

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электрооборудование и электропривод насоса пульпы в технологическом процессе измельчения урановой руды
УДК 621.31:62-83-52:622.73.017

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2Б1	Юферов Сергей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чернышев Игорь Александрович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король Ирина Степановна	к.х.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭПЭО	Дементьев Юрий Николаевич	к.т.н., 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 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Дементьев Ю.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2Б1	Юферов Сергей Сергеевич

Тема работы:

Электрооборудование и электропривод насоса пульпы в технологическом процессе измельчения урановой руды	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 09.03.2017. №1655/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Техническая документация
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Общие сведения; выбор электрооборудования; расчет естественных характеристик регулируемого электропривода; расчет статических механических и электромеханических характеристик при частотном законе регулирования скорости; создание математической модели и проведение имитационного моделирования работы в MATLAB SIMULINK; социальная ответственность; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Король Ирина Степановна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко Аркадий Альбертович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чернышев Игорь Александрович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2Б1	Юферев Сергей Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2Б1	Юферев Сергей Сергеевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	Электропривода и электрооборудования
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/Специальность	«Электроэнергетика и электротехника»/ «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений»

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, и человеческих.	Стоимость материальных затрат, оплаты труда, прочие затраты.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	Отчисления на социальные нужды и амортизационные отчисления.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Расчёт затрат на проектирование систем электропривода насоса перекачки пульпы
2. Определение прибыли и договорной цены проекта электропривода насоса перекачки пульпы
3. Техничко-экономический расчёт системы электропривода перекачки пульпы
1. Расходы на этапе проектирования на материальные затраты.
2. Расходы на этапе проектирования на заработную плату.
3. Смета затрат.
4. Смета наличных капитальных затрат.
5. Результаты расчёта приведённых затрат.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Фигурко А. А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2Б1	Юферев Сергей Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2Б1	Юферев Сергей Сергеевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	Электропривода и электрооборудования
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	«Электроэнергетика и электротехника»/ «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Электропривод и электрооборудование насоса пульпы в технологическом процессе измельчения урановой руды. Электропривод насоса предназначен для транспортировки классификаторов с зумпфа в пульпаотделитель. В данной работе была произведена модернизация устаревшего оборудования. Выбран асинхронный двигатель и преобразователь частоты, а также был произведен их расчет и симуляция работы в программной среде.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);

пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

1.1.К вредным факторам относятся: ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Общая вибрация, категория 3 тип «а»: ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. -физическая природа вредности, технологическая вибрация передается на рабочие места от мельницы ММС «Каскад». и грохотов ГС-742, находящихся в одном здании с ПЧ; -допустимые условия труда (2 класс) уровень воздействия не превышает уровень, установленный нормативами условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены); -допустимы нормы: виброускорение $0,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}/100 \text{ дБ}$; виброскорость $0,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}\cdot 10^{-2}/92 \text{ дБ}$; -Вибрационная безопасность труда должна обеспечиваться введением и соблюдением режимов труда и отдыха, в наибольшей мере снижающих неблагоприятное воздействие вибрации на человека; -Индивидуальные средства защиты: Обувь на толстой резиновой подошве

Шум непостоянный широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы: ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности . -физическая природа вредности, персонал

	<p>подвергается широкополосному шуму во время следования до ПЧ т.к. путь следования проходит через главный корпус фабрики в котором источниками шума являются грохота и мельницы;</p> <p>-вредные условия труда (3 класс 2 степень), уровень воздействия шума способен вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, повышает утомляемость, вызывает изменения в органах слуха человека, ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, возникающих после продолжительной экспозиции (пятнадцать и более лет. ГОСТ Р 12.4.211-99 (ИСО 4869-1-89) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы.</p> <p>-Коллективные средства защиты от шума: звукоотражающие экраны, звукопоглощающие облицовки стен.</p> <p>-Индивидуальные средства защиты: Вкладыши из ваты или пробочки из губчатой резины, наушники.</p> <p>1.2. К опасным факторам относится: электробезопасность.</p> <p>Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества ГОСТ 12.1.009-82. ССБТ (2001). Источниками поражения электрическим током является электрооборудование рассматриваемое в данной работе.</p> <p>-К электрическим травмам относятся: Электрические ожоги (токовые, дуговые, смешанные), металлизация кожи, механические поражения.</p> <p>- Коллективная электробезопасность должна обеспечиваться: конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями.</p> <p>ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) ГОСТ 12.1.038-82 (2001) Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Защитное заземление, зануление.</p> <p>Для предохранения рабочих от поражения электрическим током электрооборудование должно быть надежно заземлено.</p> <p>защитное заземление: Преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.</p> <p>-К индивидуальным электрозщитным средствам относится: -изолирующие штанги;</p>
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> - изолирующие и электроизмерительные клещи; - указатели напряжения всех видов и классов; -бесконтактные сигнализаторы наличия напряжения; -изолированный инструмент; - диэлектрические перчатки, боты и галоши, ковры, изолирующие подставки; - защитные ограждения (щиты, ширмы, изолирующие накладки, колпаки); - переносные заземления. ГОСТ 12.4.283-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Электропривод и электрооборудование насоса перекачки пульпы находится в здании находящееся в промышленной зоне и не несет вреда селитебной зоне. -Электропривод и электрооборудование насоса перекачки пульпы не оказывает никакого влияния на атмосферу т.к. при его работе нет ни каких выбросов. -Электропривод и электрооборудование насоса перекачки пульпы не оказывает влияния на гидросферу. -При выходе из строя ПЧ администрация производства обязуется утилизировать его в соответствии ГОСТ Р 55102-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутисодержащих устройств и приборов .При выходе асинхронного двигателя из строя у предприятия есть перемоточный цех, в котором перематывают стартовую обмотку, а вышедшую из строя обмотку утилизируют в соответствии ГОСТ 1639-2009 Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; <p>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Возможные чрезвычайные ситуации: <ol style="list-style-type: none"> 1. Поражение электрическим током. 2. Пожар. - Наиболее типичный пример ЧС- пожар. . Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. -Причиной возгорания может быть: <p>Короткое замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке; несоблюдение правил пожарной безопасности; наличие горючих компонентов: столы, изоляция кабеля. и т.д.</p> -К превентивным мероприятиям относятся:

	<p>1. Разработка и внедрение мероприятий, для устранения возможных причин пожара;</p> <p>2. Обеспечение максимального ограничения для распространения пожаров в случае их возникновения;</p> <p>3. Создание оптимальных условий для эвакуации сотрудников и спасения имущества;</p> <p>4. Своевременное обнаружение огня, и быстрый вызов пожарной бригады.</p> <p>5. обеспечение рабочих мест средствами пожаротушения.</p> <p>-При возникновение пожара и ликвидации ее последствий придерживаемся ГОСТ РД 153-34.0-03.301-00 Правила пожарной безопасности предприятий</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>-К правовым нормам законодательства относятся такие статьи как:</p> <p>1. Статья 147 ТК РФ. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда.</p> <p>2. дополнительный отпуск к основному ст 117 ТК РФ.</p> <p>3. Федеральный закон от 28.12.2013 ст 30 о досрочном назначении страховой пенсии.</p> <p>-организационные мероприятия должны соответствовать ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования</p> <p>Цвета сигнальные и знаки безопасности - по ГОСТ Р 12.4.026-2001.ГОСТ 12.2.032-78</p> <p>Выполнение работ в положении сидя, в положении стоя - ГОСТ 12.2.033-78</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И.С.	к.х.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2Б1	Юферев Сергей Сергеевич		

Реферат

Дипломный проект содержит 91 страниц текста, 47 рисунков, 15 таблиц.

Тема дипломной работы: Электрооборудование и электропривод насоса пульпы в технологическом процессе измельчения урановой руды.

В дипломной работе произведён расчёт электропривода насоса. Технологический процесс описан технологический процесс цеха и гидроциклонной установки. Предъявлены требования к электроприводу.

Функциональная схема электропривода произведена оценка и анализ вариантов исполнения, обоснованы функциональная схема регулируемого электропривода. Произведён расчёт и выбор силового оборудования.

Определение параметров оптимальных настроек системы произведён синтез линеаризованной системы автоматического управления системы электропривода. Произведена настройка на оптимальные показатели качества. Имитационное моделирование произведено исследование линеаризованной и нелинейной САУ СЭП с помощью численного моделирования на ЭВМ.

В экономической части произведён экономический расчёт пуска наладочных работ электропривода и составлена сметная стоимость затрат.

В разделе безопасности и экологичности выполнен анализ вредных и опасных факторов. Были предложены меры по уменьшению воздействия вредных и опасных факторов на организм человека. Было уделено внимание вопросам о влиянии исследуемого объекта на селитебную зону, на атмосферу, гидросферу и литосферу с указанием мер по уменьшению влияния на выше перечисленные зоны. Так же было уделено особое внимание порядку действия при возникновении ЧС и мерам по ее ликвидации и разработке превентивных мер по предупреждению ЧС. Были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Оглавление

Введение.....	17
1. Технологический процесс получения закиси-окиси урана	19
1.1 Рудоподготовка сырья для реагентной рудо-обогащительной фабрики и кучного выщелачивания ГМЗ и измельчения.....	19
1.2 Измельчение обогащённого уранового сырья и руды оксиданта, сгущение пульпы	21
1.3 Техническая характеристика блока измельчения ГМЗ.....	23
1.4 Требования к электроприводу насоса пульпы в технологическом процессе измельчения урановой руды	28
2. Функциональная схема электропривода и выбор электрооборудования....	29
2.1 Выбор двигателя.....	30
2.2 Выбор преобразователя частоты	32
2.3 Выбор датчиков давления и скорости.....	34
3. Определение параметров асинхронного двигателя.....	37
3.1 Расчет статических характеристик.....	42
4. Расчет искусственных механических и электромеханических характеристик системы регулируемого электропривода для заданного закона регулирования скорости.....	46
4.1 Прямой пуск асинхронного двигателя.....	52
4.2 Расчет потерь в асинхронном двигателе при работе на искусственных характеристиках вентиляторной нагрузкой	57
4.3 Имитационное моделирование системы «Преобразователь частоты – Асинхронный двигатель»	59
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, и ресурсосбережение.	71
5.1 Организация пусконаладочных работ.....	73
5.2 Сметная стоимость пусконаладочных работ.....	77
5.2.1 Расчет стоимости материалов и комплектующих	77
5.2.2 Расчет стоимости оборудования.....	78
5.3.3 Расчет расходов на оплату труда.....	79

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	82
5.3.5 Сметная стоимость на проведение пусконаладочных работ	83
5.4 Расчет расходов при эксплуатации электропривода насоса ГРАК 1400/40-АН	84
5.4.1 Расчет стоимости силовой электроэнергии.....	84
5.4.2 Расчёт амортизационных отчислений.....	85
5.4.3 Издержки на ремонтно-эксплуатационное обслуживание электроприводов.....	85
5.5 Определение экономической эффективности проекта	86
6. Социальная ответственность	88
6.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	88
6.1.1 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	92
6.2 Экологическая безопасность.....	94
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	95
6.3.1 Возможные ЧС при разработке и эксплуатации изучаемого объекта....	95
6.3.2 Рассмотрение наиболее типичного примера ЧС.....	96
6.3.3. К превентивным мероприятиям относятся	96
6.3.4. При возникновении пожара и ликвидации ее последствий придерживаемся ГОСТ РД 153-34.0-03.301-00 Правила пожарной безопасности предприятий.....	97
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	99
6.4.1. Организационные мероприятия при компоновки рабочей зоны	100
Заключение	102
Список литературы	103

Введение

Сфера применения электрического привода в промышленности, на транспорте и в быту постоянно расширяется. В настоящее время уже более 60% всей вырабатываемой в мире электрической энергии потребляется электрическими двигателями. Следовательно, эффективность энергосберегающих технологий в значительной мере определяется эффективностью работы электропривода. Разработка высокопроизводительных, компактных и экономичных систем привода является приоритетным направлением развития современной техники.

Приблизительные подсчеты говорят о том, что если эффективность управления мощными электродвигателями повысить всего лишь на 1%, то отпадет необходимость в электроэнергии мощностью порядка 100 МВт. Если осуществить оптимальное (или почти оптимальное) управление всеми электродвигателями, то это позволит сохранить мощности порядка 36000 МВт. В развитых странах мира введены законы, требующие экономии электроэнергии и выпуска энергосберегающего оборудования. И это только одна сторона проблемы. С другой стороны развитие современной техники предъявляет все более жесткие требования к электроприводу. Современные технологии требуют от электропривода повышения точности движения (как в статике, так и в динамике), быстродействия, надежности, эффективности привода, понижения вносимых приводом искажений в сетевое напряжение. Это в свою очередь требует применения как “новых” двигателей (вентильных, вентильно-индукторных, бесколлекторных), так и новых, более сложных методов управления электроприводом, что влечет за собой применение новой элементной базы (силовой и управляющей), способной реализовать данные алгоритмы.

В современном производстве на многих объектах управления в качестве исполнительных механизмов используются асинхронные электродвигатели (АД) переменного тока с короткозамкнутым ротором. При

этом используются различные способы управления, начиная от простейших релейно-контакторных систем прямого пуска АД и заканчивая сложнейшими системами высококачественного управления на базе преобразователей частоты с быстродействующими микропроцессорами. Обзор современного состояния систем управления АД позволяет сделать вывод о том, что существенный резерв повышения эффективности работы асинхронного ЭП заключается в разработке и применении новых и перспективных алгоритмов управления.

1. Технологический процесс получения закиси-окиси урана

1.1 Рудоподготовка сырья для реагентной рудо-обогащительной фабрики и кучного выщелачивания ГМЗ и измельчения

В структуре переработки руд на ГМЗ предусматривается последовательное выполнение определенных операций.

Горнорудную массу, добытую открытым способом в карьере, поступающую на автомобильный рудо-сортировочный комплекс и реагентный рудо-сортировочный комплекс, разделяют на три сорта: богатую, бедную и уранолибденовую руды. В сорт богатой руды (коэффициент обогащения $\approx 2,0$) направляют около 35% материала, а бедная руда в объеме 65% (с коэффициентом обогащения $\approx 0,5$) является сырьем для реагентной рудо-обогащительной фабрики и кучного выщелачивания ГМЗ. Богатую и бедную руды подготавливают отдельно по схеме, предусматривающей бункеровку сырья в приемных бункерах, грохочение руды на колосниковом питателе-грохоте ПГВ-1,5/6,5 (богатый сорт, бедный сорт) с додраблыванием материала в щековой дробилке крупного дробления СМД-111 (богатый сорт, бедный сорт).

После узла крупного дробления богатая руда крупностью до 200мм поступает в схему измельчения на ГМЗ. Бедную руду, аналогичной крупности, подают конвейерами в узел первой стадии отмывки и грохочения на инерционном грохоте тяжелого типа ГИТ-52Н, где разделяют на три рудопотока:

1. Материал крупностью менее 5мм после классификации на спиральных классификаторах 1КСН-20, где происходит его отделение от жидкой фазы, объединяют с богатой рудой и транспортируют в схему измельчения сырья, слив классификатора из зумпф насосами также подают в схему измельчения руд - на операцию гидроциклонирования.

2. Бедную руду крупностью 40/5мм конвейерами подают в бункер готового материала для кучного выщелачивания. Далее дробленый и отмытый продукт загружают в автотранспорт и направляют на укладку в штабеля выщелачивания урана.

3. Бедную руду крупностью 200/40мм подают конвейером на вторую стадию отмытки и грохочения с выделением материала 40/0мм и машинных классов крупности для рентгенорадиометрической сортировки (200/80, 80/40), на грохотах КГВ-1,2/10,8:

3.1. Материал крупностью менее 40мм после отделения жидкой фазы на грохоте ГС-742 с помощью ленточных конвейеров возвращают в бункер готового материала для кучного выщелачивания, где объединяясь с богатой рудой он поступает на измельчение. Отделенную от руды воду с помощью насоса направляют в зумпф, после чего перекачивают насосами на операцию гидроциклонирования сырья схемы измельчения руд;

3.2. Машинный класс крупностью 80/40мм поступает на ленточный конвейер, который через сбрасыватель распределяет руду по двум накопительным бункерам;

3.3. Машинный класс крупностью 200/80мм поступает в отдельный накопительный бункер. Из накопительных бункеров машинные классы сырья поступают на рентгенорадиометрические сепараторы, при этом для обогащения руды крупностью 200/80мм предусматривается два сепаратора СРФ2-300, а для обогащения руды крупностью 80/40мм – четыре сепаратора СРФ4-150.

Обогащенный продукт всех сепараторов – концентрат – поступает на конвейеры, и далее на сборный конвейер, который возвращает его в зд.617 и, объединяясь с богатой рудой, направляется на измельчение.

Хвосты всех сепараторов подают на ленточные конвейеры, и далее на сборный конвейер. После чего хвосты РРС поступают на конвейер, который транспортирует их в бункер отгрузки находящийся в здании 620.

Руду из зданий 616-617 по галерее транспортировки руды здание 621б конвейерами и подают в корпус измельчения на передвижные, реверсивные конвейеры которые распределяют её по аккумулирующим параболическим бункерам блоков №1,3,4,5.

1.2 Измельчение обогащённого уранового сырья и руды оксиданта, сгущение пульп

Руду крупностью менее 200мм из параболических бункеров вибропитателями ПЭВ-2 подают на горизонтальные конвейеры, а затем на наклонные конвейеры, на которых имеются измерительные весы, с помощью которых ведут учет подаваемой в процесс руды.

С наклонных конвейеров руду через загрузочное устройство загружают в мельницу ММС «Каскад». Разгрузку – слив мельниц ММС поступает в зумпф, и насосами ГРАК 1400/40 подают в пульподелитель установленный на отм.+10,2м. Пески классификаторов поступают в мельницы ММС и МШЦ на доизмельчение, а слив классификаторов поступает в зумпф и насосами ГРАК 1400/40 подаётся на батарею гидроциклонов. Слив гидроциклонов поступает на барабанные грохота щепоулавливания, где происходит отделение щепы от пульпы. Щепу с грохотов собирают в контейнеры, где происходит её обезвоживание, а пульпа самотёком поступает на сгуститель. Пески гидроциклонов направляют на доизмельчение в мельницу МШЦ, разгрузка мельниц МШЦ самотёком поступает в зумпф, откуда насосами НС-8ГР подают в пульподелитель. Из здания 622 пульпу подают в приёмный стакан сгустителя.

Процесс сгущения включает в себя следующие операции: подачу исходной пульпы и флокулянта в сгуститель; откачку сгущённого продукта на выщелачивание; откачку осветлённой воды в качестве оборотной.

Для ускорения процесса осаждения твёрдых частиц в работающий сгуститель подают флокулянт (раствор полиакриламида концентрацией 0,020 ±0,005%).

Осаждённый продукт скребками перемещается в центральную часть сгустителя, по достижении плотности 1380-1400г/дм³ его откачивают пульповыми насосами во 2-ой цех на выщелачивание.

Осветлённую воду – слив сгустителя собирают в зумпфе, и насосами откачивают в 1000м³ коллектор здания 622. Из коллектора воду распределяют по операциям измельчения и классификации работающих блоков, а также используют для уборки проливов пульпы на отметках здания.

Для откачки проливов пульпы в здании 622 применяют дренажные насосы слив, которых заведен в зумпфы блоков измельчения. В здании 623а слив, которых заведен в сгустителя

Узел сгущения включает в себя четыре сгустителя и насосное отделение, расположенное в здании 623.

Заполнение сгустителей водой и пульпой осуществляют из здания 622, при помощи пульповых и водяных трубопроводов по эстакадам.

В здании 623 имеются следующие площадки:

- отметка +0,0м, где расположена площадка для ремонта электродвигателей и насосов, и площадка хранения резервного оборудования;
- отметка -5,4м, где расположены приточная камера, предназначенная для обогрева здания, и комната КИПиА;
- отметка -8,6м, где расположены пульповые насосы - для откачки пульпы во 2 цех, водяные насосы - для откачки оборотной воды и дренажные насосы откачки проливов пульпы.

1.3 Техническая характеристика блока измельчения ГМЗ

На рисунке 1 представлена технологическая схема блока измельчения. Она состоит из двух симметричных половин и включает следующие основные узлы:

- загрузочный участок (горизонтальный и наклонные транспортеры);
- мельница измельчения типа ММС 70х23 (шаровая);
- классификатор КСН-30;
- гидроциклонная установка.

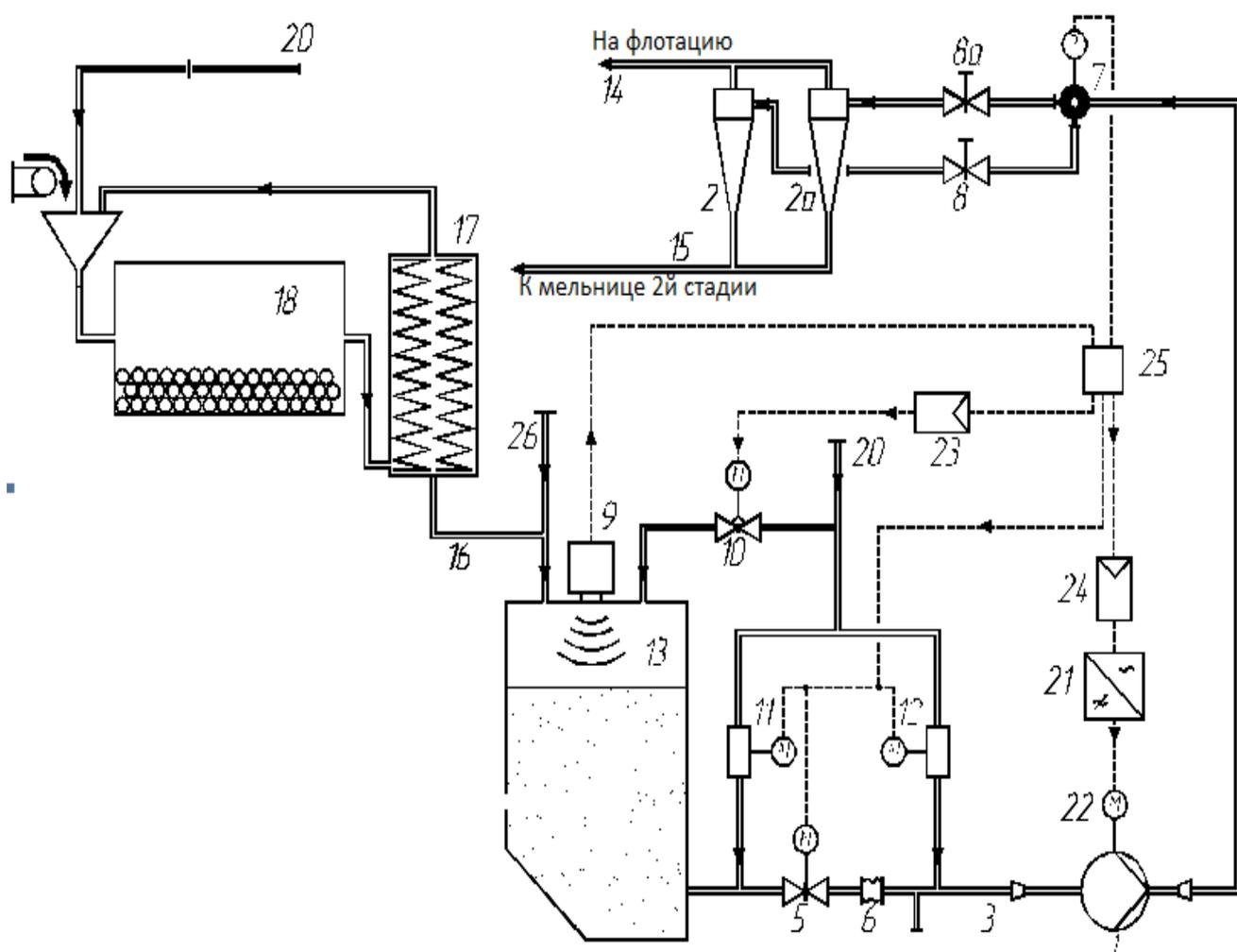


Рис. 1. Технологическая схема измельчения руды

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:

1. Насос;
2. (2а) Гидроциклоны;
3. Всасывающий трубопровод;
4. Питание гидроциклона;
5. Запорный шибер;
6. Компенсатор;
7. Распределитель с датчиком давления;
8. (8а) Ручной запорный шибер;
9. Датчики уровня;
10. Регулирующий вентиль;
11. Клапан размывки зумпфа;
12. Клапан промывки насоса;
13. Зумпф насоса;
14. Слив гидроциклонов;
15. Пески Гидроциклонов;
16. Слив классификатора;
17. Классификатор;
18. Мельница;
19. Подача руды;
20. Технологическая вода;
21. Преобразователь частоты;
22. Электродвигатель;
23. Регулятор уровня;
24. Промышленный компьютер;
25. Трубопровод от мельницы 2й стадии.

