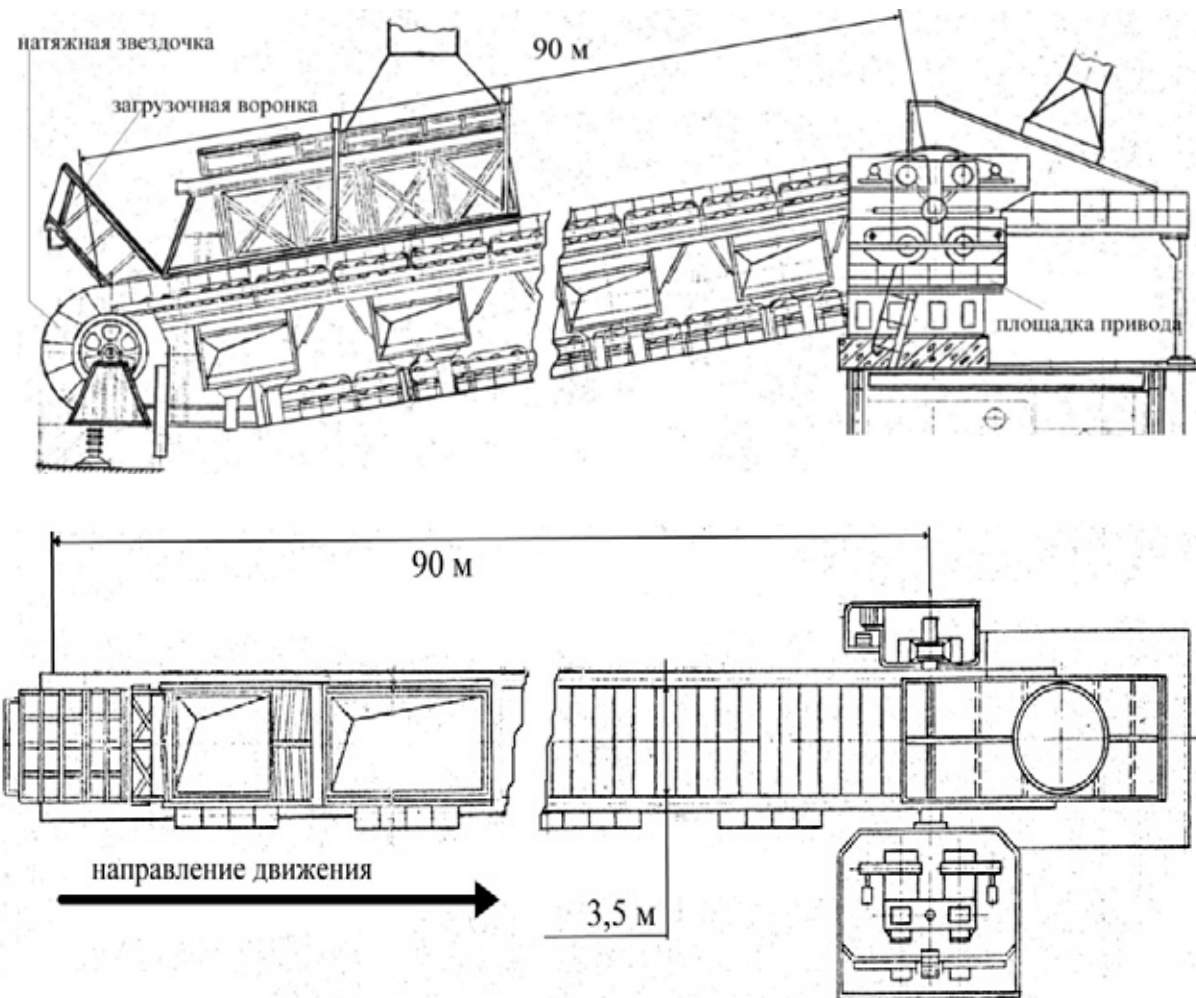
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графический материал.