Загрузочный участок предназначен для подачи исходного продукта в мельницу и состоит из горизонтального конвейера. В качестве приводного двигателя используется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

- для наклонного конвейера применяется двигатель мощностью 30кВт, 1500 об/мин с редуктором Ц20-315К;

- скорость ленты составляет $0,9 \div 1,1$ м/сек;

- для горизонтального конвейера применяется также двигатель мощностью 30кВт, 1500 об/мин и редуктор РМ 750 с регулируемой скоростью V-var.

Мельница ММС включает собственно мельницу ММС 70х23 с рабочим объемом 85м^3 , имеет внутренний диаметр $D_0 = 7000\text{мм}$, длину барабана $L = 2300\text{мм}$, вес мелющих тел 200 т. Скорость с которой происходит измельчение равна 16,25 об/мин

Также в состав технологической цепочки входит классификатор. Он предназначен для разделения рудных, нерудных и сыпучих материалов в водной среде на две фракции различной крупности.

Гидроциклонная установка состоит из рабочего зумпфа, насоса «ГРАК» 1400/40-АН с двигателем мощностью 315 кВт, номинальной частотой вращения 1500 об/мин и номинальным током 170А и вспомогательного оборудования, к которому относятся: шиберы на всоси насоса, клапаны размыва насоса, регулирующая арматура подачи воды в зумпф.

Гидроциклонная установка показана на рисунке 1.1, а насос ГРАК показан на рисунке 1.2.

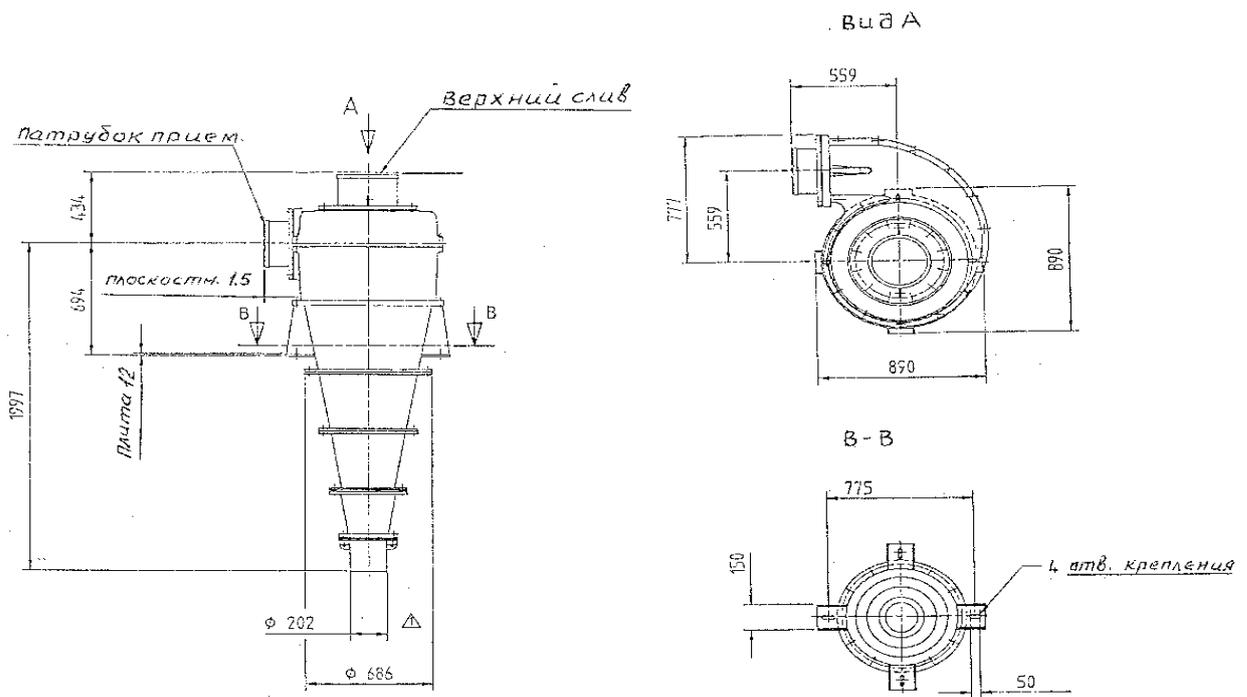


Рис. 1.1. Гидроциклон 660 ЦС

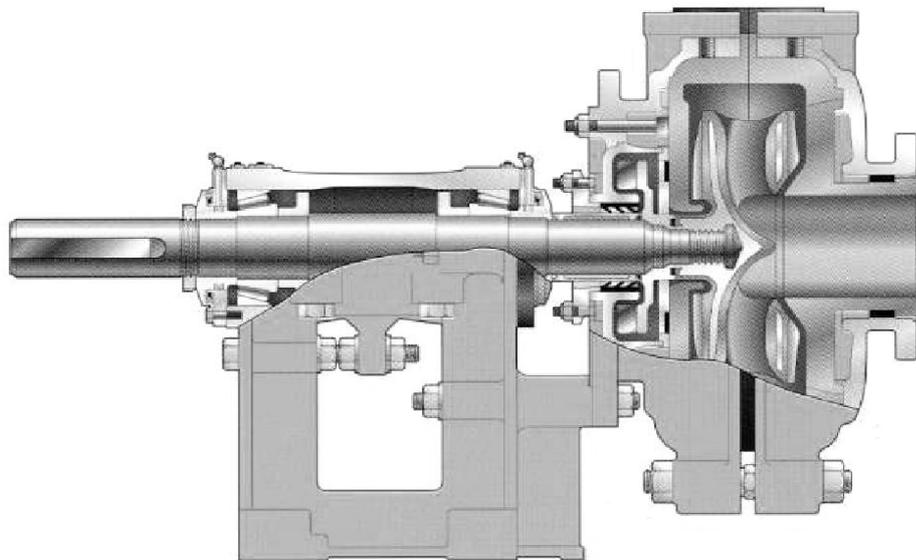


Рис. 1.2. Насос ГРАК 1400/40-АН

Технологическая схема измельчения ГМЗ относится к схемам замкнутого типа двустадийного измельчения. Исходное сырье, руда, подается в шаровую мельницу вместе с водой и песками из классификатора и песками из гидроциклона.

После измельчения руды пульпа из мельницы самотеком по желобу разгрузки поступает в зумпф, откуда насосом ГРАК1400/40 подается на батарею гидроциклонов и далее в классификатор. Для обеспечения

выполнения технологического процесса в классификатор подается техническая вода.

В классификаторе пульпа разделяется на фракции – мелкая фракция (слив) вместе с технической водой поступает в рабочий зумпф. Разгрузка классификатора по пескам поступает в приемное устройство шаровой мельницы (возвращаемые пески классификатора). В разгрузку классификатора подается техническая вода.

Из рабочего зумпфа пульпа насосом подается в гидроциклон, где происходит разделение по фракциям. Пески возвращаются в приемное устройство шаровой мельницы, слив гидроциклонов – на флотацию.

В гидроциклоне насосом создается необходимое технологическое давление (выбирается экспериментально).

Слив гидроциклонов является готовым продуктом класса – 0,074мм и поступает на флотацию.

Основные технические характеристики узла «зумпф-гидроциклон» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры технологического процесса

№ пп	Наименование параметра	Обозначение	Зумпф	Насос	Гидроциклон
1.	Производительность, т/час слива классификатора	Q	520	260	260
	Из классификатора, т/час	520	68		
	Техническая вода, м3/час	239	32		
2.	Содержание класса - 0,074%	β	27,0	27,0	27,0
3.	Производ. по классу -0,074. Т/час	Q _г	140	70	70
4.	Слив гидроциклона, т/час	Q _с	200	100	100
5.	Пределы регулирования давления на входе в	P _г			(1,0-1,5)±0,05

	гидроциклон, кГс/см ²				
6.	Циркуляция по пескам г/ц				160%
7.	Производительность м-цы т/ч		200		
8.	Содержание твердого в сливе классификатора %		48		

1.4 Требования к электроприводу насоса пульпы в технологическом процессе измельчения урановой руды

Требования к оборудованию:

- температура окружающей среды +10....+40°С;
- высота над уровнем моря до 1000м;
- вибрация с ускорением до 0,5g в диапазоне частот 1....50Гц;
- окружающая среда не взрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, не насыщенная токопроводящей пылью и водяными парами;
- содержание токопроводящей пыли в помещении не более 0,7 м²/м³.

При выходе из строя одного гидроциклона технологический процесс измельчения должен продолжаться, поэтому электропривод должен обеспечить диапазон регулирования скорости $D = 1:2$. С учётом неравномерности переработки и иных факторов, принимаем диапазон регулирования $D = 1:3$.

Для продолжительной и бесперебойной работы электропривода необходимо использовать плавный пуск. В связи с характером технологического процесса, при стоячем насосе, рабочее колесо забивается песками, поэтому пусковой момент должен быть достаточно большим.

Исходя из технологического процесса к электроприводу предъявляются следующие требования:

- высокая степень надежности электропривода;
- обеспечение высокой производительности;
- защита от аварийных ситуаций;
- плавный пуск;
- высокий пусковой момент;
- экономичность, наличие энергосбережения;
- обеспечение необходимой точности регулирования;
- обеспечение необходимой жесткости механических характеристик и диапазона регулирования;
- высокая перегрузочная способность по моменту;
- совместимость с оборудованием верхнего уровня;
- простота эксплуатации и ремонта;
- безопасность обслуживания.

2. Функциональная схема электропривода и выбор электрооборудования

В настоящее время электропривод с двигателями переменного тока и управляемыми полупроводниковыми преобразователями частоты занимает лидирующее положение среди других типов регулируемого электропривода. Интенсивному развитию этого направления способствуют значительные успехи в усовершенствовании новых и создании новых силовых управляемых полупроводниковых приборов и интегральных схем, развитии цифровых информационных технологий и разнообразных средств микроконтроллерного управления.

Функциональная схема электропривода будет иметь вид, представленный на рисунке 2.

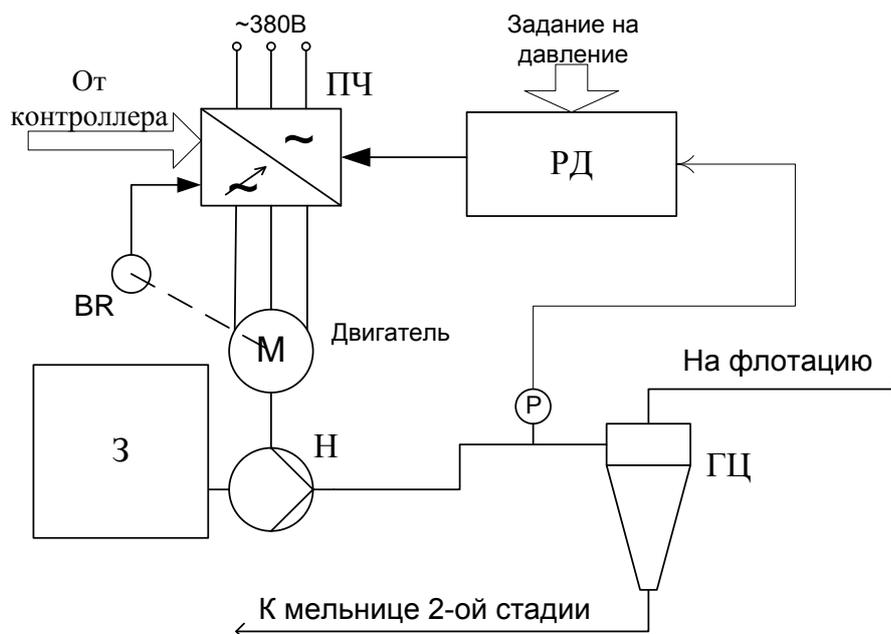


Рис. 2. Функциональная схема электропривода

На рисунке 2 приняты следующие обозначения:

ПЧ – преобразователь частоты;

Д – двигатель;

Н – насос ГРАК1400/40-АН;

ГЦ – гидроциклон;

З – зумпф;

РД – регулятор давления;

BR – датчик скорости;

Р – датчик давления.

2.1 Выбор двигателя

Параметры двигателя, рекомендуемые фирмой ГРАК для насоса 1400/40-АН [1]:

- номинальная мощность двигателя: 315 кВт;
- номинальная скорость вращения двигателя: 1500 об/мин.

Исходя из данных требований выбираем двигатель: RA355MA4.

Параметры двигателя:

$$P_H = 315 \text{ кВт}, n_H = 1500 \text{ об/мин}, \eta = 95,2\%, \cos\varphi = 0,85, I_H = 588 \text{ А}, k_i = \frac{l_i}{l_i}$$

$$= 6,9; k_i = \frac{M_i}{M_i} = 2,1; k_{\max} = \frac{M_k}{M_i} = 2,2; J = 6,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Класс изоляции F.

Степень защиты IP55.

Номинальный момент нагрузки

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{315 \cdot 10^3}{155,5} = 2025,61 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для проверки воспользуемся формулой, приведённой в [2, стр. 571]. Для расчёта мощности необходимо рассчитать давление создаваемое насосом и поток. Поток Q берём из исходных данных: $Q = 0,21104 \text{ м}^3/\text{с}$. Давление создаваемое насосом складывается из давления, необходимого гидроциклону для нормального разделения фракций $P_T = 80 \text{ кПа}$, и даваемого столбом жидкости в шланге от насоса до гидроциклона $h = 15 \text{ м}$ показано на рисунке 2.1.. Плотность пульпы $\rho = 2650 \text{ кг/м}^3$.

$$P_{mp} = k_3 \frac{P_T Q \cdot 10^{-3}}{\eta_H} = 2 \cdot \frac{469550 \cdot 0,21104 \cdot 10^{-3}}{1,75} = 264 \text{ кВт},$$

где k_3 – коэффициент запаса мощности, принимаем $k_3 = 2$, из-за непостоянства плотности пульпы и других случайны параметров;

$P_T = P_T + \rho gh = 80 \cdot 10^3 + 2650 \cdot 9,8 \cdot 15 = 469550 \text{ Па}$. – давление, создаваемое насосом;

Q – поток, создаваемый насосом;

η_H – КПД насоса.

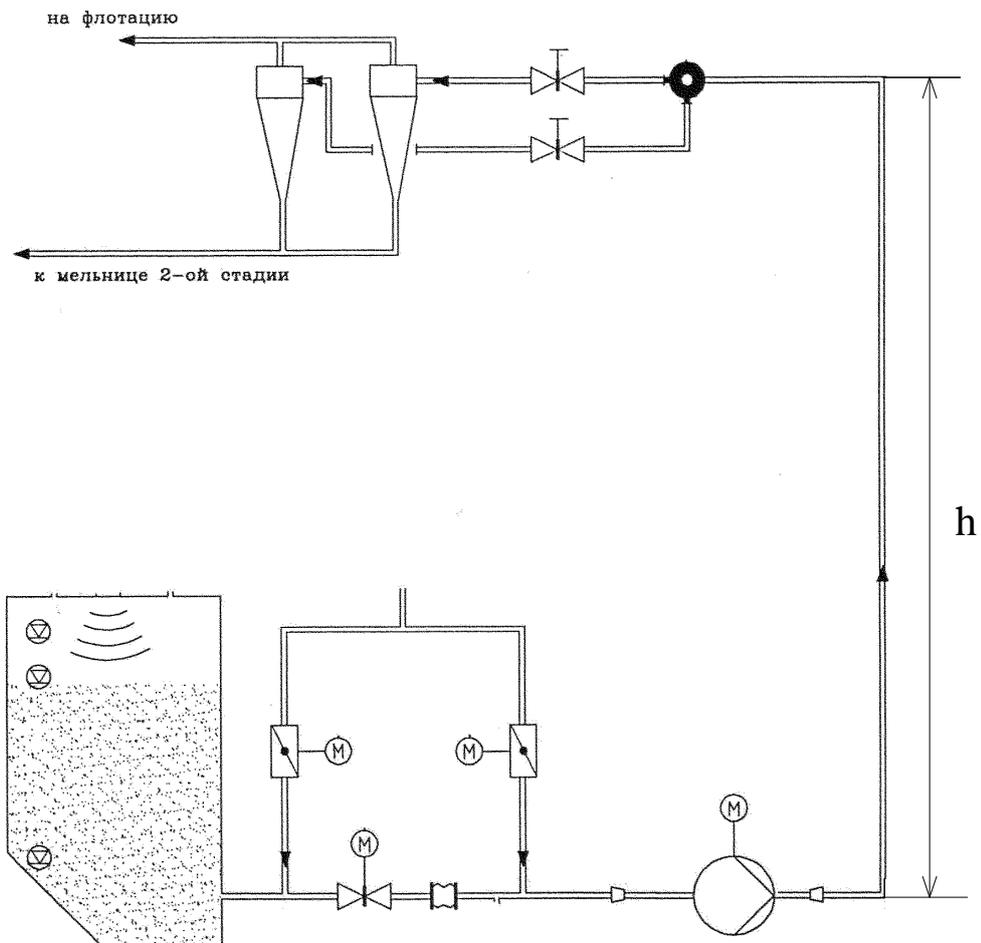


Рис. 2.1. Взаиморасположение гидроциклона и насоса

В результате проверки получили

$$P_{тр} > P_n.$$

Таким образом, выбранный двигатель удовлетворяет нашим требованиям.

2.2 Выбор преобразователя частоты

Исходя из требований к электроприводу насоса, преобразователь частоты должен удовлетворять следующим требованиям:

- наличие векторного управления;
- наличие аналогового входа на задание скорости
- наличие тормозного резистора не требуется, так как электропривод останавливается выбегом;

- наличие энергосберегающих функций.

Всем необходимым требованиям удовлетворяет преобразователи серии Danfoss VLT 5000 Flux [3]. Для выбора конкретной модели преобразователя, он должен удовлетворять требованиям

$$P_{ПЧ.н} \geq P_{дв.н}$$

$$I_{ПЧ.н} \geq I_{дв.н}$$

Исходя из данных требований выбираем преобразователь: Danfoss VLT 5350 Flux показанного на рисунке 2.2.



Рис. 2.2. Преобразователь частоты Danfoss VLT 5350 Flux

Основные характеристики преобразователя:

- Номинальный выходной ток 600 А;
- Максимальный ток (не более 60 с) 660 А;
- Полная мощность преобразователя 416 кВА;
- Мощность двигателя 315 кВт;
- Требуемое сечение кабеля от сети к преобразователю и от преобразователя к двигателю 3x150 мм²;
- Максимальная длина кабеля к двигателю:
 - экранированный 150 м;
 - неэкранированный 300 м;
- Принцип управления: скалярное;

- Управляющие входы:
 - аналоговые 3;
 - цифровые 8 программируемых;
- Протоколы связи:
 - RS232 для прямой связи с ПК;
 - RS485 порт;

В связи с тем, что электропривод расположен в промышленной зоне, возможно применение неэкранированного кабеля.

Функциональная схема преобразователя частоты приведена на рисунке 2.3.

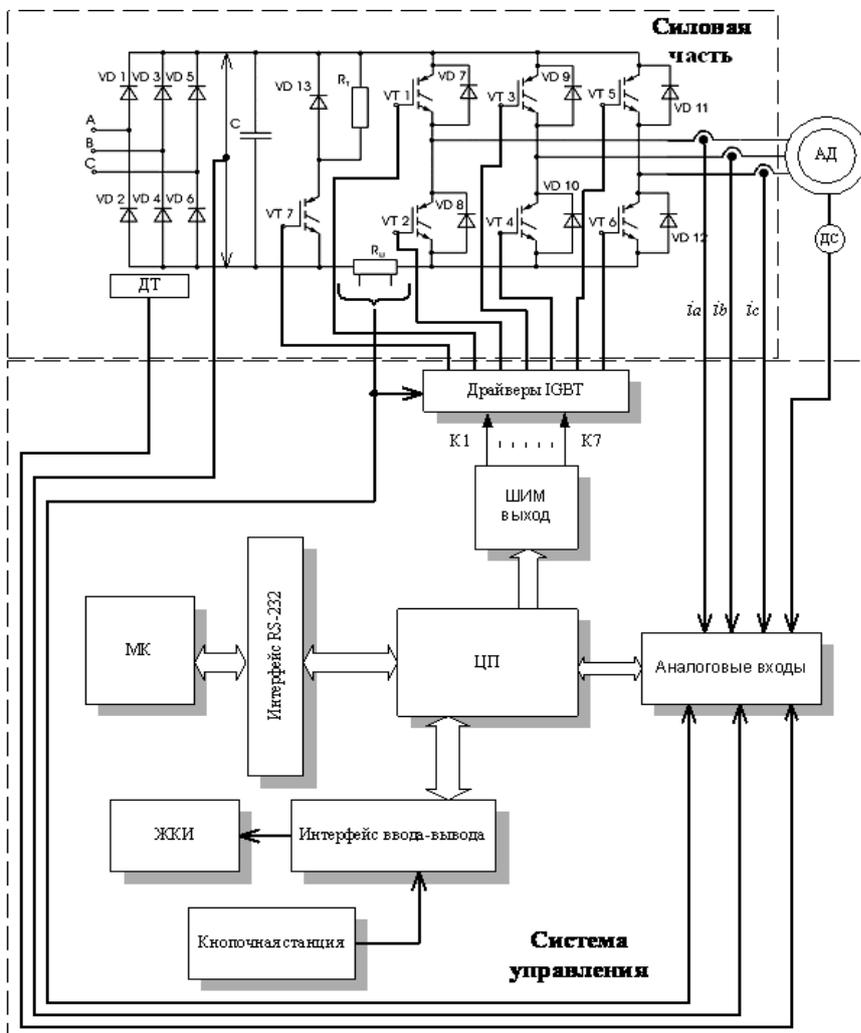


Рис. 2.3. Функциональная схема преобразователя частоты

2.3 Выбор датчиков давления и скорости

Преобразователи серии VLT 5350 Flux имеют цифровые входы с уровнями напряжений 0 – +5В [3], а так же цифровые энкодеры с разрешением от 500 импульсов на оборот. Разрабатываемая система не предъявляет больших требований к точности регулирования скорости, поэтому можно использовать датчик скорости с разрешением 500 импульсов.

Данным требованиям удовлетворяет датчик OMRON E6C2-CWZ6C.

Внешний вид датчика скорости показан на рисунке 2.4.



Рис. 2.4. Датчик скорости E6C2-CWZ6C

Датчик скорости крепится на кожух двигателя и присоединяется к валу двигателя с помощью специальной муфты.

Технологический процесс флотационного обогащения руд требует непрерывного контроля плотности и давления пульпы с целью ее стабилизации. Для этого используют датчики скорости, давления. Они могут использоваться в системах автоматического контроля уровня плотности и давления пульпы.

Отгалкиваясь от плотности установленной технологическим регламентом, был осуществлен выбор датчика давления ДДИ-20М, который полностью удовлетворяет поставленным требованиям.

Датчик избыточного давления (в дальнейшем датчик) ДДИ-20М предназначен для измерения быстропеременных давлений в пневматических и гидравлических системах.

Датчик ДДИ-20М состоит из выносного чувствительного элемента (первичного преобразователя) и электронного блока (вторичного преобразователя), соединенных между собой кабелем. В качестве чувствительного элемента первичного преобразователя используется

серийный индуктивный преобразователь ДДИ-20. Основным достоинством этого преобразователя является работоспособность при воздействии на него механических вибраций, ударных нагрузок с ускорением, а так же его работа в прямом контакте не только с «чистыми» средами, неагрессивными по отношению к нержавеющей стали, но и содержащими твердые частицы (пульпы, смеси с песком и т.д.). Вторичный преобразователь представляет собой универсальный нормирующий преобразователь НПДД-1М для серийных индуктивных преобразователей типа ДДИ-20, ДДИ-21, ДД-10, который служит для преобразования изменения их комплексного сопротивления, при воздействии на них давления, в электрический сигнал. На рисунке 2.5 представлен датчик давления ДДИ-20М.

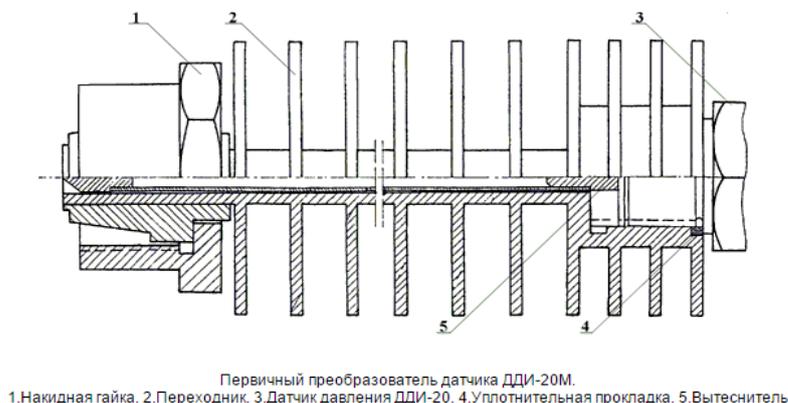


Рис. 2.5. Датчик давления ДДИ-20М

Принцип работы датчика состоит в следующем: под влиянием измеряемого давления рабочая мембрана прогибается, что приводит к изменению комплексного сопротивления рабочей обмотки и, соответственно, к разбалансу мостовой схемы нормирующего преобразователя НПДД-1М.

Основной характеристикой ДДИ-20, определяющей рабочий диапазон измеряемых давлений и его градуировочную кривую, является контрольное давление РК, которое указывается на его корпусе.

Основные технические характеристики первичного преобразователя ДДИ-20 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические характеристики первичного преобразователя ДДИ-20

Контрольное давление, кГ/см ²	Рк
Диапазон измеряемых давлений, кГ/см ² <ul style="list-style-type: none"> • Минимальный • максимальный 	$0 < P_{изм} < P_k$ $0 < P_{изм} < 2P_k$
Частотный диапазон измеряемых давлений, Гц	от 0 до 10000
Собственная частота мембраны (расчетная), Гц	более 20000
Основная погрешность, %	2,0
Диапазон рабочих температур, °С	-50...+100
Диапазон рабочих температур с переходником (патент RU №2093806.C1), °С	-50...+500
Виброчувствительность при 100g, %	не более 0,5
Масса датчика (без кабеля и проводника), кг	не более 0,07
Давление опрессовки	Ропр=3 Рк
Выдерживает воздействие многократной перегрузки по давлению до 2Рк (без изменения характеристик после воздействия).	
Выдерживает воздействие вибрации частотой 100Гц и ускорением 100g в нормальных условиях.	
Установочная резьба	M18x1,5
Длина соединительного кабеля первичного преобразователя с вторичным, м	5

3. Определение параметров асинхронного двигателя

Параметры асинхронного двигателя определим в соответствии со схемой замещения.

Параметры схемы замещения электродвигателя сведены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры схемы замещения электродвигателя

RA355MA4

R_1 , ОМ	R_2' , ОМ	X_{1H} , ОМ	$L_{1\sigma}$, ГН	X_{2H}' , ОМ	$L_{2\sigma}'$, ГН	$X_{\mu H}$, ОМ	L_{KH} , ГН
0,042	0,023	0,121	0,0003	0,164	0,0005	5,192	0,0009

На рисунке 3 представлена схема замещения асинхронного двигателя.

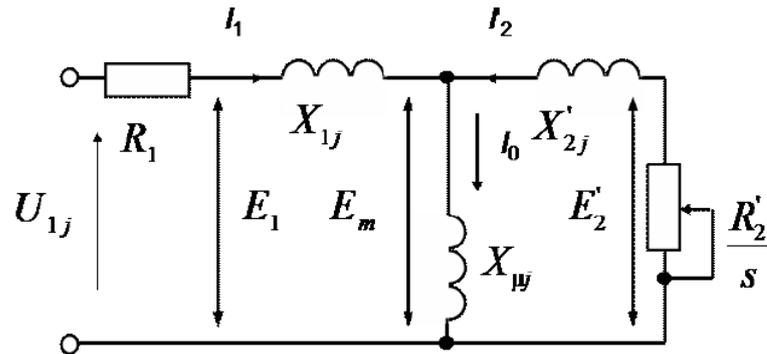


Рис. 3. Схема замещения асинхронного двигателя

Определим параметры схемы замещения с помощью методики, приведённой в [5].

Номинальный ток статора двигателя:

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3 \cdot U_{\text{ин}} \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{315000}{3 \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,955} = 340,395 \text{ А}$$

Ток статора двигателя при частичной нагрузке:

$$I_{11} = \frac{p_* \cdot P_H}{3 \cdot U_{\text{ин}} \cdot \cos \varphi_{p_*} \cdot \eta_{p_*}},$$

где p_* – коэффициент загрузки двигателя ($p_* = 0,75$);

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

(определяется графически $\cos \varphi_{p_*} = 0,861$, см. рисунок 3.3);

η_{p_*} – КПД при частичной нагрузке ($\eta_{p_*} \approx \eta_H$).

$$I_{11} = \frac{0,75 \cdot 315000}{3 \cdot 380 \cdot 0,842 \cdot 0,93} = 257,875 \text{ А.}$$

Коэффициент мощности и КПД при частичной нагрузке в технической литературе приводятся редко, а для целого ряда серий электрических машин

такие данные в справочной литературе отсутствуют. Эти параметры можно определить, руководствуясь следующими соображениями:

- современные асинхронные двигатели проектируются таким образом, что наибольший КПД достигается при загрузке на 10-15% меньшей номинальной. Двигатели рассчитываются так потому, что большинство из них в силу стандартной дискретной шкалы мощностей работают с некоторой недогрузкой. Поэтому КПД при номинальной нагрузке и нагрузке $p_* = 0,75$ практически равны между собой, т.е. $\eta_H \approx \eta_{0,75}$ [11].
- коэффициент мощности при той же нагрузке $p_* = 0,75$ значительно отличается от коэффициента мощности при номинальной нагрузке, причем это отличие в значительной степени зависит от мощности двигателя и для известных серий асинхронных двигателей с достаточной для практики точностью подчиняется зависимости, приведенной на рисунке 3.1.

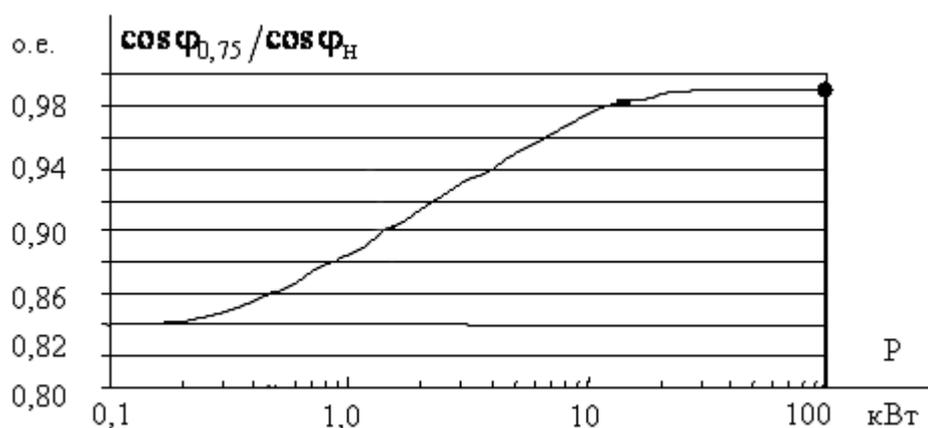


Рис. 3.1. Зависимость $\cos \varphi_{0,75} / \cos \varphi_H$ от мощности асинхронного двигателя

Согласно зависимости, приведенной на рисунке 3.2, для мощности двигателя $P = 315$ кВт отношение $\cos \varphi_{0,75} / \cos \varphi_H = 0,9$, следовательно, коэффициент мощности при частичной нагрузке составит:

$$\cos \varphi_{p*} = 0,99 \cdot \cos \varphi_H = 0,842.$$

Ток холостого хода АД:

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

$$= \sqrt{\frac{156.053^2 - \left[0,75 \cdot 205.99 \cdot \frac{1 - 0,02}{1 - 0,75 \cdot 0,02}\right]^2}{1 - \left[0,75 \cdot \frac{1 - 0,02}{1 - 0,75 \cdot 0,02}\right]^2}} = 66,896 A.$$

Критическое скольжение определяется зависимостью:

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

где k_{max} – кратность максимального момента;

β – коэффициент, значение которого лежит в диапазоне $0,6 \div 2,5$,

примем $\beta := 1.79$

$$s_k = 0,02 \cdot \frac{2,8 + \sqrt{2,8^2 - [1 - 2 \cdot 0,02 \cdot 1 \cdot (2,8 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0,02 \cdot 1,5 \cdot (2,8 - 1)} = 0,081$$

Определим значения промежуточных коэффициентов:

$$C_1 = 1 + (I_0 / (2 \cdot k_i \cdot I_{1H})) = 1 + \left(\frac{23,437}{2 \cdot 7 \cdot 119,257}\right) = 1,014$$

$$A_1 = m \cdot U_{1\Phi}^2 (1 - s_H) / (2 \cdot C_1 \cdot k_{MAX} \cdot P_H) = 3 \cdot 380^2 \cdot \frac{1 - 0,02}{2 \cdot 1,014 \cdot 2 \cdot 315000} = 0.332.$$

Активное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя, определяется по выражению:

$$R_2' = A_1 / (\beta + 1 / s_k) \cdot C_1 = \frac{0.228}{\left(1 + \frac{1}{0,117}\right) \cdot 1,014} = 0.023 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление статорной обмотки:

$$R_1 = C_1 \cdot R_2' \cdot \beta = 1,014 \cdot 0.024 \cdot 1,79 = 0.042 \text{ Ом.}$$

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

$$\gamma = \sqrt{(1/s_k^2) - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{0,081^2} - 1,79^2} = 12,24,$$

$$X_{\text{кн}} = \gamma \cdot C_1 \cdot R_2' = 12,24 \cdot 1,014 \cdot 0,023 = 0,287 \text{ Ом.}$$

Индуктивное сопротивление роторной обмотки:

$$X_{2\text{н}}' = \frac{0,58 \cdot X_{\text{кн}}}{C_1} = \frac{0,58 \cdot 0,287}{1,014} = 0,164 \text{ ом.}$$

Индуктивное сопротивление статорной обмотки:

$$X_{1\text{н}} = 0,42 \cdot X_{\text{кн}} = 0,42 \cdot 0,164 = 0,121 \text{ Ом.}$$

Определим по расчётным данным значение критического скольжения:

$$s_K = \frac{C_1 \cdot R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{\text{кн}}^2}} = \frac{1,014 \cdot 0,023}{\sqrt{0,042^2 + 0,287^2}} = 0,081.$$

Значение ЭДС статорной обмотки определяется по выражению:

$$E_1 = \sqrt{(U_1 \cos \phi_{\text{н}} - R_1 I_{1\text{н}})^2 + (U_1 \sin \phi_{\text{н}} + X_{1\text{н}} I_{1\text{н}})^2} = \\ = \sqrt{(380 \cdot 0,85 - 0,023 \cdot 340,395)^2 + (380 \cdot 0,527 + 0,121 \cdot 340,395)^2} = 347,297 \text{ В}$$

Индуктивное сопротивление намагничивания:

$$X_{\mu\text{н}} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{347,297}{66,896} = 5,192 \text{ Ом.}$$

Для моделирования пуска асинхронного двигателя необходимо найти индуктивные параметры.

Индуктивность обмотки статора находится по формуле

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\text{н}}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{н}}} = \frac{0,121}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,0003 \text{ Гн}$$

Индуктивность обмотки ротора, приведенная к обмотке статора

$$L'_{2\sigma} = \frac{X'_{2\text{н}}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{н}}} = \frac{0,164}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,0005 \text{ Гн}$$

Значение индуктивности воздушного зазора

$$L_{\text{кн}} = \frac{X_{\text{кн}}}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{н}}} = \frac{0,287}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,0009 \text{ Гн}$$

3.1 Расчет статических характеристик

Механическая характеристика АД определяется выражением:

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

Механическая характеристика АД представлена на рисунке 3.2.

Определим характерные точки механической характеристики по паспортным данным:

Режим холостого хода:

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f / p = 157,08 \text{ рад/с}; M = 0 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Номинальный режим:

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_H) = 157,08 \cdot (1 - 0,02) = 153,938 \text{ рад/с};$$

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{315000}{153,938} = 2046,278 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Критический момент:

$$M_{\text{max}} = k_{\text{МАКС}} \cdot M_H = 2 \cdot 2046,278 = 4092,556 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

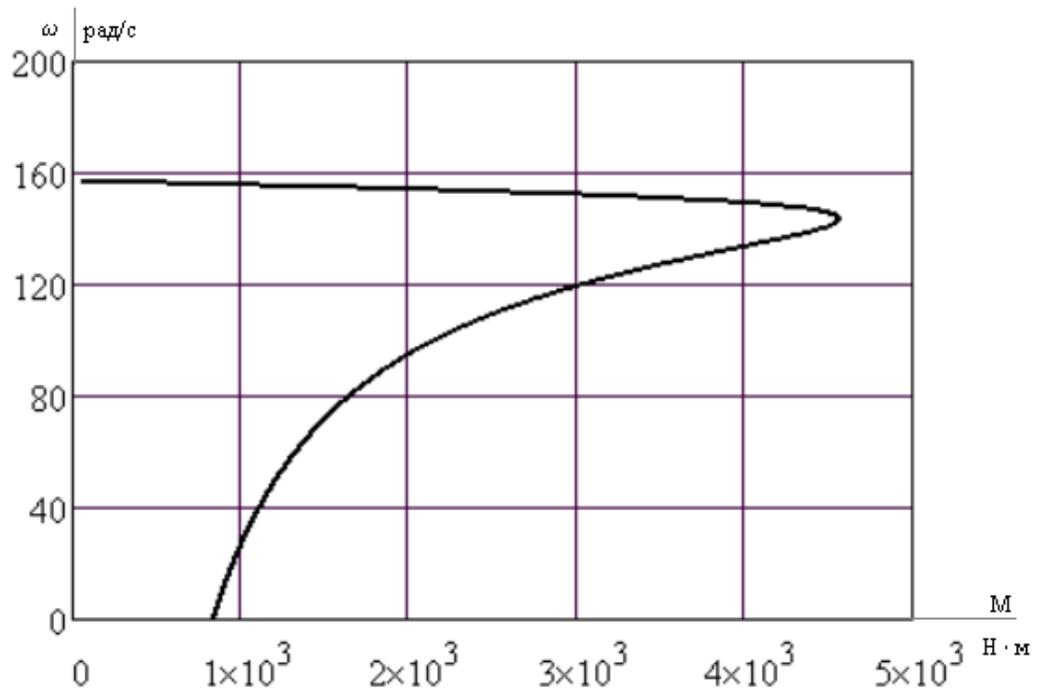


Рис. 3.2. Механическая характеристика АД $M = f(\omega)$

Электромеханическая характеристика асинхронного двигателя представляет собой зависимость тока статора от скорости. Полагая ток намагничивания I_0 реактивным ($I_{0A} = 0$), ток статора I_1 через приведенный ток ротора можно найти по формуле;

$$I_1(\omega) = \sqrt{I_0^2 + I_2(\omega)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2(\omega) \cdot \sin \varphi_2} \cdot \frac{X_{1i} + X'_{2i}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}}\right)^2 + (X_{1i} + X'_{2i})^2}}$$

Электромеханическая характеристика, которая определяет зависимость тока статора от скольжения, определяется выражением:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + \left(\hat{I}_2\right)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot \hat{I}_2 \cdot \sin \varphi_2}$$

Электромеханическая характеристика АД определяется выражением:

$$\hat{I}_2(s) = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{KH}^2}}$$

Определим характерные точки механической характеристики по паспортным данным:

- Режим идеального холостого хода:
 $\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f / p = 157,08 \text{ рад/с}; I_1 = 0 \text{ А.}$
- Номинальный режим работы:

$$\omega_H = \omega_0 \cdot (1 - s_H) = 157,08 \cdot (1 - 0,02) = 153,938 \text{ рад/с}, I_{1H} = 340,395 \text{ А.}$$

Электромеханические характеристики АД представлены на рисунке 3.3 и рисунке 3.4:

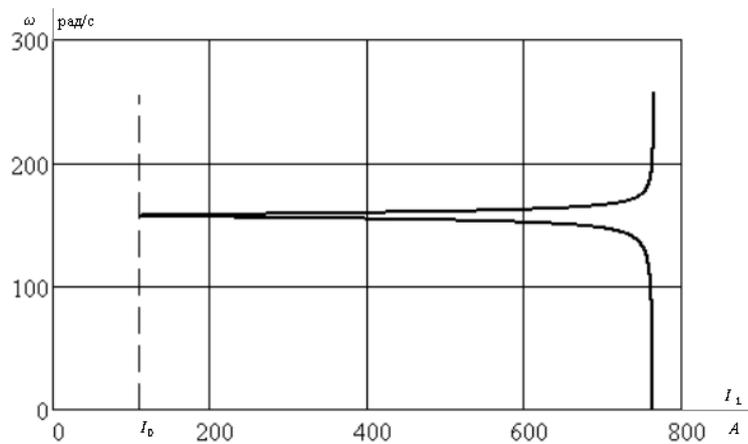


Рис. 3.3. Естественная электромеханическая характеристика статора

АД

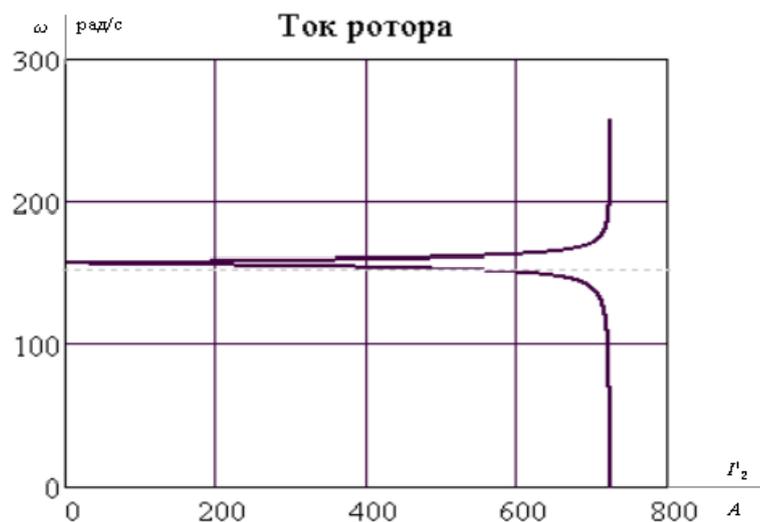


Рис. 3.4. Естественная электромеханическая характеристика ротора

АД

Для расчёта момента инерции рабочего колеса показанного на рисунке 3.5, воспользуемся формулой для расчёта момента инерции цилиндра.

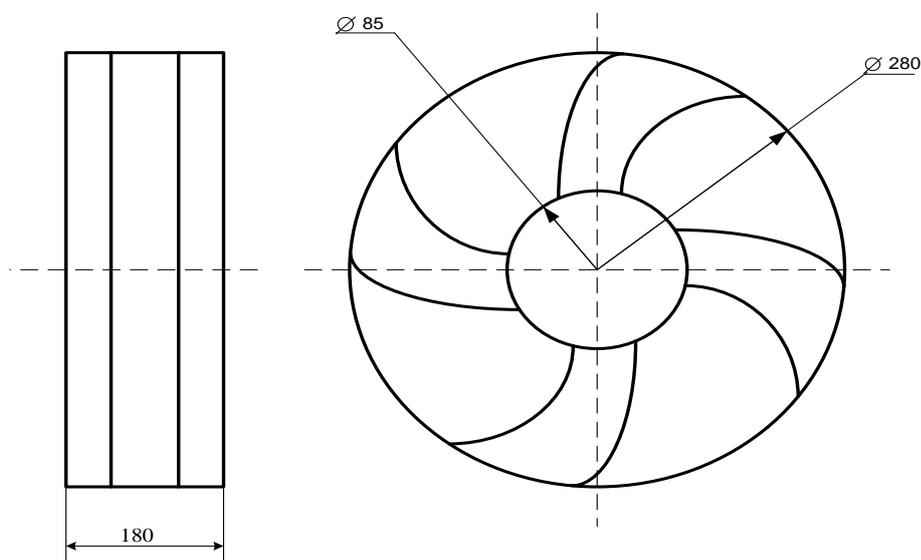


Рис. 3.5. Рабочее колесо насоса ГРАК

Приблизительный момент инерции рабочего колеса насоса

$$J_k = \frac{\pi l \rho_m}{2} (R_1^4 - R_2^4) = \frac{3,14 \cdot 0,18 \cdot 7600}{2} (0,28^4 - 0,085^4) = 13,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

где R_1 – внешний радиус колеса;

R_2 – внутренний радиус колеса;

Момент инерции, приведённый к валу двигателя

$$J_{\partial} = J_{\partial} + J_k = 6,2 + 13,1 = 19,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 .$$

4. Расчет искусственных механических и электромеханических характеристик системы регулируемого электропривода для заданного закона регулирования скорости

В соответствии с полученным техническим заданием был выбран частотный закон регулирования $Zp = \frac{U_{1H}}{f_{1H}^3}$. Данная характеристика позволит реализовать постоянный момент на валу двигателя во всем диапазоне оборотов.

Характеристики рассчитаем для следующих частот обмоток статора:

$$f_{1H1} = 50 \text{ Гц}; f_{1H2} = 40 \text{ Гц}; f_{1H3} = 30 \text{ Гц}; f_{1H4} = 17 \text{ Гц}.$$

В соответствии с принятым законом регулирования $Zp = \frac{U_{1H}}{f_{1H}^3}$ при работе на естественной характеристике:

$$Zp = \frac{U_{1H}}{f_{1H}^3} = \frac{380}{50 \cdot 50 \cdot 50} = 0,003$$

Найдем относительные значения частот питающего напряжения

$$\begin{aligned} f_{1H1} &= 50 \text{ Гц}; f_{1Ж1} = \frac{f_{1H1}}{f_{1H}} = \frac{50}{50} = 1 \text{ Гц} \\ f_{1H2} &= 40 \text{ Гц}; f_{1Ж2} = \frac{f_{1H2}}{f_{1H}} = \frac{40}{50} = 0,8 \text{ Гц} \\ f_{1H3} &= 30 \text{ Гц}; f_{1Ж3} = \frac{f_{1H3}}{f_{1H}} = \frac{30}{50} = 0,6 \text{ Гц} \\ f_{1H4} &= 17 \text{ Гц}; f_{1Ж4} = \frac{f_{1H4}}{f_{1H}} = \frac{17}{50} = 0,34 \text{ Гц} \end{aligned}$$

Найдем фазное напряжение обмотки статора асинхронного двигателя

$$U_{1H2} = Zp \cdot f_{1H2} = 0,003 \cdot 40 = 0,12 \text{ В}$$

$$U_{1H3} = Zp \cdot f_{1H3} = 0,003 \cdot 30 = 0,09 \text{ В}$$

$$U_{1H4} = Zp \cdot f_{1H4} = 0,003 \cdot 17 = 0,051 \text{ В}$$

В соответствии с представленными частотами питающего напряжения произведем расчет значений скорости идеального холостого хода

$$\omega_{01} = \frac{2\pi \cdot f_{1H1}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{2} = 157 \text{ рад/с}$$

$$\omega_{02} = \frac{2\pi \cdot f_{1H2}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 40}{2} = 126 \text{ рад/с}$$

$$\omega_{03} = \frac{2\pi \cdot f_{1H2}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 30}{2} = 94 \text{ рад/с}$$

$$\omega_{04} = \frac{2\pi \cdot f_{1H2}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 17}{2} = 53 \text{ рад/с}$$

Рассчитаем и построим электромеханические характеристики, определяющие зависимость приведенного тока ротора от скольжения

$$I'_{21}(s) := \frac{U_{1i}}{\sqrt{\left(R_{1y\hat{e}\hat{a}} + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_{1\alpha 1}^2 + \left(\frac{R_{1y\hat{e}\hat{a}} \cdot R'}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1\epsilon}}\right)^2}}$$

$$I'_{22}(s) := \frac{U_{1i2}}{\sqrt{\left(R_{1y\hat{e}\hat{a}} + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_{1\alpha 2}^2 + \left(\frac{R_{1y\hat{e}\hat{a}} \cdot R'}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1\epsilon}}\right)^2}}$$

$$I'_{23}(s) := \frac{U_{1i3}}{\sqrt{\left(R_{1y\hat{e}\hat{a}} + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_{1\alpha 3}^2 + \left(\frac{R_{1y\hat{e}\hat{a}} \cdot R'}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1\epsilon}}\right)^2}}$$

$$I'_{24}(s) := \frac{U_{1i4}}{\sqrt{\left(R_{1y\hat{e}\hat{a}} + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_{1\alpha 4}^2 + \left(\frac{R_{1y\hat{e}\hat{a}} \cdot R'}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1\epsilon}}\right)^2}}$$

Задавая значение скольжения рассчитывается соответствующее значение тока и воспользовавшись формулой $\omega_{1-4} = \omega_{01-04}(1-s)$, получим соответствующее значение угловой скорости.