Принципиальная схема технологического процесса агломерации:



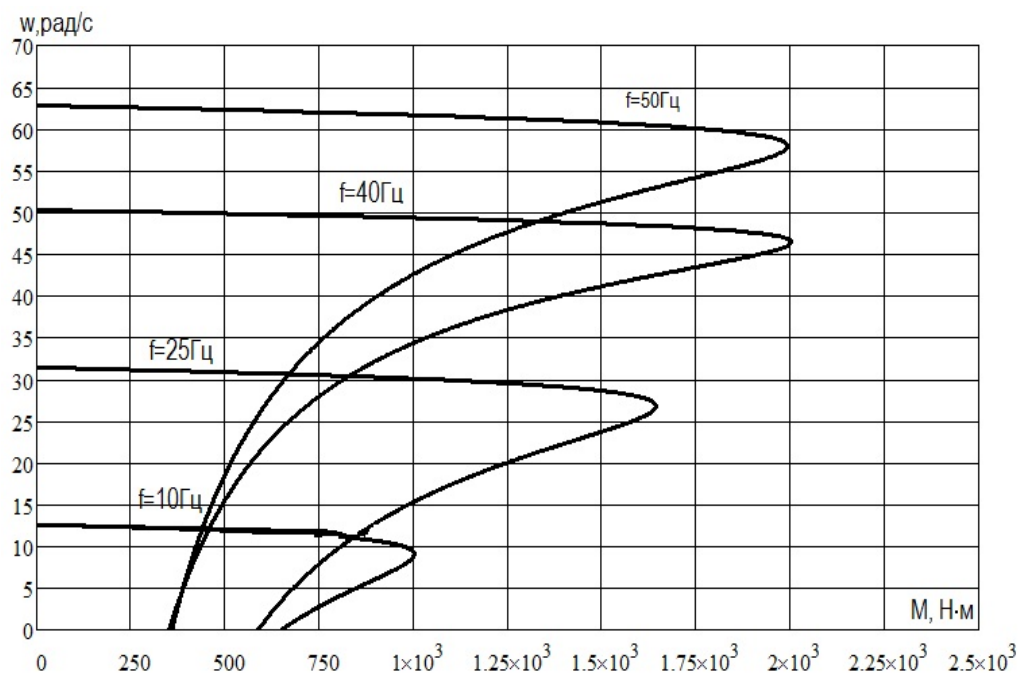
Общий вид охладителя агломерата ОП-315



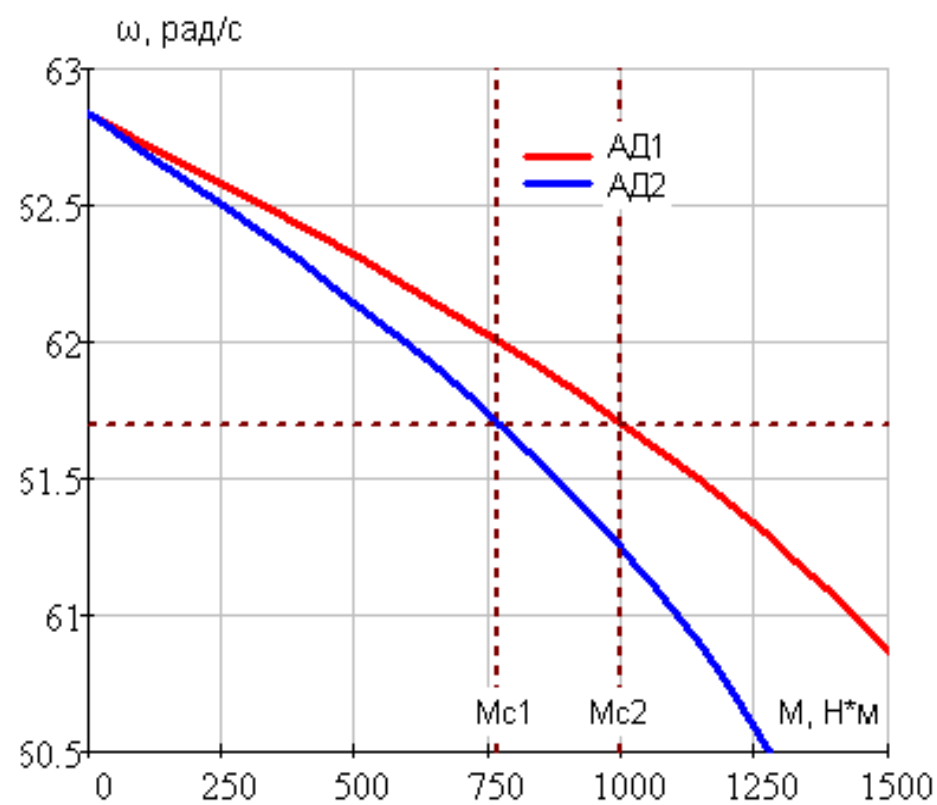