Искусственные электромеханические характеристики с различными значениями определяющие зависимость приведенного тока ротора от скольжения при различных значениях частот рассчитаны в пакете Mathcad и представлены на рисунке 4.

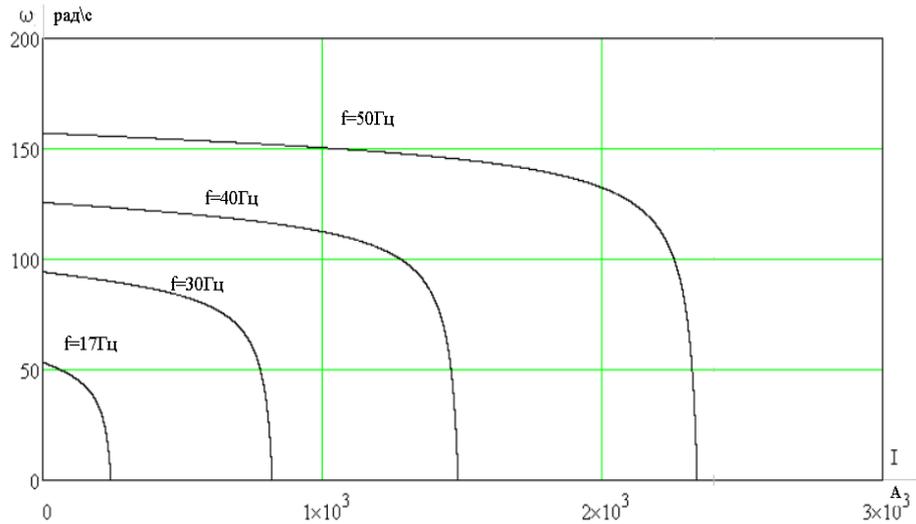


Рис. 4. Зависимость скорости вращения от приведенного тока ротора при различных частотах.

Расчет и построение электромеханических характеристик с различными значениями определяющие зависимость тока статора от скольжения при различных значениях частот, производится по формуле

$$I_{111}(s) := \frac{I_{01}^2 + I'_{211}(s)^2 + 2 \cdot I_{01} \cdot I'_{211}(s) \cdot \sin \left(\frac{X_{\hat{e}i} \cdot f_{1\alpha 1}}{\sqrt{\left(R_{1\hat{y}\hat{e}a_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_1}} \right)}{\sqrt{\left(R_{1\hat{y}\hat{e}a_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_1}}$$

$$I_{121}(s) := \frac{I_{02}^2 + I'_{221}(s)^2 + 2 \cdot I_{02} \cdot I'_{221}(s) \cdot \sin \left(\frac{X_{\hat{e}i} \cdot f_{1\alpha 2}}{\sqrt{\left(R_{1\hat{y}\hat{e}a_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_1}} \right)}{\sqrt{\left(R_{1\hat{y}\hat{e}a_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_1}}$$

$$I_{131}(s) := \frac{I_{03}^2 + I'_{231}(s)^2 + 2 \cdot I_{03} \cdot I'_{231}(s) \cdot \sin \left(\frac{X_{\hat{e}i} \cdot f_{1\alpha 3}}{\sqrt{\left(R_{1\hat{y}\hat{e}a_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_1}} \right)}{\sqrt{\left(R_{1\hat{y}\hat{e}a_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_1}}$$

$$I_{141}(s) := \frac{I_{04}^2 + I'_{241}(s)^2 + 2 \cdot I_{04} \cdot I'_{241}(s) \cdot \sin \left(\frac{X_{\hat{e}i} \cdot f_{1\alpha 4}}{\sqrt{\left(R_{1\hat{y}\hat{e}a_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_1}} \right)}{\sqrt{\left(R_{1\hat{y}\hat{e}a_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_1}}$$

Задавая значение скольжения рассчитывается соответствующее значение тока и воспользовавшись формулой $\omega_{1-4} = \omega_{01-04}(1-s)$, получим соответствующее значение угловой скорости.

Искусственные электромеханические характеристики с различными значениями, определяющие зависимость тока статора от скольжения при различных значениях частот рассчитаны в ПО Mathcad представлены на рисунке 4.1.

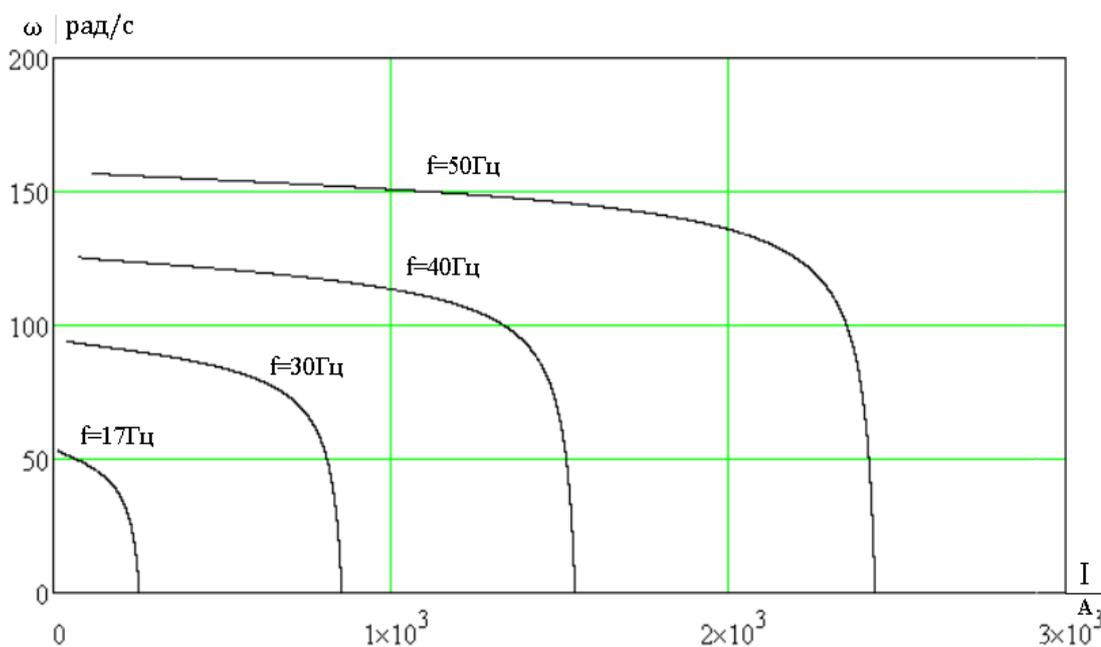


Рис. 4.1. Зависимость скорости вращения от тока статора при различных частотах.

Расчет и построение механических характеристик с различными значениями, определяющие зависимость момента от скольжения при различных значениях частот, производится по формуле

$$M_{11}(s) := \frac{3 \cdot U_{11}^2 \cdot R'_2}{\omega_{01} \cdot s \cdot \left[X_{\hat{e}1}^2 \cdot f_{1\hat{\alpha}1}^2 + \left(R_{1\hat{y}\hat{a}1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_{1\hat{y}\hat{a}1} \cdot R'_2}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1\hat{\alpha}}} \right)^2 \right]}$$

$$M_{21}(s) := \frac{3 \cdot U_{1i2}^2 \cdot R'_2}{\omega_{02} \cdot s \cdot \left[X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_{1\alpha 2}^2 + \left(R_{1\hat{y}\hat{a}_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_{1\hat{y}\hat{a}_1} \cdot R'_2}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1\alpha}} \right)^2 \right]}$$

$$M_{31}(s) := \frac{3 \cdot U_{1i3}^2 \cdot R'_2}{\omega_{03} \cdot s \cdot \left[X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_{1\alpha 3}^2 + \left(R_{1\hat{y}\hat{a}_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_{1\hat{y}\hat{a}_1} \cdot R'_2}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1\alpha}} \right)^2 \right]}$$

$$M_{41}(s) := \frac{3 \cdot U_{1i4}^2 \cdot R'_2}{\omega_{04} \cdot s \cdot \left[X_{\hat{e}i}^2 \cdot f_{1\alpha 4}^2 + \left(R_{1\hat{y}\hat{a}_1} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_{1\hat{y}\hat{a}_1} \cdot R'_2}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1\alpha}} \right)^2 \right]}$$

Задавая значение питающего напряжения U_{1H-4}^2 и скольжения рассчитывается соответствующее значение момента и воспользовавшись формулой $\omega_{1-4} = \omega_{01-04}(1-s)$, получим соответствующее значение угловой скорости.

Искусственные механические характеристики с различными значениями, определяющие зависимость момента от скольжения при различных значениях частот рассчитаны в ПО Mathcad представлены на рисунке 4.2 и рисунке 4.3.

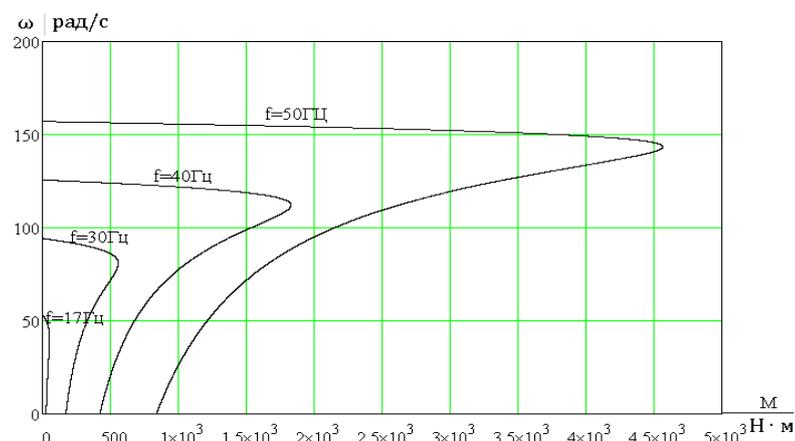


Рис. 4.2. Зависимость скорости вращения ротора от момента согласно

закону управления $Zp = \frac{U_{1H}}{f_{1H^3}}$ при различных частотах.

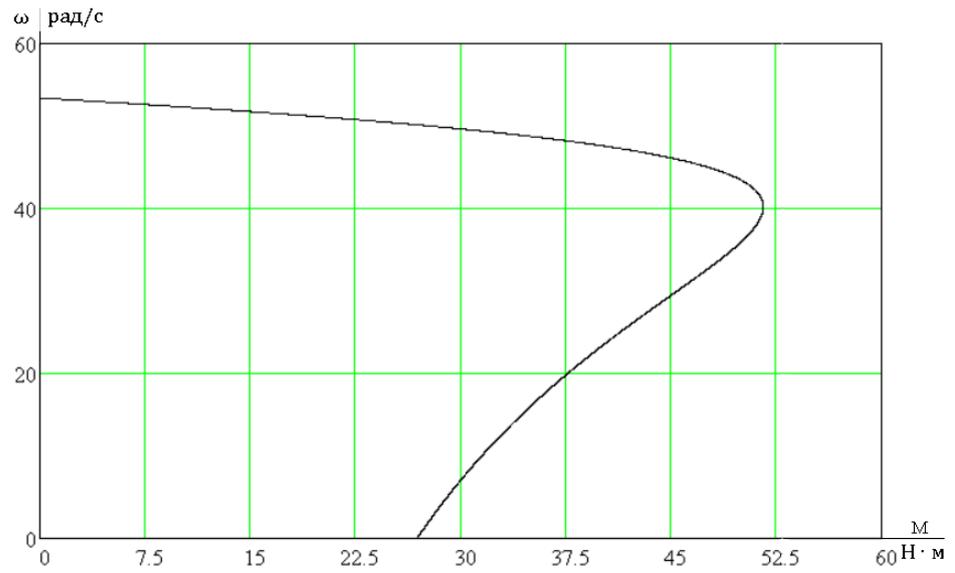


Рис.4.3. Зависимость скорости вращения ротора от момента согласно закону управления $Zp = \frac{U_{1H}}{f_{1H}^3}$ при частоте 17 Гц.

4.1 Прямой пуск асинхронного двигателя

В силовой канал электропривода входят:

- преобразователь частоты, выполняющий функцию электрического преобразователя;
- электродвигатель, который выполняет функцию электромеханического преобразователя;
- механическая система, которая выполняет функцию механического преобразователя.

При решении задач анализа и синтеза регулируемых асинхронных электроприводов обычно применяются модели электродвигателя, составленные на базе обобщенной электрической машины и выполненные в неподвижной или вращающейся двухфазной системе координат.

Математическое описание силового канала системы преобразователь - асинхронный электродвигатель, в неподвижной системе координат α, β , ориентированной по вектору потокосцепления ротора.

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{1\alpha} = R_2 \cdot (T_2 p + 1) \cdot I_{1\alpha} - \frac{R_2' \cdot L_\mu}{L_2^2} \cdot \psi_{2\alpha} - \frac{L_\mu}{L_2} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \psi_{2\beta}; \\ U_{1\beta} = R_2 \cdot (T_2 p + 1) \cdot I_{1\beta} - \frac{R_2' \cdot L_\mu}{L_2^2} \cdot \psi_{2\beta} - \frac{L_\mu}{L_2} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \psi_{2\alpha}; \\ 0 = (T_2 p + 1) \cdot \psi_{2\alpha} - L_\mu \cdot I_{1\alpha} + \frac{L_2}{R_2} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \psi_{2\beta}; \\ 0 = (T_2 p + 1) \cdot \psi_{2\beta} - L_\mu \cdot I_{1\beta} + \frac{L_2}{R_2} \cdot z_p \cdot \omega \cdot \psi_{2\alpha}; \\ M_{эм} = \frac{3}{2} \cdot \frac{L_\mu}{L_2} \cdot z_p \cdot (\psi_{2\alpha} \cdot I_{1\beta} - \psi_{2\beta} \cdot I_{1\alpha}); \\ \omega = \frac{1}{Jp} \cdot (M_{эм} - M_c) \end{array} \right.$$

На основании данной системы уравнений была составлена структурная схема [8]. Структурная схема, описывает процессы, происходящие в машине переменного тока, в которой действуют переменные величины напряжений, токов, потокосцеплений синусоидальной формы.

Входными координатами структурной схемы являются составляющие напряжения управления преобразователя $U_{уп\alpha}$ и $U_{уп\beta}$, а выходной величиной – угловая скорость двигателя ω . Структурная схема, характеризуется следующими промежуточными координатами: $U_{1\alpha}, U_{1\beta}, I_{1\alpha}, I_{1\beta}, \psi_{2\alpha}, \psi_{2\beta}$ – составляющие напряжения, тока статора и потокосцепления ротора в ортогональной системе координат α и β ; $M_{двЭМ}$ – электромагнитный момент двигателя, Н·м.

Динамические механические и переходные характеристики скорости ротора и электромагнитного момента АД при прямом пуске на частоте преобразователя частоты 50Гц, полученные на модели, представлены на рисунках 4.4 -4.7.

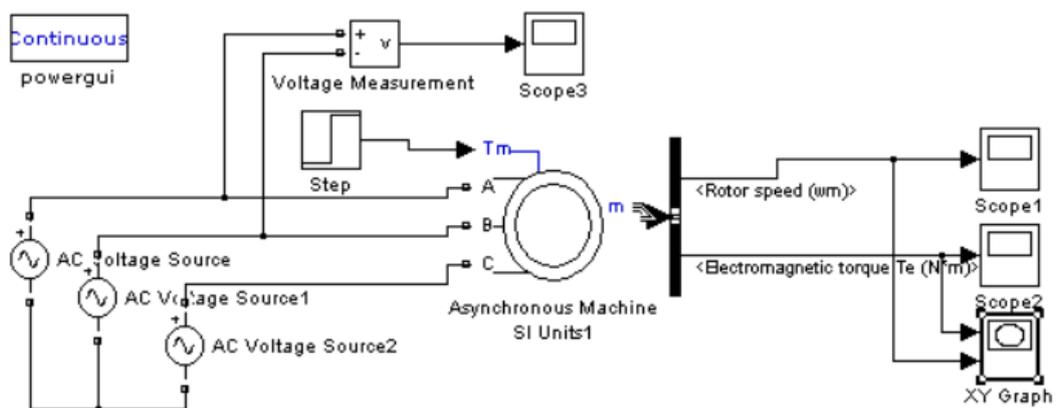


Рис. 4.4. Имитационная модель прямого пуска асинхронного двигателя

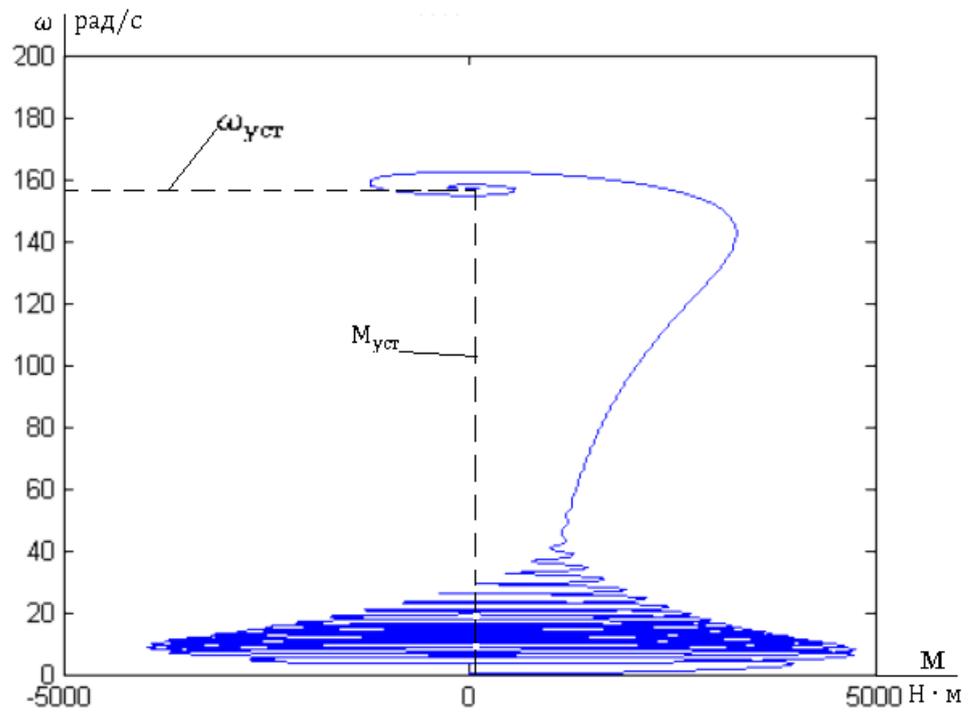


Рис. 4.5. Динамическая механическая характеристика ПЭД.

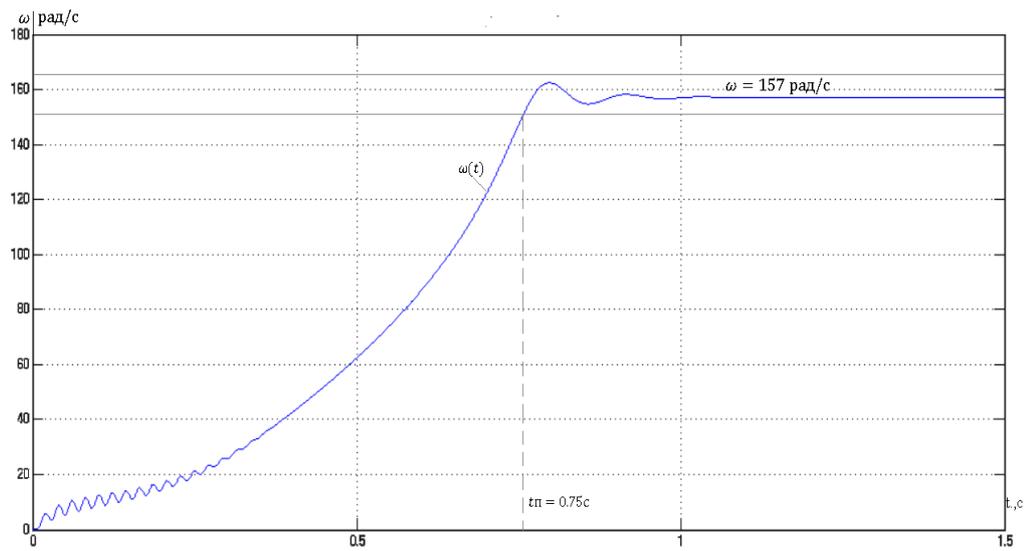


Рис. 4.6 График переходного процесса скорости асинхронного двигателя

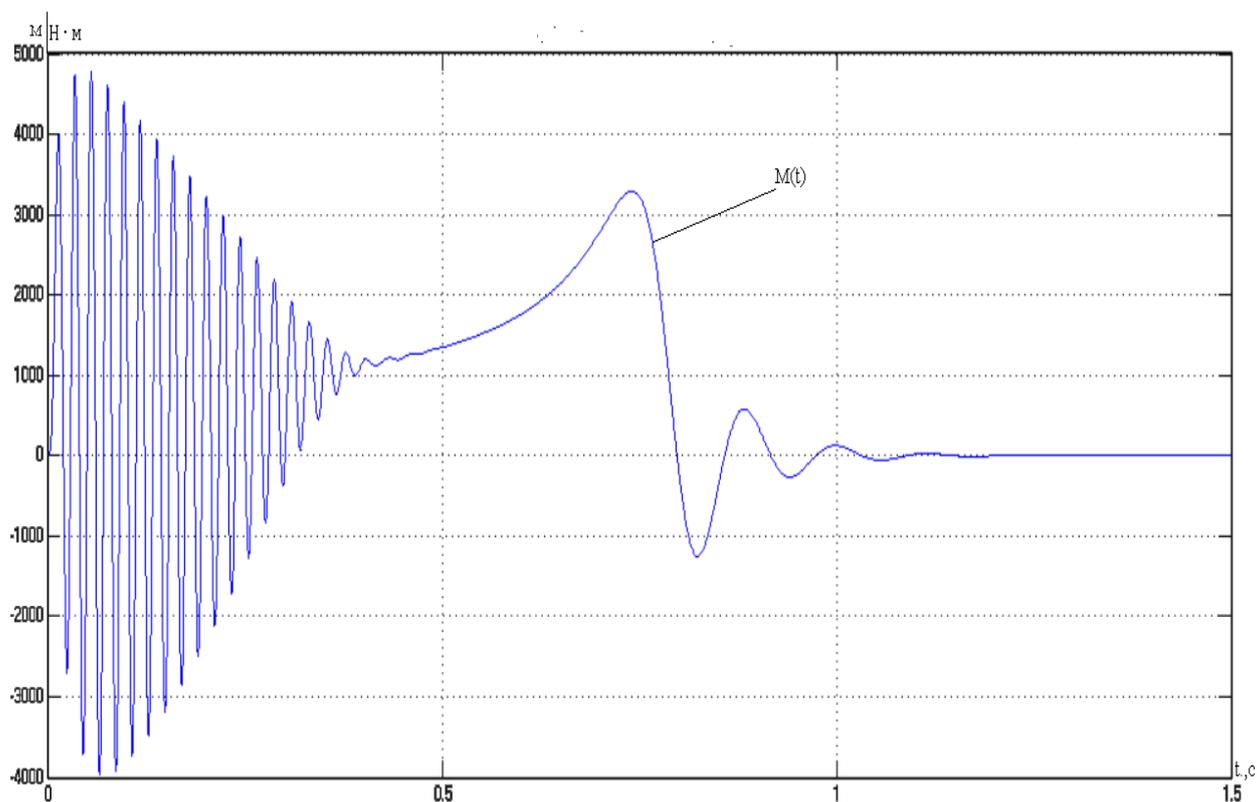


Рис. 4.7. График переходного процесса момента асинхронного двигателя.

Анализ графиков показывает, что при отработке переходных процессов (режим идеального холостого хода) асинхронный двигатель разгоняется до синхронной скорости $\omega_0 = 157 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, его электромагнитный момент устанавливается равным нулю. Время переходного процесса в режиме холостого хода составляет 0,75 с.

Также, при прямом пуске можно заметить наличие колебательной составляющей в кривых момента, и затухающих по мере разгона двигателя. В следствие этого прямой пуск не позволяет получить удовлетворительного качества переходных процессов. Для устранения недостатков, возникающих при прямом пуске АД необходимо применить частотное регулирование. На рисунке 4.8. представлена структурная схема системы ПЧ – АД.

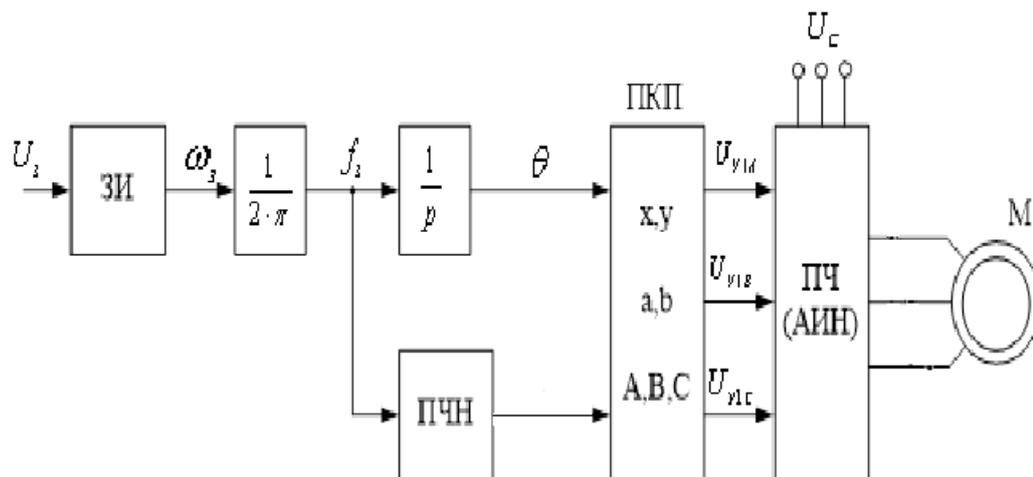


Рис. 4.8. Структурная схема системы ПЧ-АД

Задатчик интенсивности формирует кривую и темп разгона двигателя. При дистанционном управлении электроприводом сигналом задания скорости является задающее напряжение U_3 . Ему соответствует задающая частота f_3 местного управления, в этом случае управление пуском и остановом двигателем производится с панели преобразователя. Блок “преобразователь частота-напряжение” ПЧН формирует требуемую зависимость скалярного управления между частотой и напряжением преобразователя, чем и устанавливается принятый закон частотного регулирования $U_{10} / f_1^3 = const$.

При скалярной ИР-компенсации сигнал управления U_y является суммой сигналов регулирования U_p и положительной обратной связи по току $U_{кор}$

$$U_y = U_p + U_{кор} = U_p + k_{км} \cdot R_1 \cdot I ,$$

где $k_{км}$ – коэффициент положительной обратной связи по току;

R_1 - активное сопротивление фазы обмотки статора АД;

I – сигнал пропорциональный действующим значениям токов i_a, i_b, i_c обмоток статора АД.

Сигнал управления является входным для прямого координатного преобразователя (ПКП), на выходе которого формируется три

синусоидальных напряжения управления U_{1yA} , U_{1yB} , U_{1yC} сдвинутые относительно друг друга на угол $\pm 2\pi/3$, с амплитудами пропорциональными напряжению управления. Сигналы U_{1yA} , U_{1yB} , U_{1yC} формируют фазные напряжения на выходе автономного инвертора напряжения (АИН).

4.2 Расчет потерь в асинхронном двигателе при работе на искусственных характеристиках вентиляторной нагрузкой

Определим потери в роторе при работе с вентиляторной нагрузкой. Зададим функцию нагрузки. Примем момент трения $M_0 = 10$ Нм. Примем, что при частоте $f_{1н} = 50$ Гц нагрузка проходит через точку номинального режима двигателя. Рассчитаем коэффициент k .

$$k = \frac{M_{дв.н} - M_0}{\omega_{дв.н}^3} = \frac{2025,61 - 10}{157^3} = 5,2 \cdot 10^{-4}$$

Вентиляторная нагрузка описывается функцией

$$M_{с.винт} = M_0 + k \cdot \omega^3 = 10 + 5,2 \cdot 10^{-4} \cdot \omega^3.$$

Построим механические характеристики двигателя и нагрузки

$$M_{с.винт} = 10 + 5,2 \cdot 10^{-4} \cdot \omega^3$$

На рисунке 4.9 представлены искусственные механические характеристики $M(\omega)$ при частотном регулировании скорости с вентиляторной нагрузкой.

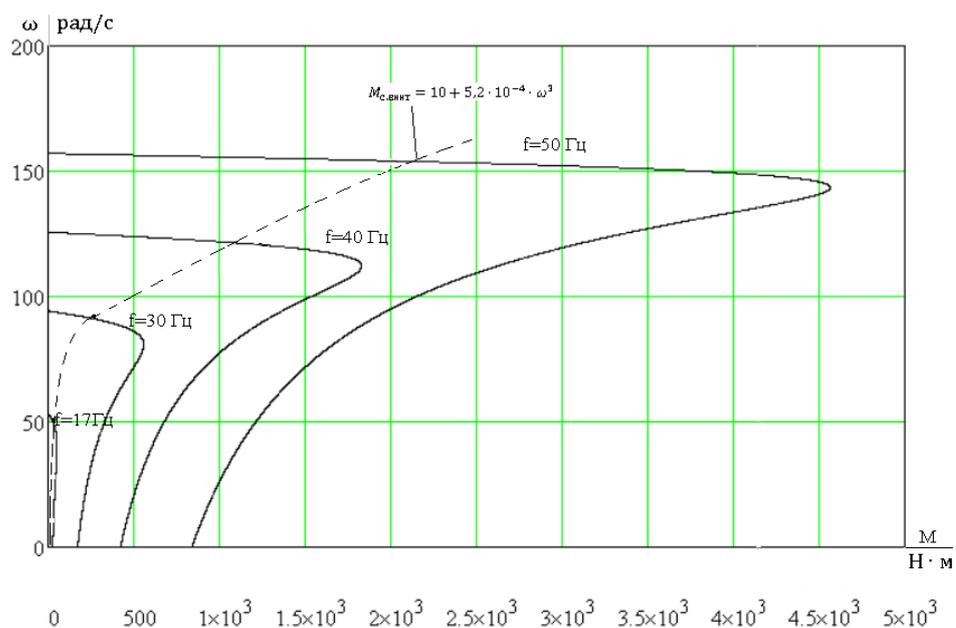


Рис. 4.9. Искусственные механические характеристики $M(\omega)$ при частотном регулировании скорости с вентиляторной нагрузкой.

На рисунке 4.10 изображен график переходного процесса момента в соответствии с вентиляторной нагрузкой

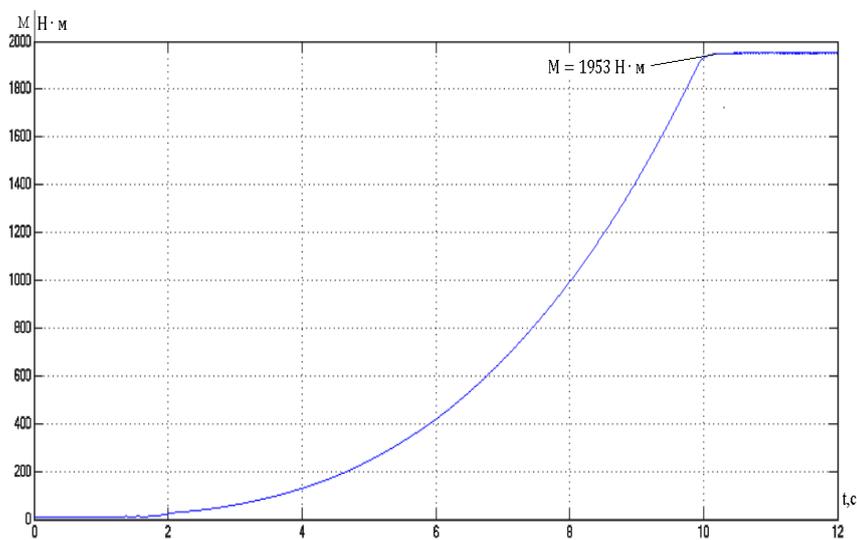


Рис 4.10. Переходный процесс момента в соответствии с вентиляторной нагрузкой.

Найдем частоты вращения, при которых происходит пересечение механических характеристик нагрузки и двигателя:

1. $f_{1н1}=50$ Гц – $\omega_{p1}=157$ рад/с;
2. $f_{1н2}=40$ Гц – $\omega_{p2}=126$ рад/с;
3. $f_{1н3}=30$ Гц – $\omega_{p3}=94$ рад/с;
4. $f_{1н4}=17$ Гц – $\omega_{p3}=53$ рад/с;

Определим момент нагрузки и скольжение для каждой частоты вращения.

$$M_{с.винт1} = M_0 + k \cdot \omega_{p1}^3 = 10 + 5,2 \cdot 10^{-4} \cdot 157^3 = 1953 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$S_{p1} = \frac{\omega_0 - \omega_{p1}}{\omega_0} = \frac{157,08 - 153,938}{157,08} = 0,02,$$

$$M_{с.винт2} = M_0 + k \cdot \omega_{p2}^3 = 10 + 5,2 \cdot 10^{-4} \cdot 126^3 = 995 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$S_{p2} = \frac{\omega_{02} - \omega_{p2}}{\omega_{02}} = \frac{125,6 - 122,8}{125,6} = 0,022,$$

$$M_{с.винт3} = M_0 + k \cdot \omega_{p3}^3 = 10 + 5,2 \cdot 10^{-4} \cdot 94^3 = 434 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$S_{p3} = \frac{\omega_{03} - \omega_{p3}}{\omega_{03}} = \frac{94,2 - 72,1}{94,2} = 0,23,$$

$$M_{с.винт4} = M_0 + k \cdot \omega_{p4}^3 = 10 + 5,2 \cdot 10^{-4} \cdot 53^3 = 80 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$S_{p4} = \frac{\omega_{04} - \omega_{p4}}{\omega_{04}} = \frac{53,4 - 38,8}{53,4} = 0,27,$$

4.3 Имитационное моделирование системы «Преобразователь частоты – Асинхронный двигатель»

Имитационная модель электропривода со скалярным управлением представлена на рисунке 4.11. Данная модель учитывает закон управления $U/f = \text{const}$ и вентиляторную нагрузку. Модели входящих в нее блоков представлены на рисунках 4.12-4.15.

Continuous
powergui

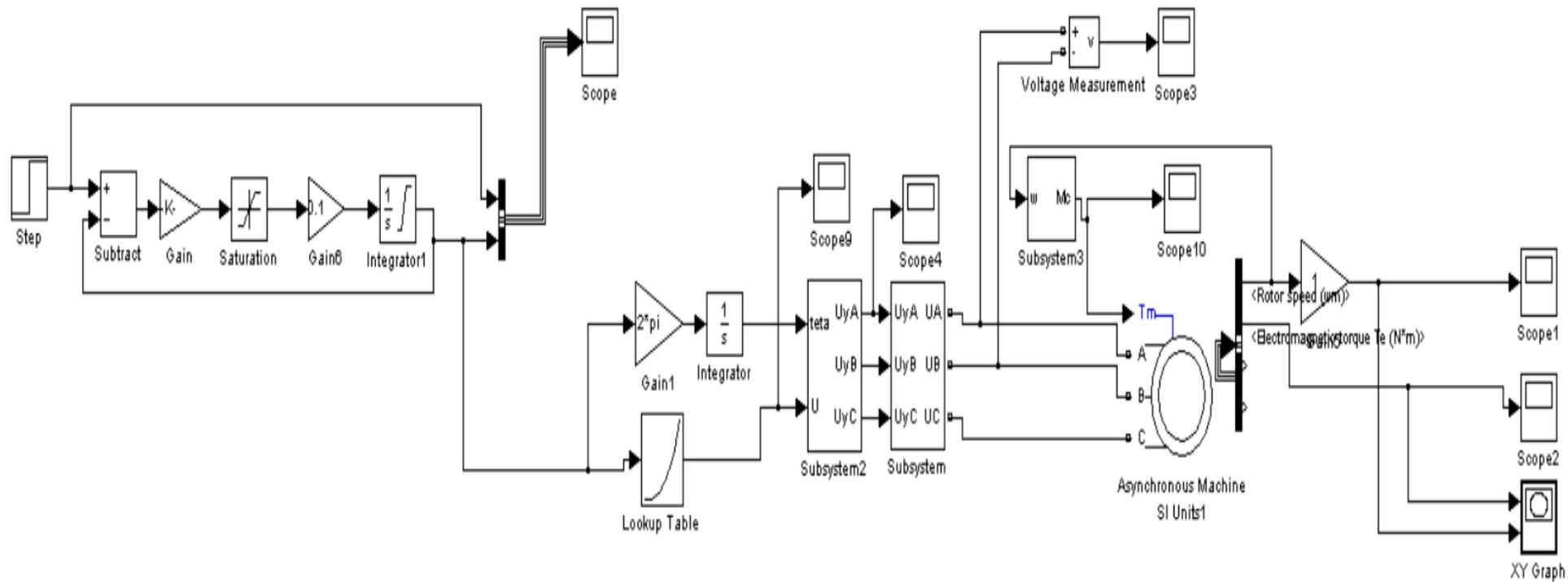


Рис. 4.11. Имитационная модель замкнутой системы ПЧ-АД

На рисунке 4.12 представлена имитационная модель прямого координатного преобразователя, а на рисунке 4.13 представлена имитационная модель преобразователя частоты.

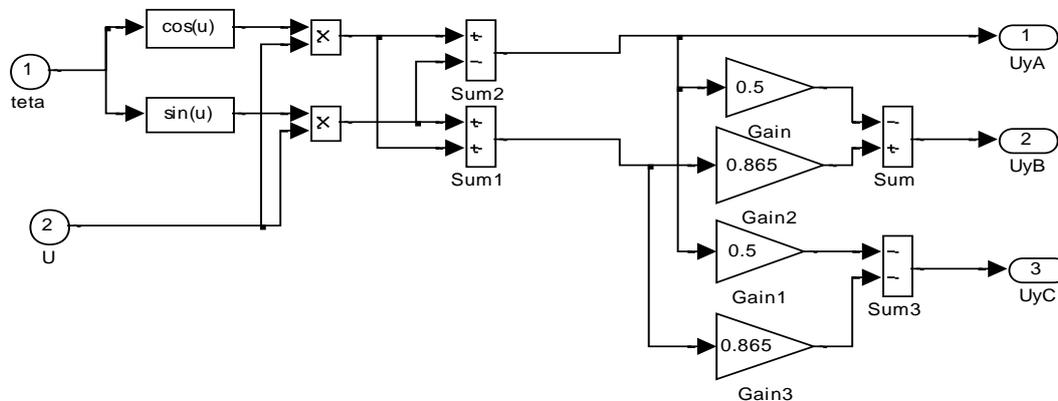


Рис. 4.12. Имитационная модель прямого координатного преобразователя

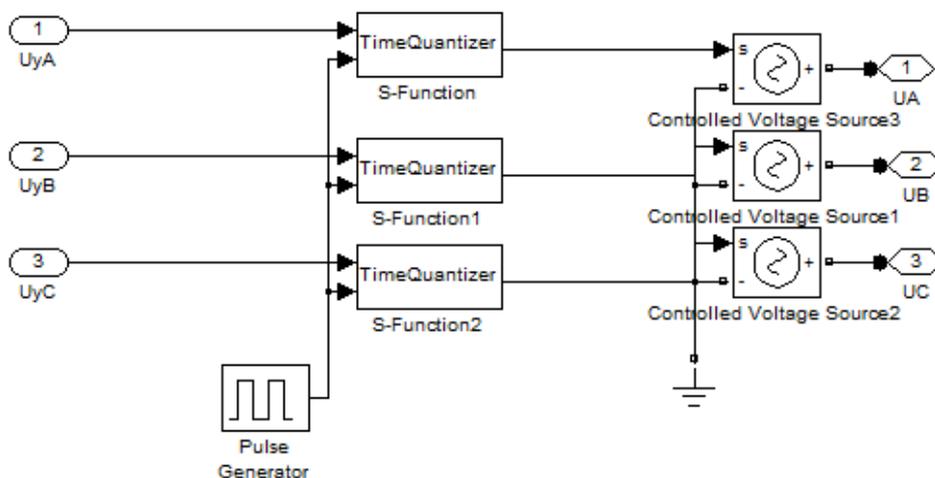


Рис. 4.13. Имитационная модель преобразователя частоты

На рисунке 4.14 представлена имитационная модель обратного координатного преобразователя, а на рисунке 4.15 представлена имитационная модель задатчика интенсивности.

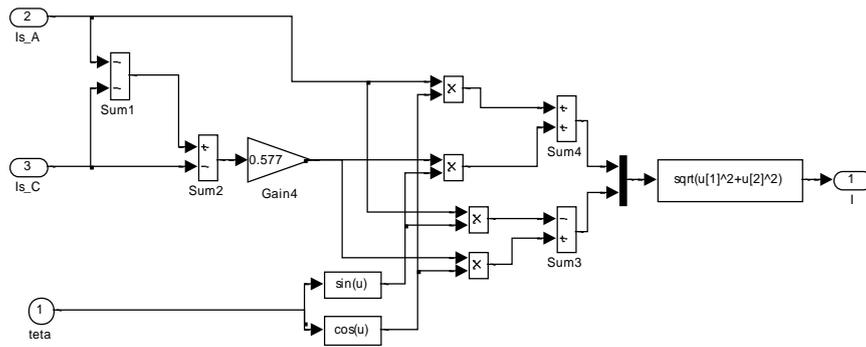


Рис. 4.14. Имитационная модель обратного координатного преобразователя

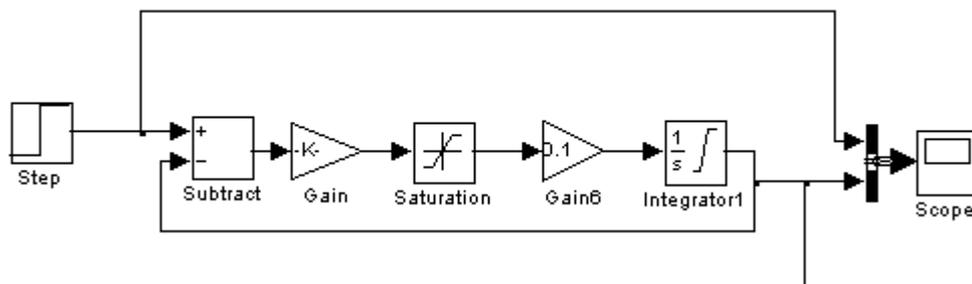


Рис. 4.15. Имитационная модель задатчика интенсивности.

На входе электропривода установлен линейный задатчик интенсивности (ЗИ) имитационная модель, которого приведена на рисунке 4.15. Постоянная времени ЗИ по технологии равна $T_{зи} = 10$ с. С его применением во входной цепи управления электропривода может быть достигнуто ограничение момента и тока двигателя в пусковых режимах.

С помощью имитационной модели выполнили расчет динамических характеристик электромагнитного момента и частоты вращения в зависимости от частоты питающего напряжения в соответствии с диапазоном регулирования.

Динамические механические и переходные характеристики скорости ротора и электромагнитного момента АД при пуске от ЗИ при входных частотах 50Гц, 40Гц и 30Гц 17Гц представлены на рисунке 4.16.

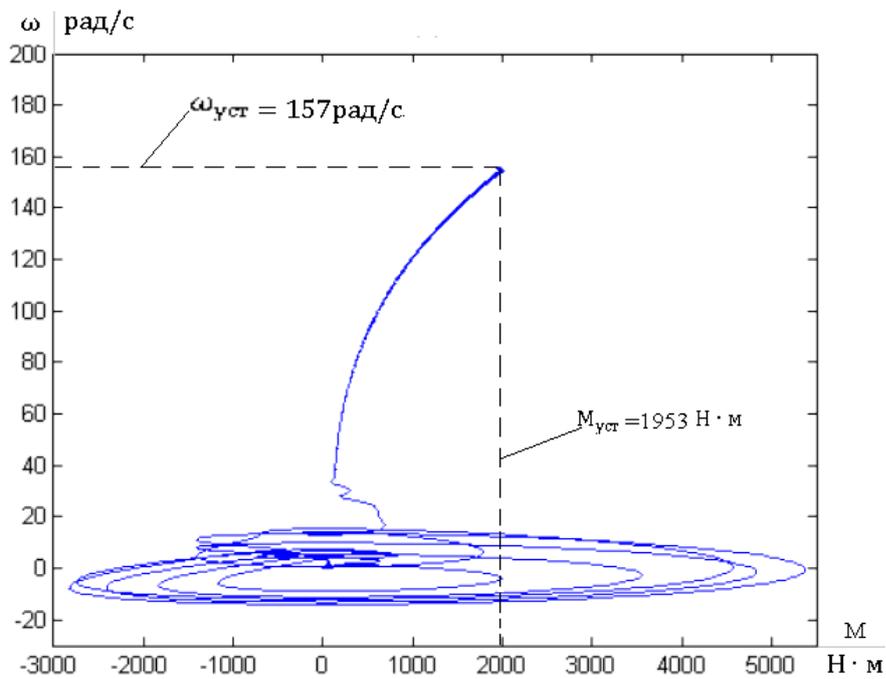


Рис 4.16. Динамическая механическая характеристика АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=50$ Гц.

На рисунке 4.16 изображен график переходного процесса скорости АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=50$ Гц, а на рисунке 4.18 представлен график переходного процесса момента АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=50$ Гц.