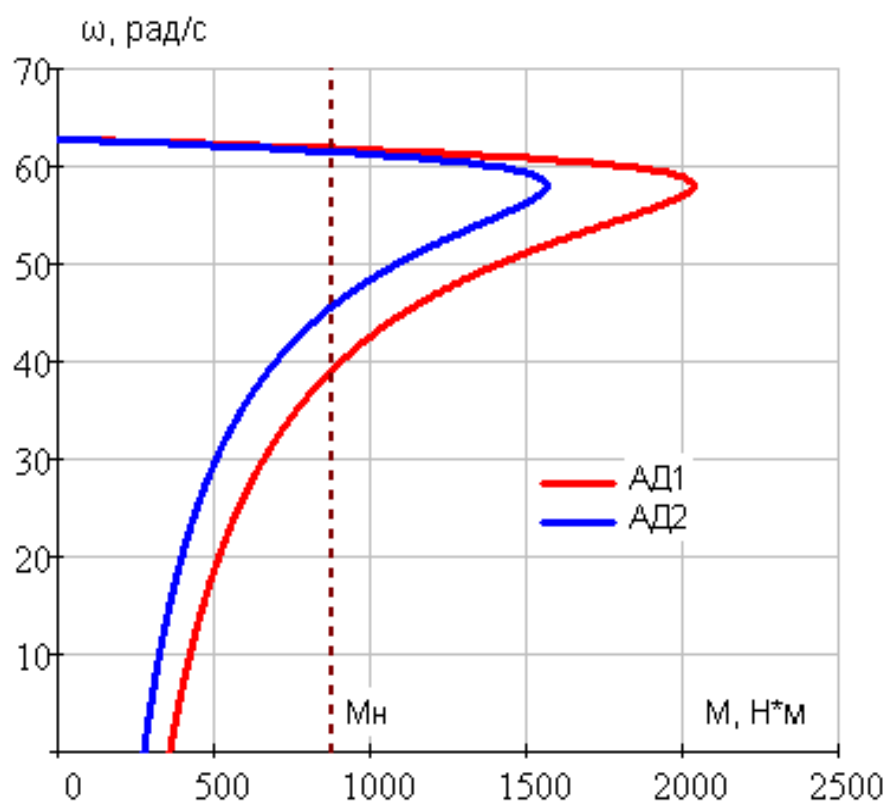
Статические характеристики:

Таблица 4- Расчетные параметры для электромеханических характеристик

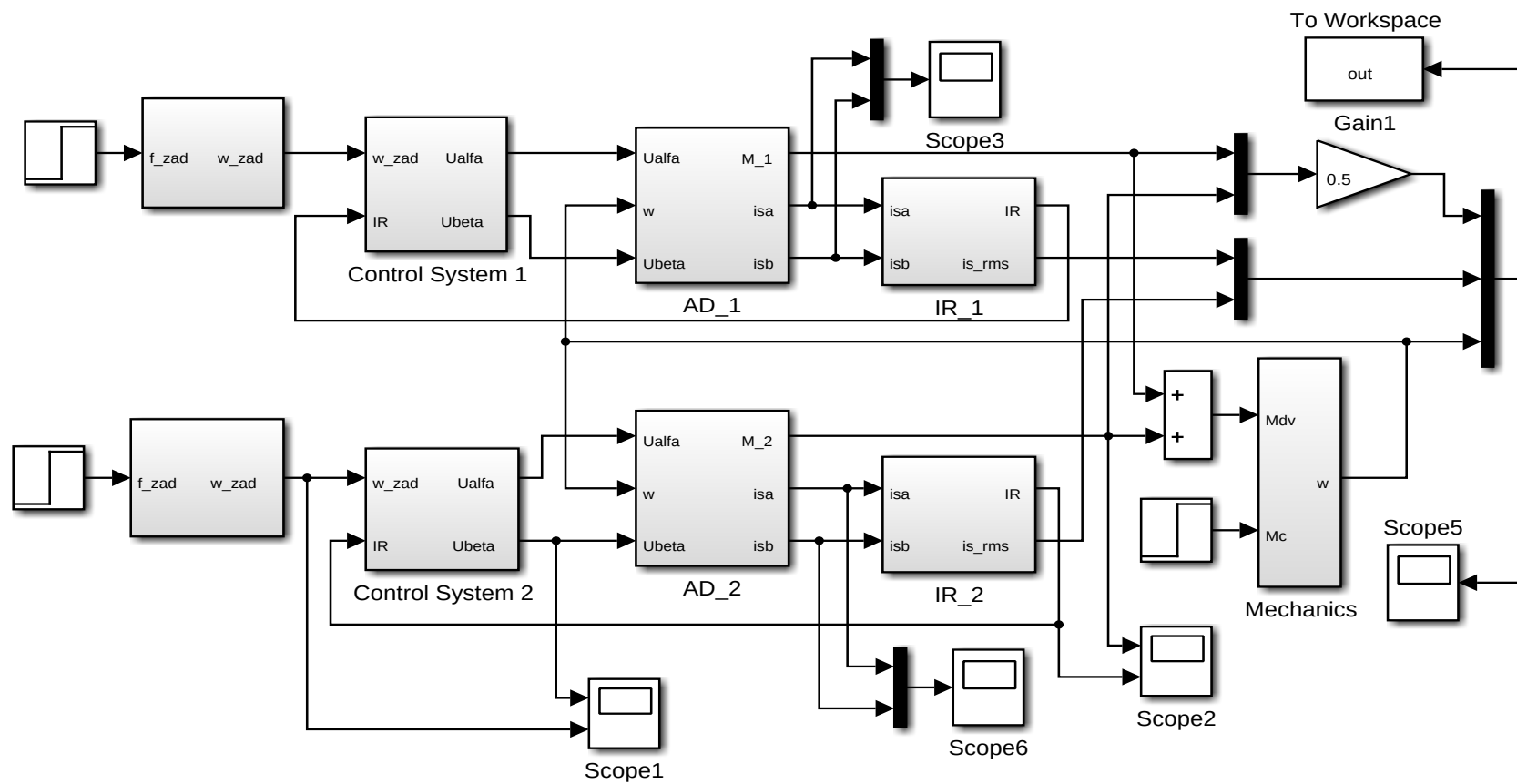
$f_{np}, \text{Гц}$	f_j°	