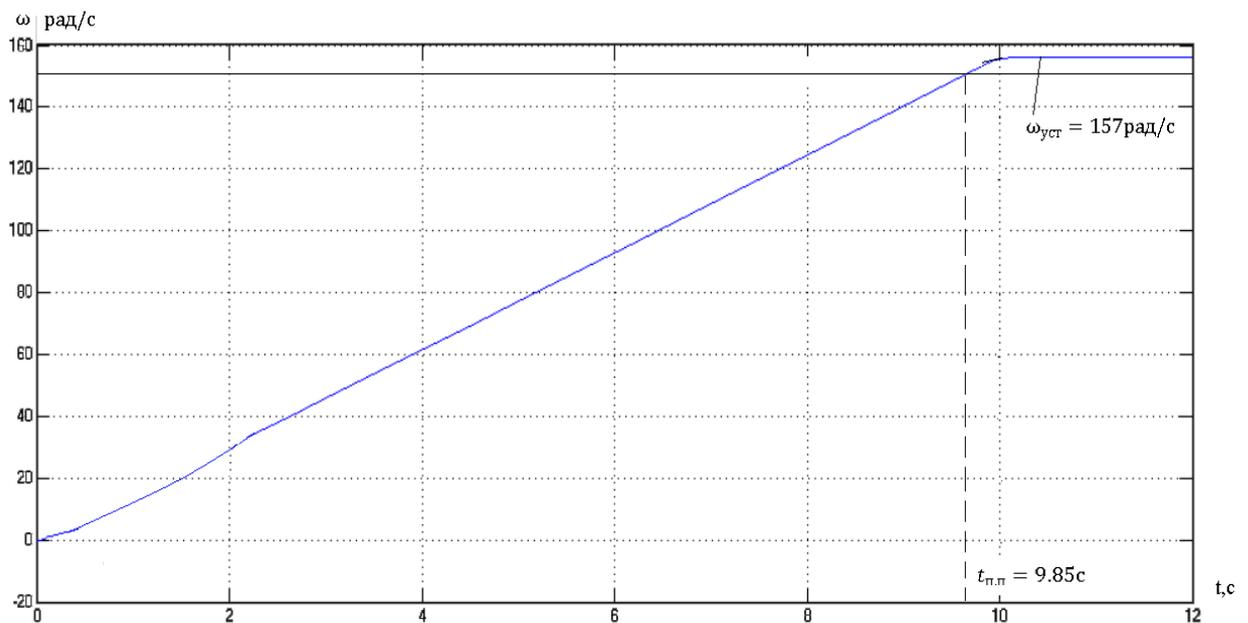


Рис. 4.17. График переходного процесса скорости АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=50$ Гц

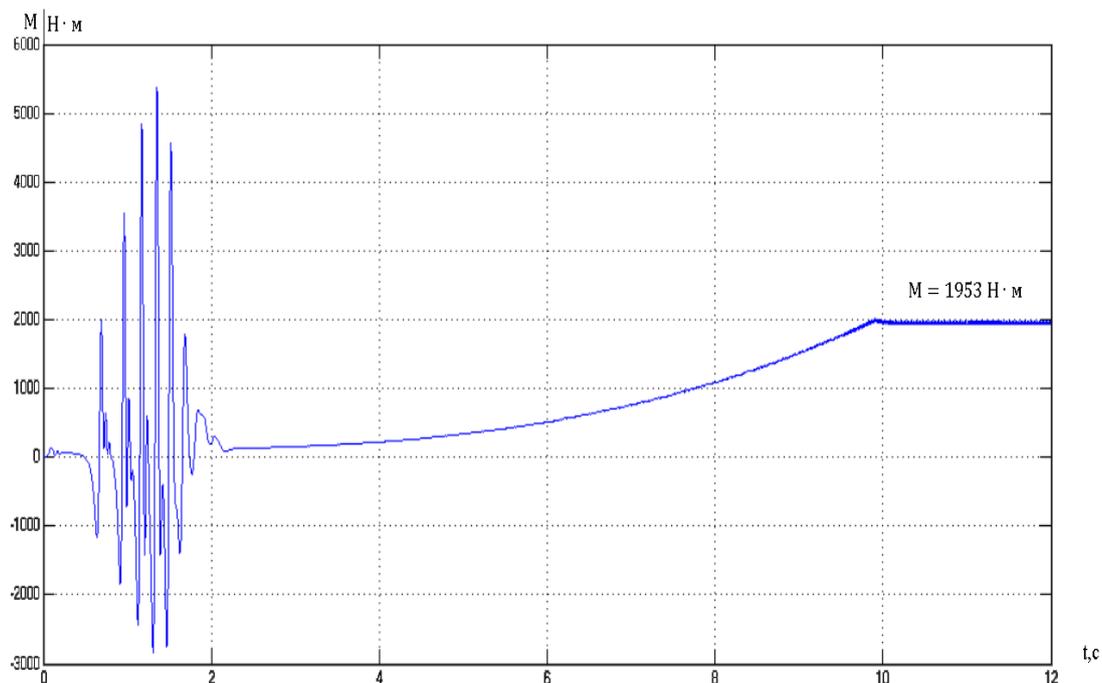


Рис 4.18. График переходного процесса момента АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=50$ Гц

Анализ графиков показывает, что при отработке переходных процессов при $f=50$ Гц, асинхронный двигатель разгоняется до синхронной скорости $\omega_0 = \frac{157 \text{ рад}}{\text{с}}$, его момент устанавливается равным $1953 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Время переходного процесса при $f=50$ Гц составляет 9.85 с .

Также, анализируя переходные процессы в системе АД-ПЧ можно заметить наличие меньшей колебательной составляющей в кривых момента, и затухающих по мере разгона двигателя. Вследствие этого система АД-ПЧ позволяет получить удовлетворительное качество переходных процессов.

Переходные процессы АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой $f=40$ Гц представлены на рисунках 4.19-4.21.

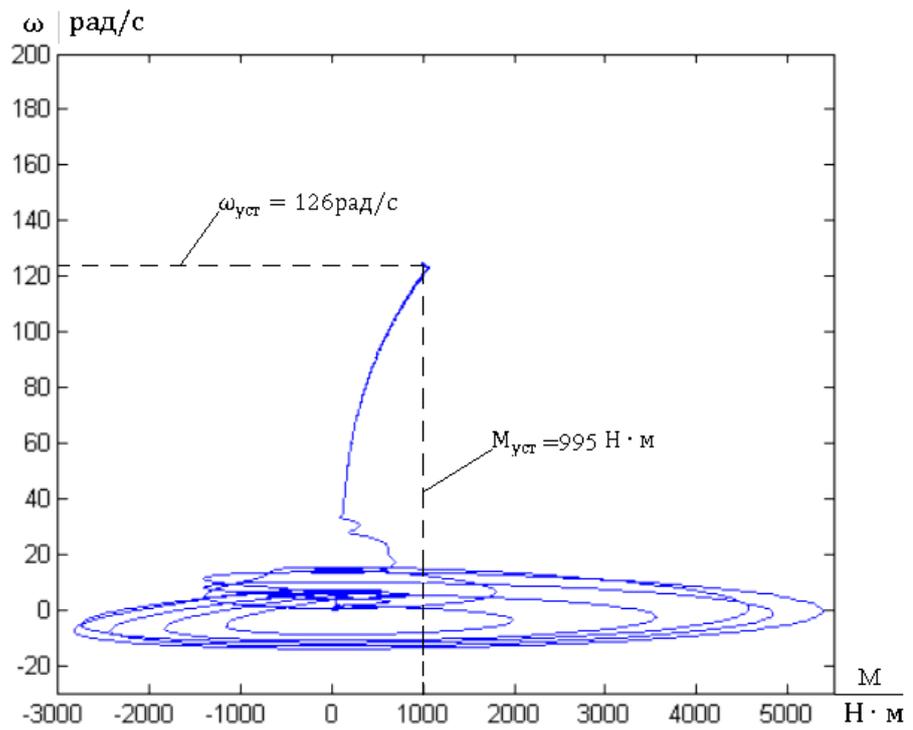


Рис. 4.19. Динамическая механическая характеристика АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=40$ Гц

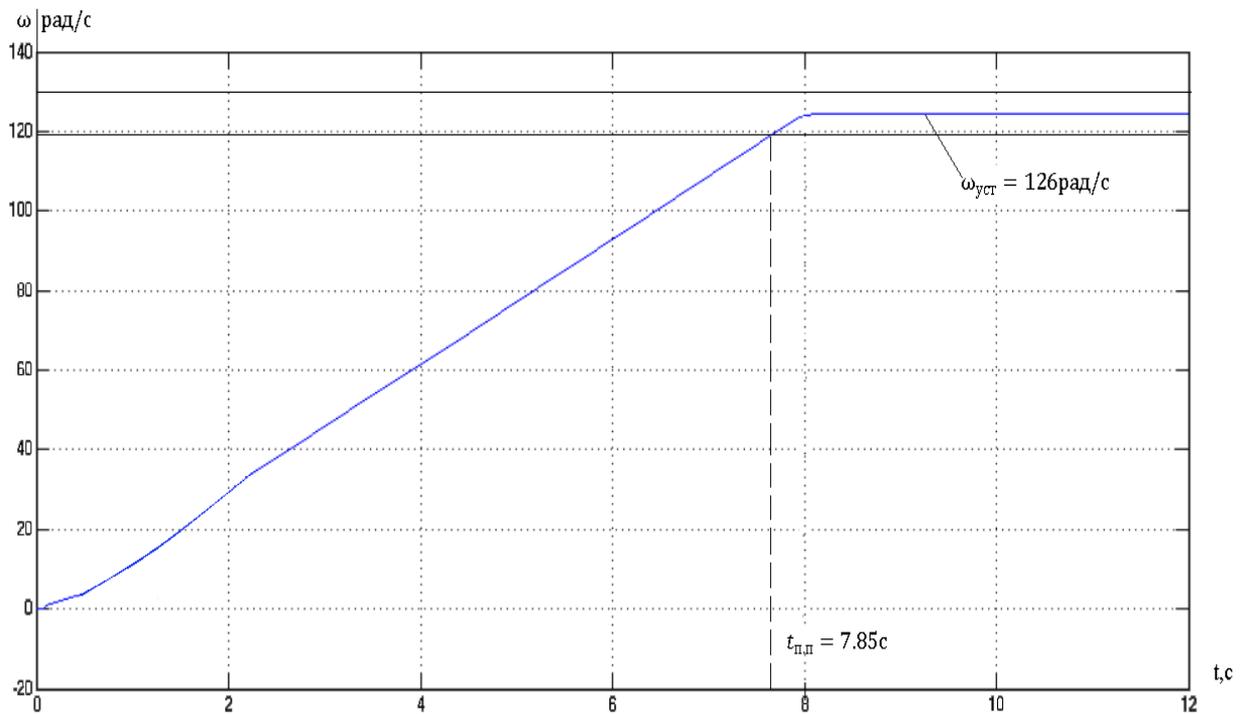


Рис. 4.20. График переходного процесса скорости АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=40$ Гц

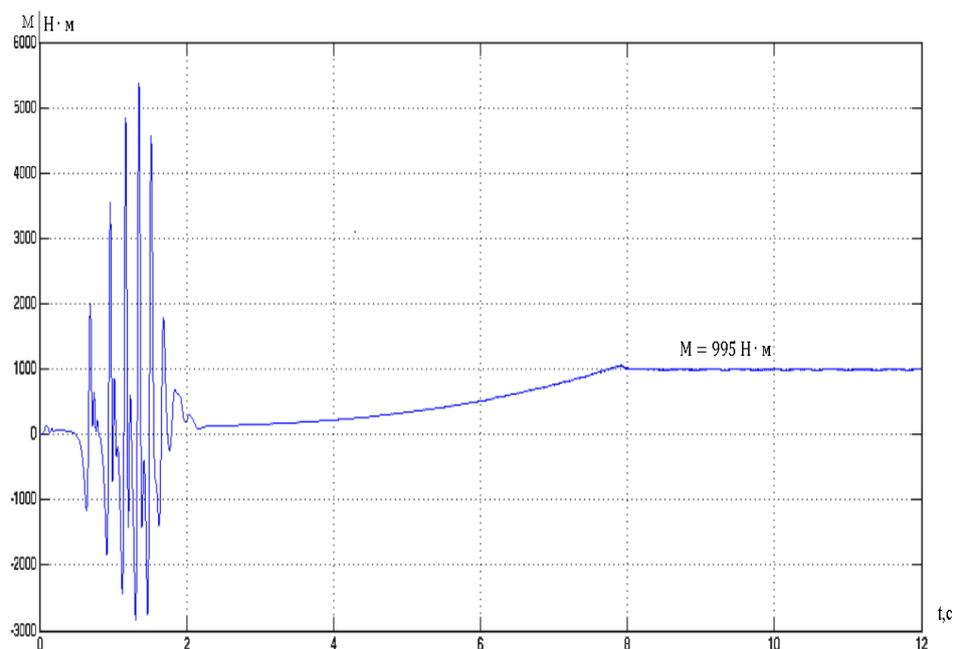


Рис. 4.21. График переходного процесса момента АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=40$ Гц

Анализ графиков показывает, что при отработке переходных процессов при $f=40$ Гц, асинхронный двигатель разгоняется до синхронной скорости $\omega_0 = \frac{126\text{рад}}{\text{с}}$, его момент устанавливается равным $995\text{Н} \cdot \text{м}$. Время переходного процесса при $f=40$ Гц составляет 7.85 с.

Также, анализируя переходные процессы в системе АД-ПЧ можно заметить наличие меньшей колебательной составляющей в кривых момента, и затухающих по мере разгона двигателя. Вследствие этого система АД-ПЧ позволяет получить удовлетворительное качество переходных процессов.

Переходные процессы АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой $f=30$ Гц представлены на рисунках 4.22-4.24.

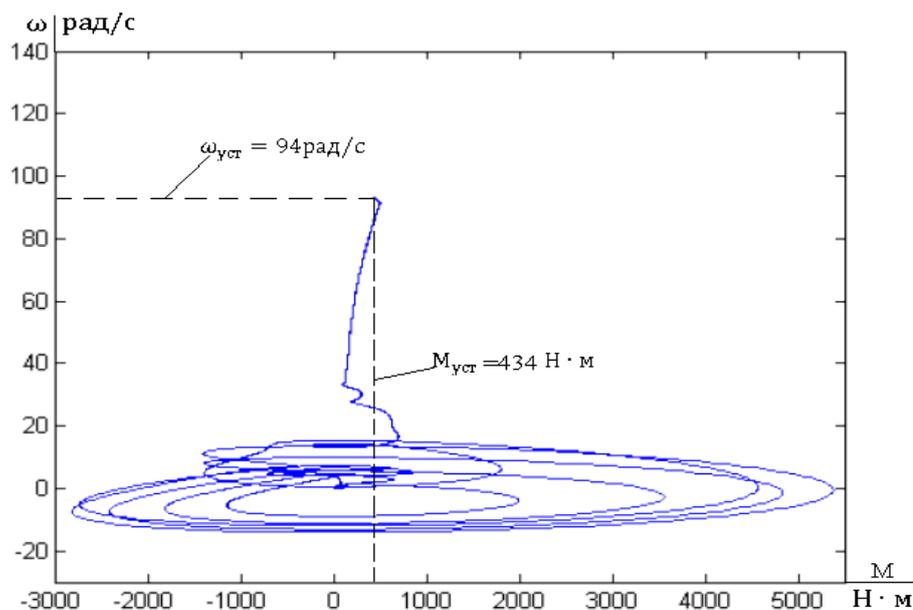


Рис. 4.22. Динамическая механическая характеристика АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=30$ Гц

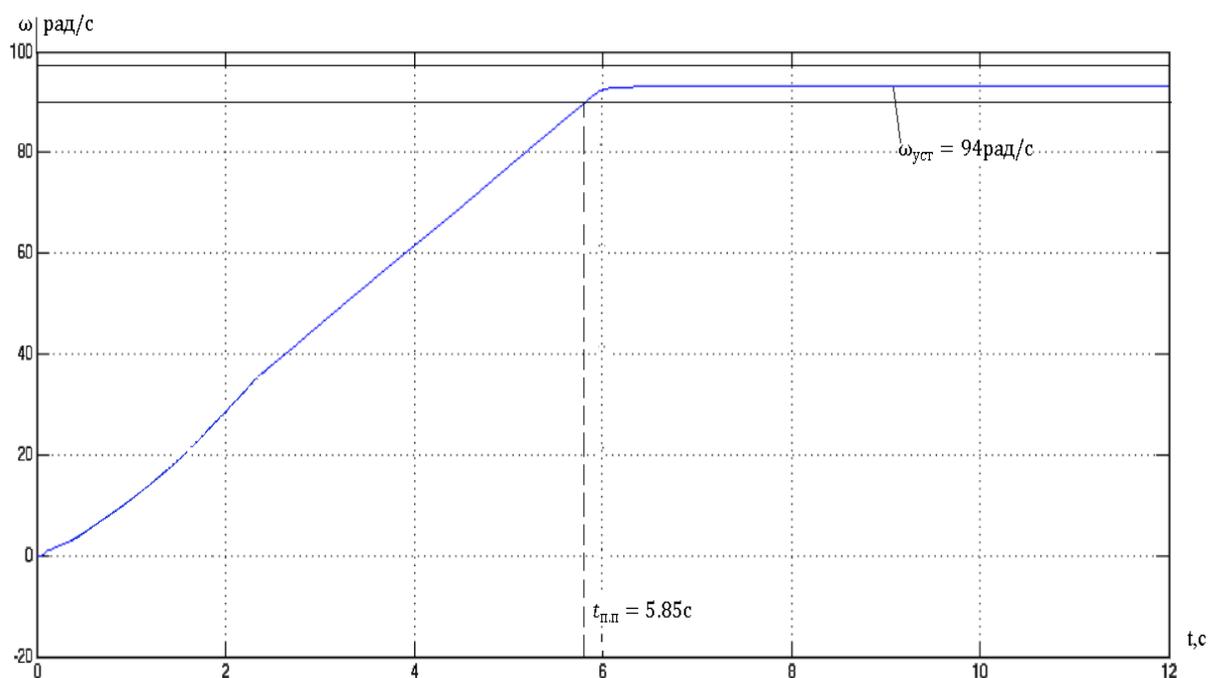


Рис. 4.23. График переходного процесса скорости АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=30$ Гц

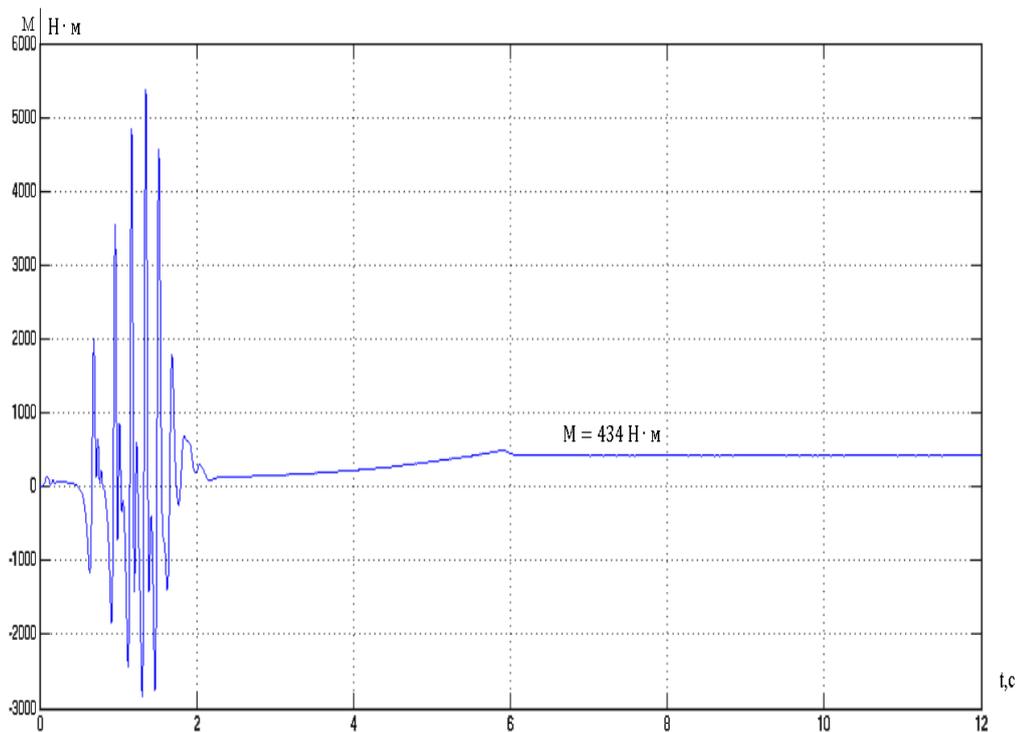


Рис. 4.24. График переходного процесса момента АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=30$ Гц

Анализ графиков показывает, что при отработке переходных процессов при $f=30$ Гц, асинхронный двигатель разгоняется до синхронной скорости $\omega_0 = \frac{94\text{рад}}{\text{с}}$, его момент устанавливается равным $434 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Время переходного процесса при $f=30$ Гц составляет 5.85 с .

Также, анализируя переходные процессы в системе АД-ПЧ можно заметить наличие меньшей колебательной составляющей в кривых момента, и затухающих по мере разгона двигателя. Вследствие этого система АД-ПЧ позволяет получить удовлетворительное качество переходных процессов.

Переходные процессы АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=17$ Гц изображены на рисунках 4.25-4.27.

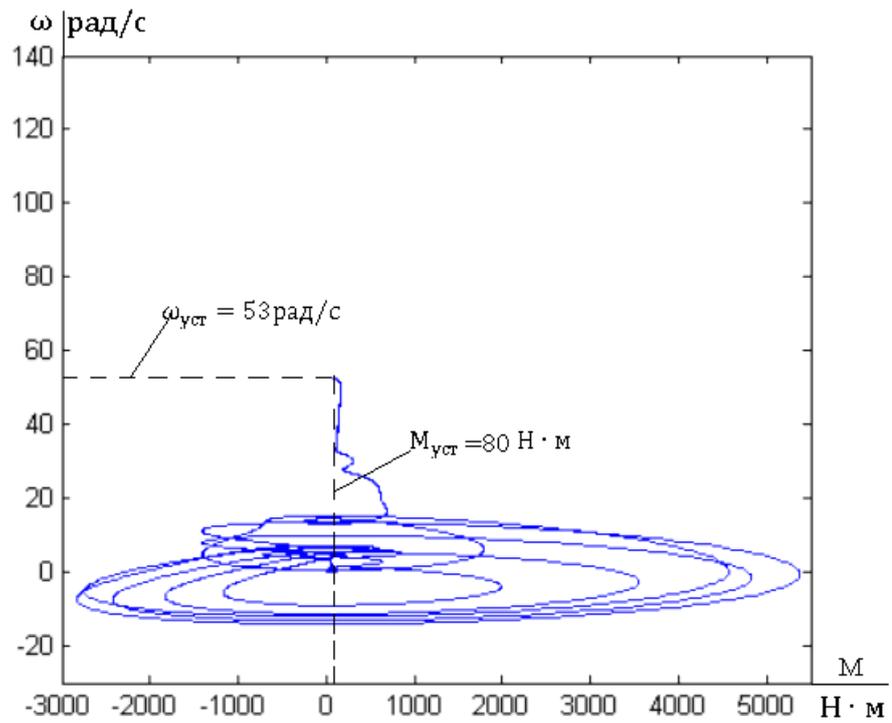


Рис. 4.25. Динамическая механическая характеристика АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=17$ Гц

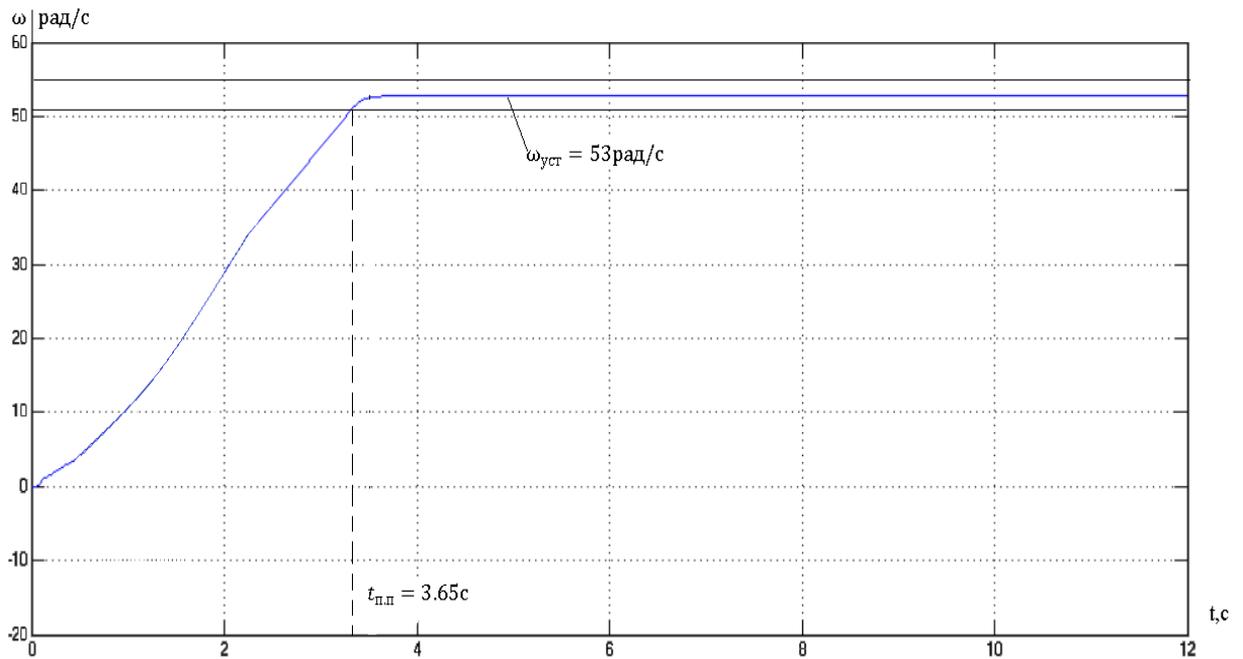


Рис. 4.26. График переходного процесса скорости АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=17$ Гц