$U_j, \text{В}$	$\omega_j, \text{рад/с}$
50	1	220	62.83
40	0.8	176	50.26
25	0.5	110	31.4
10	0.2	44	12.56



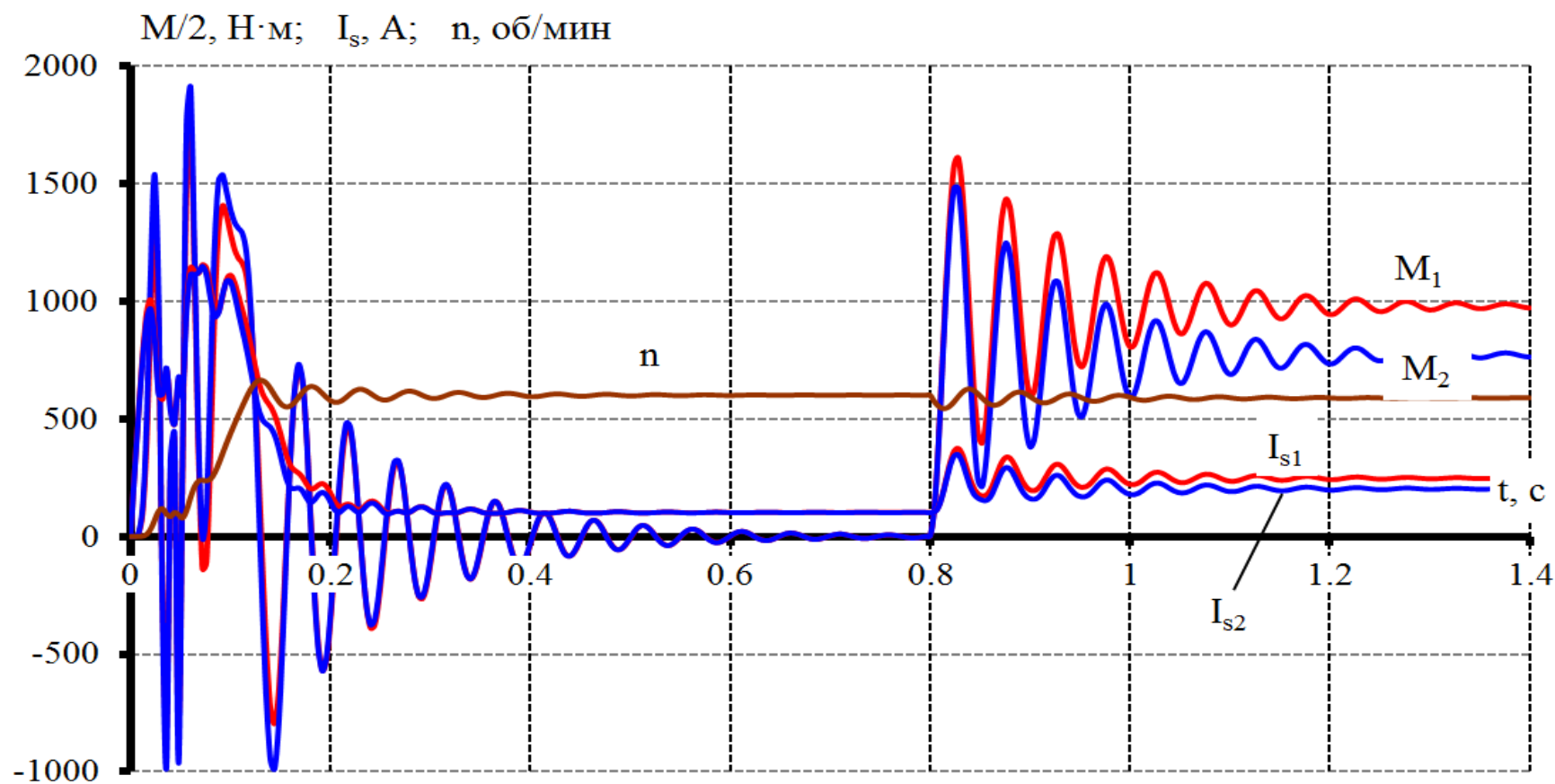
Статические механические характеристики $M=f(\omega)$