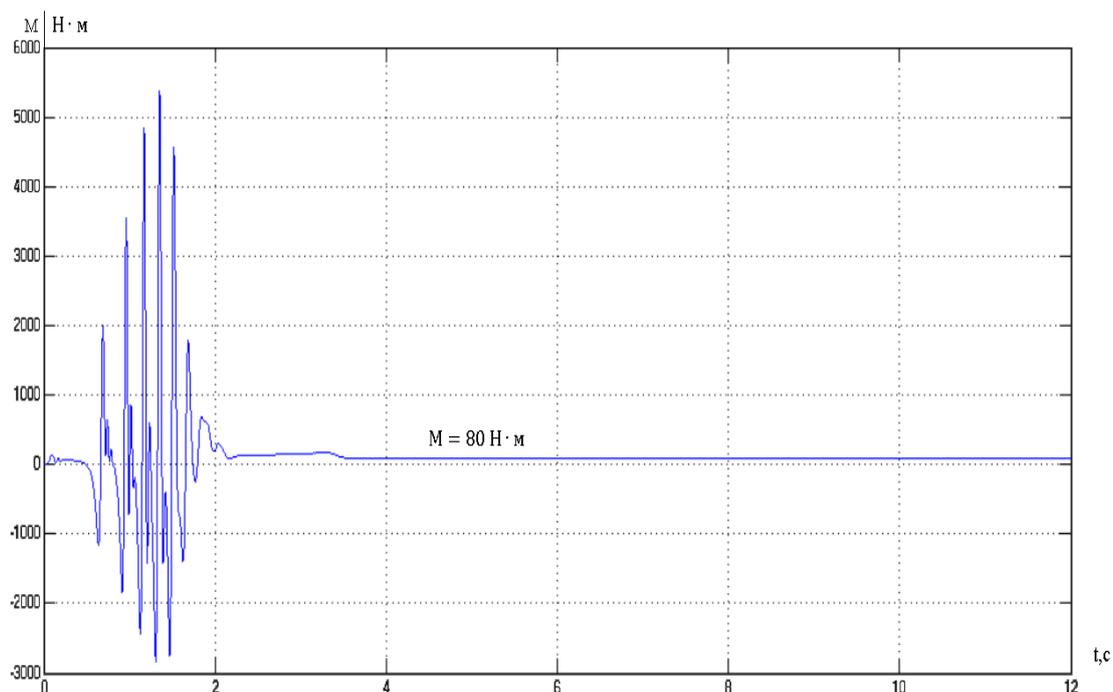


Рис. 4.27. График переходного процесса момента АД-ПЧ с вентиляторной нагрузкой при $f=17$ Гц

Анализ графиков показывает, что при отработке переходных процессов при $f=17$ Гц, асинхронный двигатель разгоняется до синхронной скорости $\omega_0 = \frac{53\text{рад}}{\text{с}}$, его момент устанавливается равным $80\text{Н} \cdot \text{м}$. Время переходного процесса при $f=17\text{Гц}$ составляет 3.65 с.

Также, анализируя переходные процессы в системе АД-ПЧ можно заметить наличие меньшей колебательной составляющей в кривых момента, и затухающих по мере разгона двигателя. Вследствие этого система АД-ПЧ позволяет получить удовлетворительное качество переходных процессов.

Таким образом, из графиков переходных процессов и динамических характеристик видно, что установившиеся значения момента и частоты вращения ротора устанавливаются в соответствии с вентиляторной нагрузкой и входными частотами. Они совпадают с ранее рассчитанными.

1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, и ресурсосбережение

Пусконаладочные работы при монтаже электроприводов и их установке являются завершающей стадией процесса строительной – монтажных работ. Высокий уровень механизации и автоматизации производства, повышенные требования к электроприводу и к продукции увеличивают объем наладочных работ и выделяют их в самостоятельный вид деятельности. От качества проведения пусконаладочных работ зависит бесперебойность работы, безопасность и экономичность обслуживания электрооборудования гидроциклонной установки.

К экономическим показателям ПНР электропривода относятся такие как:

- цена изделия;
- заработная плата монтажной бригады;
- затраты на ЗИП;
- затраты на монтаж и материалов и комплектующих.

Технико-экономические показатели, надежность работы привода во многом зависят от автоматизации технологического процесса измельчения руды, а так же от качества проведения пуско-наладочных работ.

Переход на рыночные отношения создал жесткие экономические предпосылки для внедрения новой техники, новых технологий, методов управления на предприятиях. Энергетическую основу всякого крупного производства составляет электропривод, технический уровень которого определяет надежность и эффективность функционирования технологического оборудования. На работу электропривода оказывают влияние различные факторы, которые можно разделить на внешние и внутренние.

К внутренним факторам относят:

- качество питающего напряжения;

- нелинейность характеристики;
- инерционность звеньев;
- коррекцию цепей обратных связей;
- надежность систем защит и аварийной сигнализации;
- надежность заземления.

К внешним факторам относятся:

- квалификация обслуживающего персонала;
- качество настройки и наладки электропривода;
- нагрузки и вибрации;
- химический состав и температура прокатываемого металла;
- величина обжатий (режим прокатки);
- техническое состояние сопрягающих устройств;
- температура окружающей среды.

Бригада наладчиков является специализированной бригадой и характеризуется профессиональным составом, работы проводятся в первую смену. Согласно утвержденному Техническому проекту по модернизации и капитальному ремонту Цеха №1 ГМЗ ПАО ППГХО на 2017 год, за подписью директора завода на выполнение всех ПНР отведено 35 календарных дней. В том случае, если бригада не укладывается в отведенные на ПНР часы, то работы проводятся во внеурочное время с оплатой труда такой же, как и в рабочее время. За выполнением сроков проведения ПНР следят инженеры-технологи. Техника безопасности запрещает производить работы на оборудовании находящемся под напряжением менее двум рабочим. Состав и численность бригады определяется исходя из квалификации работников, а также выполнения ПНР и техники безопасности.

В данном случае бригада состоит из четырех человек:

- 1)руководитель- мастер смены;
- 2)электронщик шестого разряда;
- 3)электромонтер седьмого разряда;

- 4)электромонтер шестого разряда.

По классификационным признакам бригада наладчиков характеризуется профессиональным составом и сменностью работы как специализированная из рабочих одной профессии, выполняющих технологически однородные работы; работа сменная (работа в одну смену); техника безопасности запрещает производить работы на электрооборудовании под напряжением менее чем двум рабочим.

Вывод: В настоящее время перспективность технического проектирования определяется не столько масштабом проекта, оценить который на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько временем, затраченным на проведение ПНР и приспособленностью к условиям и требованиям. Оценка разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для выполнения технологического проекта и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы будущего проекта. Так же не малую роль играет квалификация персонала проводящих ПНР, и персонала который будет осуществлять дальнейшую эксплуатацию.

5.1 Организация пусконаладочных работ

Структура ПНР определяется исходя из сложности серийно выпускаемых, освоенных промышленностью электротехнических устройств в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, правил технической эксплуатации и правил техники безопасности, правил устройств электроустановок, правил органов государственного надзора и другими нормативными документами.

Продолжительность проведения пусконаладочных работ определяется, исходя из профессионального опыта бригады, и проведения аналогичных видов работ.

В данном случае руководством организации устанавливается срок 35 календарных дней. Комплекс работ разобьем на этапы и определим экспертным путем число процентного соотношения объема выполнения работ по каждому этапу при наладке преобразователя частоты. Учитывая вероятный характер ПНР, и оценки трудоемкости реальная продолжительность и процентное отношение может быть как меньше (при благополучном стечении), так и превысить указанную продолжительность и процентное отношение (при неблагоприятном стечении). Результаты сведены в таблицу 5, а на рисунке 5 представлен линейный график проведения ПНР.

Таблица 5 - Содержание этапов ПНР

№	Содержание этапов работы	Объем работы, %	Продолжительность этапа, дни	Исполнители
1.	Подготовительные работы	12	5	
1.1	Изучение проектной документации, составление замечаний и разработка рекомендаций по их устранению	2	1	1
1.2	Составление рабочего графика проведения ПНР и согласования его с предприятием	2	0,5	1
1.3	Подготовка рабочих мест, аппаратуры, инструмента	1	1	1;3;4
1.4	Внешний осмотр электрооборудования и проверки соответствия проекту	1	0,5	1;2
1.5	Оказание технической помощи по приемке установки из монтажа, составление ведомости дефектов; контроль за устранением	3	1	1;2
1.6	Ревизия силовой установки, прозвонка цепей	5	1	2;3;4
2.	Проверочные работы	24	6	
2.1	Проверка количества ПНР и их соответствие рабочим чертежам	4	1	1;2;3;4
2.2	Проверка установленной аппаратуры и снятие в необходимых случаях характеристик, градуировка	5	1	2;3;4
2.3	Изменение аппаратных параметров оборудования и электрических схем	6	2	2;3;4
2.4	Проверка и настройка работы электрических систем дистанционного управления, блокировок и автоматики	7	2	2
3.	Наладочные работы	42	15	

3.1	Измерение сопротивления изоляции и испытания повышенным напряжением	2	1	1;3;4
Продолжение таблицы 5 - Содержание этапов ПНР				
3.2	Испытание двигателя	5	2	1;3;4
3.3	Испытание и настройка элементов защиты	8	3	3;4
3.4	Испытание и наладка преобразователя частоты	15	5	1;2
3.5	Наладка системы регулирования электропривода преобразователя	12	4	1;2
4.	Комплексное опробование	15	5	
4.1	Испытание преобразователя на холостом ходу	5	1	1;2
4.2	Опробование и корректировка работы при рабочей нагрузке	7	2	1;2
4.3	Проверка режимов работы при управлении с поста управления	3	2	1;2
5.	Оформление отчетной и приемно-сдаточной документации	7	4	
5.1	Обработка материалов испытания	1	1	1
5.2	Составление инструкции по эксплуатации	2	1	1;2
5.3	Внесение в один экземпляр принципиальных схем проекта изменений, во время проведения ПНР	2	1	1
5.4	Оформление и выпуск технического отчета	2	1	1
ИТОГО		100	35	

Примечание: 1 – мастер смены; 2 – электронщик; 3 – электромонтёр 7 разряда; 4 - электромонтёр 6 разряда.

5.2 Сметная стоимость пусконаладочных работ

Расчёт сметной стоимости производится по следующим статьям затрат:

1. Затраты на материалы и комплектующие;
2. Затраты на оборудование;
3. Затраты на оплату труда;
4. Страховые взносы;
5. Накладные расходы.

5.2.1 Расчет стоимости материалов и комплектующих

Общая стоимость материалов и комплектующих необходимых для проведения ПНР приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Стоимость материалов и комплектующих

№	Наименование	Единица Измерения	Количество	Стоимость, руб.	
				за единицу.	всего
1	Лента поливинилхлоридная электроизоляционная	кг	0,3	150	45
2	Трубка электромонтажная ХВТ-5УХЛ-2.5	кг	0,2	35	7
3	Трубка электромонтажная ХВТ-16УХЛ-2.5	кг	0,2	36	7,2
4	Лакоткань электроизоляционная капроновая ЛКМ-105	м ²	2,5	150	375
5	Листовой электротехнический текстолит	кг	10	200	2000
6	Металлорукав	м	50	20	1000
7	Спирт технический	л	1	100	100
9	Канифоль или флюс КСп	кг	0,2	35	7
10	Ветошь	кг	2	10	20
	Провод ПВ-Л	м	11	45	495
	Провод ПРГ	м	10	40	400
	Шнур ВВГ	м	7	30	210
	Кабель РКМ	м	150	50	7500

	Кабель ВРГ	м	300	45	13500
Продолжение таблицы 5.1 – Стоимость материалов и комплектующих					
	Металлорукав РЗ-Ц	кг	5	75	375
	Перфорированный швеллер К225	кг	20	15	300
	Перфорированный уголок К236	кг	15	12	180
	Кабельный наконечник 70-10-13-МУХЛЗ	шт	30	20	600
	Кабельный наконечник 16-6-6-МУХЛЗ	шт	30	15	450
	Уплотнитель резиновый	шт	20	8	160
	Кабельная гильза 1 3-5-2 -ООУТ2	шт	20	10	200
	Итого, тыс. руб				28,4

Материальные затраты с учетом затрат на транспорт рассчитываются по формуле:

$$M = Ц_m \cdot k_{\text{тзр}},$$

где $k_{\text{тзр}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Применим $k_{\text{тзр}} = 0,08$ (принят на предприятии ПАО «ППГХО»).

$$M = 28,4 \cdot 1,08 = 30,7 \text{ тыс. руб.}$$

5.2.2 Расчет стоимости оборудования

Первоначальная стоимость оборудования, необходимых для ПНР приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Стоимость оборудования

№	Наименование	Единица измерения	Кол-чество	Стоимость, руб	
				за единицу.	всего
1.	Преобразователь частоты Danfoss VLT 5350 Flux	шт	1	350 000	350 000
2.	Электродвигатель RA355MA4	шт	1	452 401	452 401
3.	Подъёмная спираль 4A250 M8	шт	1	74 400	74 400
4.	Датчик FCS G/2A4-NA N 1141 потока	шт	2	22 941	45 882
	Итого, тыс.руб				922683

Первоначальная стоимость оборудования с учетом т.з.р. равна:

$$\text{Об} = 922683 \cdot 1,08 = 1 \text{ млн. руб.}$$

5.3.3 Расчет расходов на оплату труда

Расчет оплаты труда произведён за фактически отработанное время. Это - основная заработная плата, доплата за работу в особо вредных условиях труда и по районным коэффициентам работников, участвующих в работе.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{ОЗП} = \text{Оклад} + \text{ДЗП} + \text{Пр} + \text{К}_p$$

Расчеты заработной платы при 8 часовом рабочем дне и 22 рабочих днях в месяц дней производим с учетом надбавки за работу (в особо вредных условиях труда - 24%, в нормальных условиях труда – 15%), индивидуальной интегрированной стимулирующей надбавки (принятой на предприятии ПАО «ППГХО»), коэффициента на проведение работ в близи действующих электроустановок, находящихся под напряжением и районного коэффициента (80%).

Произведём расчеты заработной платы на примере мастера смены.

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$\text{З}_{\text{зп}} = \text{З}_{\text{осн}} + \text{З}_{\text{доп}},$$

где $\text{З}_{\text{осн}}$ – основная зар. плата;

$\text{З}_{\text{доп}}$ – дополнительная зар. плата;

Мастер смены постоянно работает в особо вредных условиях труда, с надбавкой 24%, что является дополнительной зарплатой. При расчете зарплаты надбавка за вредность начисляется к чистому окладу без ИСН и районного коэффициента по формуле:

$$\text{З}_{\text{доп}} = \text{З}_{\text{ок}} \cdot \text{К}_{\text{вр}},$$

где $\text{З}_{\text{ок}}$ – оклад;

$\text{К}_{\text{вр}}$ – коэффициент за вредность;

Следовательно, зарплата с учетом коэффициента за вредность будет равна:

$$Z_{зп} = Z_{осн} \cdot 1,24,$$

$$Z_{зп} = 12,6 \cdot 1,24 = 15,6 \text{ тыс.руб.}$$

Зарплата с учетом индивидуальной интегрированной стимулирующей надбавки (принятой на предприятии ПАО «ППГХО») рассчитаем по формуле:

$$Z_{и} = Z_{зп} + ИСН,$$

где $Z_{зп}$ – основная зарплата с учетом надбавки за вредность;

ИСН – индивидуальная интегрированная стимулирующая надбавка (принятая на предприятии ПАО «ППГХО»);

$$Z_{и} = 15,6 + 9,7 = 25,3 \text{ тыс.руб.}$$

Районный коэффициент начисляется на основную зарплату с учетом надбавки за вредность и ИСН, и рассчитывается по формуле:

$$Z = Z_{и} \cdot 1,3$$

$$Z = 25,3 \cdot 1,3 = 32,9 \text{ тыс.руб}$$

Расчеты заработной платы при 8 часовом рабочем дне и 22 рабочих днях в месяц приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Заработная плата работников в месяц

Должность	Оклад, тыс.руб.	ИСН, тыс.руб.	Коэффициент за вредность, %	Районный коэффициент, %	Основная ЗП, тыс.руб.
1. Мастер смены	12,6	9,7	24	80	45,6
2. Электронщик 6 разряда	10,4	5,2	15	80	30,9
3. Электромонтёр 7 разряда	7,4	5,7	24	80	26,8
4. Электромонтёр 7 разряда	8,2	6,0	24	80	29,1
Всего					132,4

Примечание: Электронщик обычно работает при нормальных условиях труда, что обуславливает доплату в 15%.

При наладке оборудования применяется повременная оплата труда. При такой системе заработная плата рабочего определяется фактически

отработанным временем. При выполнении работ в условиях, отличных от нормальных к заработной плате применяются поправочные коэффициенты:

- 1,3 - коэффициент проведение работ вблизи действующих электроустановок, находящихся под напряжением;
- 1,3 - районный коэффициент.

Основная заработная плата при проведении ПНР рассчитывается по формуле:

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

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная зарплата одного работника бригады, тыс.руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, дней.

Среднедневная ставка одного работника бригады определяется по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = (Z_{\text{тс}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{рк}}) / F_{\text{д}},$$

где $Z_{\text{тс}}$ – зарплата по тарифной ставке, тыс.руб.;

$Z_{\text{доп}}$ – доплаты и надбавки, тыс.руб.;

$Z_{\text{рк}}$ - зарплата с учетом районного коэффициента, тыс.руб.;

$F_{\text{д}}$ - количество рабочих дней в месяц, дн.

В зарплате по тарифной ставке уже учтен коэффициент на проведение работ вблизи действующих электроустановок, находящихся под напряжением, так как бригада постоянно работает в этом направлении.

Среднедневную заработную плату на каждого работника бригады, участвующей при проведении ПНР, рассчитаем по формуле:

$$Z_{\text{дн}i} = Z / F_{\text{д}},$$

где $Z_{\text{дн}i}$ – среднедневная зарплата i -го работника, тыс.руб.;

Z – зарплата одного работника с учетом надбавок, ИСН и районного коэффициента, тыс.руб.;

$F_{\text{д}}$ - количество рабочих дней в месяц, дн.

$$Z_{\text{дн}1} = 45,6 / 22 = 2,07 \text{ тыс.руб.},$$

$$Z_{\text{дн}2} = 30,9 / 22 = 1,40 \text{ тыс.руб.},$$

$$Z_{\text{дн}3} = 26,8 / 22 = 1,22 \text{ тыс.руб.},$$

$$Z_{\text{дн4}} = 29,1 / 22 = 1,32 \text{ тыс.руб.}$$

Продолжительность проведения пусконаладочных работ определяется, исходя из профессионального опыта бригады, и согласно утвержденному Техническому проекту по модернизации и капитальному ремонту Цеха №1 ГМЗ ПАО ППГХО на 2017 год, за подписью директора завода и составляет 35 календарных дней.

Расчет полной заработной платы на проведение ПНР приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Расчет полной заработной платы на проведение ПНР

Состав бригады	$Z_{\text{ок}}$ тыс.руб	$Z_{\text{квр}}$ тыс.руб	$Z_{\text{и}}$ тыс.руб	$Z_{\text{рк}}$ тыс.руб	$Z_{\text{м}}$ тыс.руб	$Z_{\text{дн}}$ тыс.руб	$T_{\text{р}}$ раб.дни	Z , тыс.руб
1. Мастер смены	12,6	3,0	9,7	20,3	45,6	2,0	27	54,0
2. Электронщик 6 разряда	10,4	2,5	5,2	14,5	32,6	1,5	23,5	35,3
3. Электромонтёр 7 разряда	7,4	1,8	5,7	11,9	26,8	1,2	12	14,4
4. Электромонтёр 7 разряда	8,2	2,0	6,0	12,9	29,1	1,3	12	15,6
Итого								119,3

Накладные расходы составляют 16% от заработной платы основных работников Гидрометаллургического завода:

$$Z_{\text{н}} = 16\% * Z_{\text{осн}} = 16\% \cdot 119,3 = 190,9 \text{ тыс.руб.}$$

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{\text{внеб}} = 0.3 \cdot 119,3 = 35,79 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.5 Сметная стоимость на проведение пусконаладочных работ

Сметная стоимость на проведение пусконаладочных работ Электродвигателя RA355MA4 представлена в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Сметная стоимость

№	Наименование статей	Сумма, тыс.руб	Структура сметной стоимости, %
1	Материалы	28,4	4
2	Оборудование и комплектующие	1	74
3	Оплата труда	119	8
4	Накладные расходы	190,9	14
Итого		1 418,3	100%

В данном разделе были рассмотрены мероприятия (ПНР) необходимые для введения в эксплуатацию электропривода насоса ГРАК 1400/40-АН. Весь комплекс работ разбит на отдельные этапы и определили время выполнения каждого этапа ПНР. Согласно полученным данным был построен линейный график проведения ПНР, а также составлена сметная стоимость.

- Продолжительность работ составляет 35 дней.
- Численность бригады четыре человека:
 - 1)руководитель- мастер смены;
 - 2)электронщик шестого разряда;
 - 3)электромонтер седьмого разряда;

- 4)электромонтер шестого разряда.
- Сметная стоимость составляет 1 418,3 тыс. рублей.

5.4 Расчет расходов при эксплуатации электропривода насоса ГРАК 1400/40-АН

Эксплуатационные расходы включают следующие статьи затрат:

1. Расходы на электроэнергию (по технологическому паспорту),
2. Заработная плата обслуживающего персонала,
3. Амортизационные отчисления,
4. Затраты на ремонт (по технологическому паспорту)
5. Расходы на материалы, связанные с эксплуатацией (по технологическому паспорту).

5.4.1 Расчет стоимости силовой электроэнергии

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

$$W_{\text{сил.эн}} = \frac{P_{\text{уст}} \cdot F_{\text{д}} \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{з}}}{k_{\text{ов}} \cdot k_{\text{с}}},$$

где $P_{\text{уст}}$ – установочная мощность двигателя, кВт;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час;

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

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

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

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

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

Действительный годовой фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле:

$$F_d = T_{\text{дн}} \cdot t_{\text{ч}},$$

где $T_{\text{дн}}$ – количество дней в году работы двигателя, дней;

$t_{\text{ч}}$ – время работы двигателя в сутки, час;

$$F_d = 341 \cdot 24 = 8184 \text{ часа}$$

$$W_{\text{сил.эн}} = \frac{315 \cdot 8184 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,7}{0,9 \cdot 0,92} = 1570000 \text{ кВт/ч}$$

Затраты на силовую энергию в денежном выражении рассчитывается:

$$C_{\text{эл}} = W_{\text{сил.эн}} \cdot C_{\text{э}},$$

$$C_{\text{эл}} = 1570000 \cdot 1,53 = 2\,402 \text{ тыс.руб}$$

где $C_{\text{э}}$ – стоимость одного кВт-часа электроэнергии на предприятии ПАО «ППГХО» (1,53 руб/ кВт.ч).