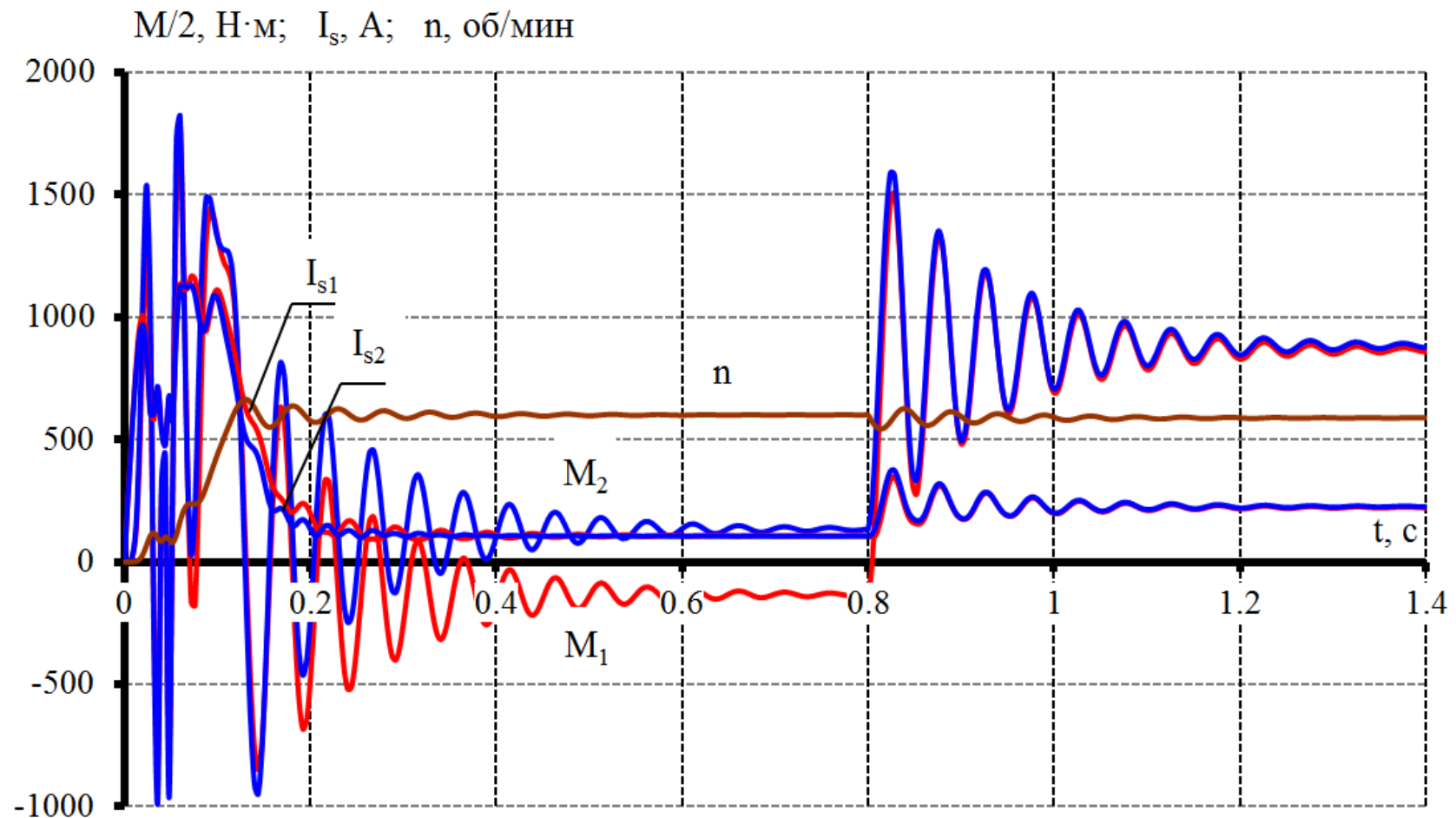
Имитационная модель электропривода охладителя агломерата:



Динамические характеристики скорости, моментов и токов двигателей без компенсации скольжения и момента



Динамические характеристики скорости, момента и токов с компенсациями по моменту и скольжению



Динамические характеристики скорости, момента и токов с компенсациями по моменту и скольжению