5.4.2 Расчёт амортизационных отчислений

Годовые амортизационные отчисления рассчитываются на основе норм амортизации и вычисление производится по формуле:

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

где K – капитальные вложения в электрооборудование;

N_A – норма амортизации, $N_A = 9,6\%$

$$A_{\text{год}} = K \frac{N_A}{100} = 1653000 \cdot \frac{9,6}{100} = 159 \text{ тыс.руб/год.}$$

5.4.3 Издержки на ремонтно-эксплуатационное обслуживание электроприводов

Оборудование электроприводов подвергается планово-предупредительным работам, периодичность и объем которых регламентируется системой ППР и сетей промышленной энергетики.

Расходы на планово – предупредительные работы составляют 820 руб/час. Данная сумма запланирована и рассчитана отделом экономического планирования ГМЗ ПАО ППГХО, и переутверждается.

Для определения составляющих затрат на ППР необходимо установить периодичность ремонтного цикла, межремонтного периода, и трудоемкость работ по ППР. Затраты на ППР электропривода представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.6 - Затраты на ППР электропривода

Виды ППР	Нормы трудоемкости, чел/ч	Периодичность ППР	Затраты на ППР электропривода в час	Затраты на ППР, руб/год
Капитальный ремонт без перемотки обмоток	6	Раз в 2 года	820	2460
Текущий ремонт	2	Раз в 6 месяцев	820	3280
Техническое обслуживание	1	Раз в месяц	820	9840
Итого				15580

5.5 Определение экономической эффективности проекта

Для определения экономической эффективности проекта необходимо рассмотреть сравнительную характеристику технико-экономических показателей. Сравнение ТЭО показателей, представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 - Сравнение технико-экономических показателей электродвигателей

Критерии	Ед. измерения	ПЧ	С ПЧ	Изменение
Установленная мощность	кВт	315	315	
Потребляемая мощность двигателей	кВт	315	195	С ПЧ меньше потребляется эл.энергии
Время работы двигателя в сутки	час	24	24	
Количество дней в году работы двигателя	дн	341	341	

Годовые затраты эл.энергии механизмов	Тыс.кВт.ч	5156	3 887	Энергоэффективен
Затраты	Тыс.руб	7889	5947	Экономия в год 1,9 млн. руб на электроэнергию

Вывод:

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы, был произведен расчет стоимости оборудования, материалов и комплектующих для проведения пуско-наладочных работ электропривода центробежного насоса ГРАК 1400/40. Произведен расчет заработной платы бригады монтажников. Построен линейный график проведения работ. Экспертным путем с учетом благоприятных и неблагоприятных факторов составлена таблица работ, позволяющая лучше использовать рабочее время, и произвести расчет заработной платы работников согласно занятости в проекте. Так как по утвержденному Техническому проекту по модернизации и капитальному ремонту Цеха №1 ГМЗ ПАО ППГХО на 2017 год, предусмотрен комплекс по установке частотного преобразователя, произведен расчет потребления электроэнергии привода до и после установки. По результатам расчета снижение потребления, дает ежегодную экономию при благоприятных условиях до 1,9 млн. руб.

С учетом выше изложенного можно заключить, что реализация проекта экономически целесообразно.

2. Социальная ответственность

Целью данного раздела является выполнение и анализ вредных и опасных факторов труда работника цеха измельчения и флотации, разработка мер защиты от них, оценка условий труда рабочей среды, также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды. Также были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. Даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

Объектом исследования является электропривод и электрооборудование насоса пульпы в технологическом процессе измельчения урановой руды. Данный объект находится в здании в промышленной зоне. Он предназначен для перекачки классификаторов с зумпфа в пульпоотделитель.

6.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

На месте установке преобразователя частоты для электропривода насоса пульпы присутствуют ряд вредных факторов ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. которые сказываются на организме человека:

Общая вибрация, категория 3 тип «а». ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.

Технологическая вибрация передается на рабочие места от мельницы ММС «Каскад» и грохотов ГС-742, находящихся в непосредственной близости с установленным преобразователем частоты.

По способу передачи на человека различают общую и локальную вибрацию. На месте установке ПЧ присутствует общая вибрация, которая передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего

человека. Общая вибрация имеет направление осей X_0 , Y_0 , Z_0 и их связь с телом человека показаны на рисунке 6. Ось Z_0 - вертикальная, перпендикулярная к опорной поверхности, ось X_0 - горизонтальная от спины к груди; ось Y_0 - горизонтальная от правого плеча к левому.



Рис. 6. Направление осей общей вибрации X_0 , Y_0 , Z_0 и их связь с телом человека.

Для общей вибрации нормы вибрационной нагрузки установлены для категорий вибрации и соответствующих им критериев оценки по таблице 6.

Таблица 6. Категории вибрации по санитарным нормам

Категории вибрации	Критерии оценки	Характеристика условий труда
1	Безопасность	Транспортная вибрация, воздействующая на операторов подвижных самоходных и прицепных машин и транспортных средств при их движении по местности, агрозонам и дорогам, в том числе при их строительстве.
2	Граница снижения производительности труда	Транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на операторов машин с ограниченной подвижностью, перемещающихся только по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок.
3, тип «а»	Граница снижения производительности труда	Технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин и оборудования и передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.
3, тип «в»	Комфорт	Вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом.

Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на рабочего для длительности смены 8 ч приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1. Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки.

Вид вибрации	Категория вибрации по санитарным нормам	Направление действия	Нормативные скорректированные по частоте и эквивалентные скорректированные значения				
			виброускорения		виброскорости		
			м·с ⁻²	дБ	м·с ⁻¹ ·10 ⁻²	дБ	
Локальная	-	$X_{л}, Y_{л}, Z_{л}$	2,0	126	2,0	112	
Общая	1	Z_0	0,56	115	1,1	107	
		Y_0, X_0	0,4	112	3,2	116	
	2	Z_0, Y_0, X_0	0,28	109	0,56	101	
		3 тип "а"	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92
		3 тип "в"	Z_0, Y_0, X_0	0,014	83	0,028	75

При действии на организм общей вибрации в первую очередь страдает опорно-двигательный аппарат: возникают боли в пояснице, конечностях, суставах, мышцах, связках, в области желудка. Вибрационная болезнь выражается общим расстройством с нарушениями сосудистого тонуса, отсутствием аппетита, бессонницей, раздражительностью, быстрой утомляемостью и болевой чувствительностью.

Вибрационная безопасность труда должна обеспечиваться введением и соблюдением режимов труда и отдыха, в наибольшей мере снижающих неблагоприятное воздействие вибрации на человека.

Шум непостоянный широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

Персонал обслуживающей преобразователь частоты подвергается широкополосному шуму на рабочем месте, источником шума являются мельницы и грохота. Шум оказывает вредное влияние на физическое

состояние человека: угнетает центральную нервную систему, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям. При эксплуатации и наладке ПЧ можно выделить умственную работу с инструкцией, точные зрительные работы. Для этой трудовой деятельности уровень допустимого шума составляет 65 дБ. Ниже в таблице 6.2 представлены уровни шума для различных видов трудовой деятельности с учетом степени напряженности труда.

Таблице 6.2 – Уровни шума для различных видов трудовой деятельности с учетом степени напряженности труда

Вид трудовой деятельности	Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
Работа по выработке концепций, новых программ; творчество; преподавание	40
Труд высших производственных руководителей, связанных с контролем группы людей, выполняющих преимущественно умственную работу	50
Высококвалифицированная умственная работа, требующая сосредоточенности; труд, связанный исключительно с разговорами по средствам связи	55
Умственная работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного* слухового контроля; высокоточная категория зрительных работ**	60
Умственная работа, по точному графику с инструкцией (операторская), точная категория зрительных работ	65
Физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем	80

Методы коллективной защиты от шума: использование звукопоглощающих облицовок путем отделки помещения установки ПЧ звукопоглощающими материалами, использование рациональных режимов труда и отдыха;

Средства индивидуальной защиты от шума наушники и вкладыши из ваты или пробочки из губчатой резины ГОСТ Р 12.4.211-99 (ИСО 4869-1-89) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной

защиты органа слуха. Противошумы. Субъективный метод измерения поглощения шума.

6.1.1 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

При работе с электрооборудованием присутствует опасных фактор поражения электрическим током ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества ГОСТ 12.1.009-82. ССБТ (Переиздание июнь 2001 год).

Возможно получение электротравмы, к электротравмам относятся электрические ожоги (токовые, дуговые, смешанные), электрические знаки (метки), металлизация кожи, механические повреждения, электрический удар.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1000В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000В с изолированной нейтралью не должны превышать значений, указанных в таблице 6.3. ГОСТ 12.1.038-82 (2001) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

Таблица 6.3 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и
ТОКОВ.

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t , с										
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Переменный 50 Гц	U , В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60
	I , мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50
Переменный	U , В	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100
	I , мА											
Постоянный	U , В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200
	I , мА											
Выпрямленный двухполупериодный	$U_{ампл}$, В	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180
	$I_{ампл}$, мА											
Выпрямленный однопериодный	$U_{ампл}$, В	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150
	$I_{ампл}$, мА											

Коллективная электробезопасность должна обеспечиваться: конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность;

Защитное заземление ПЧ. Защитное заземление или зануление должно обеспечивать защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции. Защитное заземление следует выполнять преднамеренным электрическим соединением металлических частей электроустановок с "землей" или ее эквивалентом. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. Общие требования и номенклатура видов защиты.

Защитное заземление: Преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Средства индивидуальной защиты при выполнении работ с электроприводом насоса пульпы: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, изолированный инструмент, диэлектрические галоши, комбинезон, диэлектрические ковры, изолирующие подставки и накладки, бесконтактные сигнализаторы наличия напряжения, переносные заземления, плакаты и знаки безопасности. ГОСТ 12.4.283-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Комплект защитный от поражения электрическим током.

6.2 Экологическая безопасность.

В данном разделе был произведен анализ экологической безопасности исследуемого объекта на экологию. Были рассмотрены такие вопросы как:

- Влияние исследуемого объекта на селитебную зону.
- Влияние исследуемого объекта на атмосферу(выбросы).
- Влияние исследуемого объекта на гидросферу(сбросы).
- Влияние исследуемого объекта на литосферу(отходы).

Электропривод и электрооборудование насоса перекачки пульпы находится в здании находящееся в промышленной зоне и не несет вреда селитебной зоне.

Электропривод и электрооборудование насоса перекачки пульпы не оказывает никакого влияния на атмосферу т.к. при его работе нет ни каких выбросов которые бы влияли на атмосферу.

Электропривод и электрооборудование насоса перекачки пульпы не оказывает влияния на гидросферу т.к. технологический процесс предусматривает неоднократное использование всех жидкостей.

Так как объектом исследования является электропривод и электрооборудование насоса, а в частности этими объектами являются: электродвигатель и преобразователь частоты то:

- При выходе из строя ПЧ администрация производства обязуется утилизировать его в соответствии ГОСТ Р 55102-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов.

- При выходе асинхронного двигателя из строя у предприятия есть перемоточный цех, в котором перематывают статорную обмотку, а вышедшую из строя обмотку утилизируют в соответствии с ГОСТ 1639-2009 Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном разделе рассмотрены такие вопросы как:

- Возможные ЧС при разработке и эксплуатации изучаемого объекта.
- Был рассмотрен наиболее типичный пример ЧС.
- Разработка превентивных мер по предотвращению ЧС.
- Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

6.3.1 Возможные ЧС при разработке и эксплуатации изучаемого объекта.

В нашем случае возможно два варианта ЧС при эксплуатации исследуемого объекта такие как:

- 1. Поражение электрическим током.
- 2. Возникновение пожара.

6.3.2 Рассмотрение наиболее типичного примера ЧС

Наиболее типичным в изучение исследуемого объекта является возникновение пожара.

Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

Причиной возгорания может быть:

- короткое замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: двери, столы, изоляция кабелей. и.т.д.

6.3.3. К превентивным мероприятиям относятся

1. Разработка и внедрение мероприятий, для устранения возможных причин пожара;

- регулярные проверки уровня пожарной безопасности всего объекта, а также отдельных его участков, проводимые согласно с установленной законом периодичностью.

- организация занятий и инструктажей среди сотрудников и рабочих объекта, посвященных вопросам пожарной безопасности (ПБ)

2. Обеспечение максимального ограничения для распространения пожаров в случае их возникновения;

-Соблюдение расположения электрооборудования друг от друга согласно ГОСТ 12.1.004

3.Создание оптимальных условий для эвакуации сотрудников и спасения имущества;

-Не загромождение пожарных выходов, вывешивание планов эвакуации при пожаре на каждом этаже. На рисунке 6.1. показан план эвакуации при пожаре.

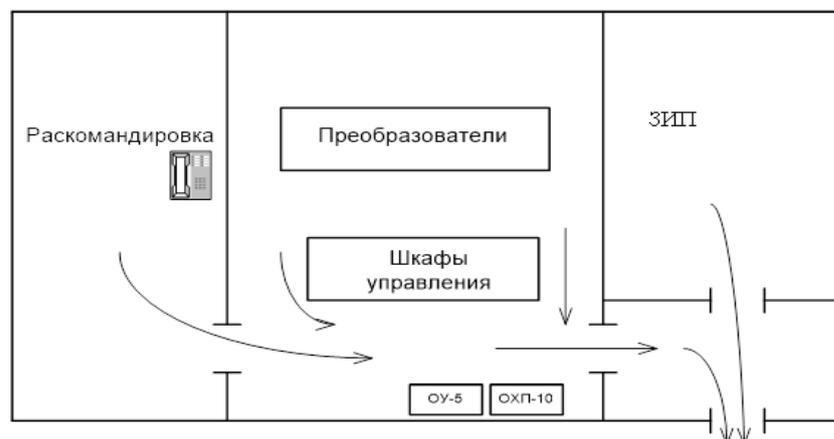


Рис. 6.1. План эвакуации при пожаре

4. Своевременное обнаружение огня, и быстрый вызов пожарной бригады.

- установка автоматических систем пожарной безопасности и противопожарных дверей, охватывающих помещения и отдельные агрегаты

5. Обеспечение рабочих мест средствами пожаротушения.

- обеспечение исправности и правильных условий содержания первичных и стационарных автоматических средств пожаротушения, водоснабжения и систем оповещения.

6.3.4. При возникновении пожара и ликвидации ее последствий придерживаемся ГОСТ РД 153-34.0-03.301-00 Правила пожарной безопасности предприятий.

Основные правила.

При возникновении возгораний для спасения человеческих жизней, а также имущества или оборудования необходимо придерживаться таких правил:

- когда обнаруживается возгорание, необходимо, по возможности, попытаться его потушить, используя специально предназначенный для этого огнетушитель или водопроводную воду. Небольшие очаги возгорания всегда можно накрыть плотной тканью, чтобы перекрыть доступ воздуха;
- если ликвидировать возгорание не представляется возможным, нужно активировать ручной извещатель;

- прежде чем пытаться потушить пламя, возникшее на проводах, необходимо отключить электричество;
- когда начинается пожар, обязательно необходимо сообщить об этом в службу пожарной охраны. Потребуется назвать точный адрес предприятия, свою фамилию и по приезду пожарной бригады по возможности организовать доступ к месту возгорания, расчистив для них проезд;
- если в здании предприятия прозвучала пожарная сигнализация, обязательно необходимо начинать эвакуацию согласно плану, который должен находиться на каждом этаже. Пользоваться лифтом во время пожара строжайше запрещено. Чтобы эвакуироваться с нижних этажей, в качестве выхода можно использовать оконные проемы;
- при передвижении в непосредственной близости от источника пламени рекомендуется накрыться мокрым одеялом. В задымленных помещениях нужно передвигаться так, чтобы дыхательные пути находились как можно ближе к полу. Чтобы не вдыхать токсичные испарения, желательно прикрыть рот и нос влажным куском ткани или платком;
- в случае, если огонь перекинулся на одежду, не рекомендуется бежать. В таких ситуациях необходимо попытаться лечь на землю и последовательно переворачиваться со спины на живот, потушить пламя землей, водой или снегом;
- зону пожара необходимо покидать с наветренной стороны;
- когда приезжает пожарная охрана, руководитель предприятия должен ввести в курс дела старшего сотрудника бригады о выполненной эвакуации персонала, локализации возгорания, выполненных действиях с целью ликвидации огня, а также о конструктивных и технологических особенностях здания.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для персонала обслуживающего электрооборудование насоса пульпы у которого класс вредности 3.2. предусмотрены следующие правовые нормы законодательства:

1.Статья 147 ТК РФ. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда.

Положена за труд в условиях, отклоняющихся от нормальных, и доплата в размере 4% на основании ст.147 ТК РФ. Причем данный вид поощрения полагается всем сотрудникам имеющим класс вредности 3 на местах труда, независимо от подкласса, но на отраслевом уровне для некоторых категорий граждан могут быть предусмотрены и повышенные размеры, естественно в прямой зависимости от степени вреда.

2. Дополнительный отпуск к основному ст 117 ТК РФ.

На основании ст.117 ТК РФ труженикам при наличии класса вредности: 3.2,3.3,3.4 также положен и дополнительный период отдыха не менее 7 дней, оплачиваемый в размере среднего заработка и подлежащий предоставлению в порядке очередности, определяемый графиком.

3. Федеральный закон от 28.12.2013 ст 30 о досрочном назначении страховой пенсии.

Пенсионное обеспечение тружеников регламентируется нормами ст.30 ФЗ №400, в соответствии с которой, лица занятые в отрасли с вредными факторами, имеют право на получении пенсии досрочно, то есть по достижении 55 лет для мужчин и 50 лет для женщин соответственно. Причем досрочное назначение оговоренной выплаты напрямую зависит от наименования должности, которая должна присутствовать в Списке № 1 либо №2 и выработанного стажа в определенной отрасли и условиях.

6.4.1. Организационные мероприятия при компоновки рабочей зоны

Для безопасной и комфортной работы обслуживающего персонала электрооборудования насоса пульпы должны быть выполнены организационные мероприятия согласно ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования (Был переиздан в 2001 году является действующим).

Общие требования

1. В необходимых случаях конструкция производственного оборудования должна обеспечивать возможность удобства выполнения трудовых действий с применением средств индивидуальной защиты.

2. Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать оптимальное распределение функций между человеком и производственным оборудованием с целью обеспечения безопасности, ограничения тяжести и напряженности труда, а также обеспечения высокой эффективности функционирования системы "человек - производственное оборудование".

3. Конструкция всех элементов производственного оборудования, с которыми человек в процессе трудовой деятельности осуществляет непосредственный контакт, должна соответствовать его антропометрическим свойствам в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 работ в положении сидя, в положении стоя - ГОСТ 12.2.033-78 (Переиздание апрель 2001 год). Статистические характеристики основных антропометрических признаков приведены на рисунке 6.2.

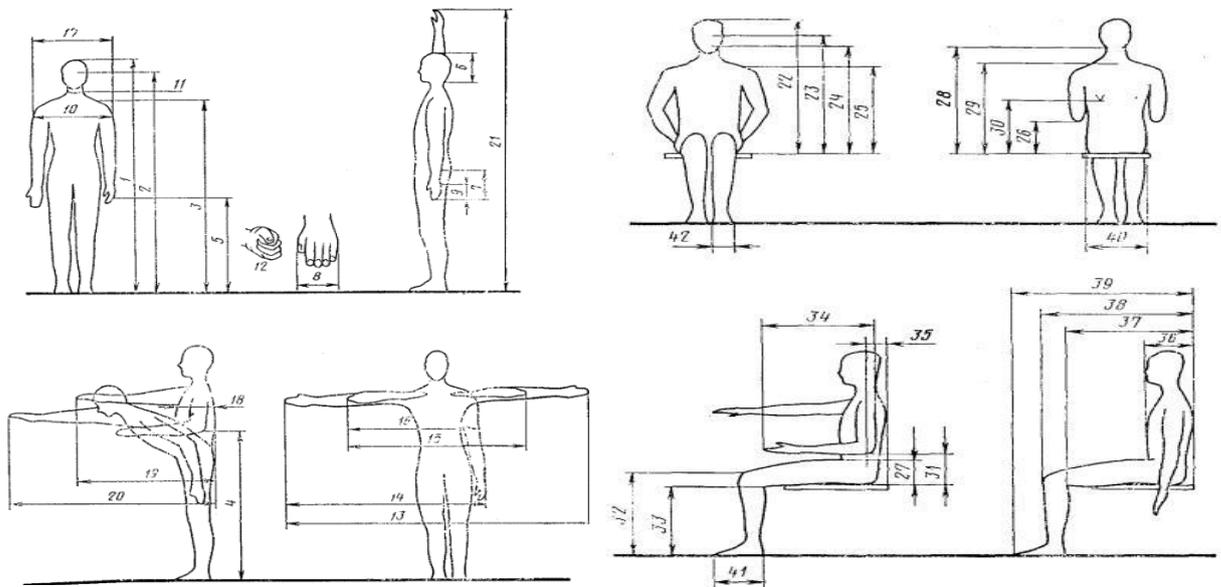


Рис. 6.2. Антропометрические признаки тела человека в положении стоя, сидя.

4. Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать возможность организации трудового процесса, исключающей монотонность труда, путем ограничения частоты повторения простых трудовых действий и длительности непрерывного пассивного наблюдения за ходом производственного процесса или его части.

Вывод

В данном разделе были выявлены вредные и опасные факторы в процессе эксплуатации исследуемого объекта. Были предложены меры по уменьшению воздействия вредных и опасных факторов на организм человека. Было уделено внимание вопросам о влиянии исследуемого объекта на селитебную зону, на атмосферу, гидросферу и литосферу с указанием мер по уменьшению влияния на выше перечисленные зоны.

Так же было уделено особое внимание порядку действия при возникновении ЧС и мерам по ее ликвидации и разработка превентивных мер по предупреждению ЧС. Были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе был спроектирован электропривод насоса для перекачки пульпы с частотным регулированием. Система ПЧ-АД позволяет повысить производительность, а также надежность производств, так как в системе используется самая простейшая электрическая машина – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. В настоящее время система ПЧ-АД получило широкое распространение, так как это экономически целесообразно, чем применение тех же двигателей постоянного тока или АД с фазным ротором. Высокая плавность регулирования скорости также является одним из основных достоинств такой системы. Произведен выбор двигателя : RA355MA4, затем произведен выбор преобразователь частоты, способный обеспечить управление двигателем- Danfoss VLT 5350 Flux.

Анализ графиков переходных процессов скорости и момента показал, что асинхронный электродвигатель с найденными параметрами схемы замещения является устойчивым звеном и эти параметры можно использовать в дальнейшем при исследовании и настройке систем регулирования с применением данного двигателя.

Имитационная модель асинхронного двигателя, созданная в программной среде MATLAB отображает переходные режимы, в короткозамкнутом асинхронном двигателе и может быть использована при исследовании его динамических процессов.

Также обоснована целесообразность квалификационной работы, которая соответствует современным требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Выполнен анализ вредных и опасных факторов влияющих на обслуживающий персонал, рассмотрены вопросы по экологической безопасности в случае ЧС, а также рассмотрены правовые вопросы безопасности.

Список литературы

- 1.Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Асинхронный электропривод. Методическое пособие. Составитель Ланграф С.В. ТПУ 2003.
3. Олссон, Гутав. Цифровые системы автоматизации и управления – СПб.: Невский Диалект, 2001.
4. Шрейнер Р.Т., Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты, Екатеринбург УРО РАН, 2000 г.
5. Чиликин М.Г., Сандлер А.С., Ключев В.И. Теория автоматизированного электропривода. - М.: Энергия, 1979.- 616с.
6. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. Круповича В.И. и др. - М.: Энергоатомиздат, 1982.- 416с
7. Шипилло В.П. Автоматизированный электропривод. - М.: Энергия, 1969.- 400с.
8. Справочник по электрическим машинам. Том 2. / Под ред. Копылова И.П. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 516с.
9. Юзов О.В. и др. Экономика и организация производства в дипломном проектировании. - М.: Высшая школа, 1991.- 124с.
- 10.Долин П.А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1985. -716с.
- 11.Правила устройства электроустановок - М.: Энергоатомиздат, 1985 - 624с.
- 12.Правила технической эксплуатации и правила техники безопасности в электроустановках. - М.: Энергоатомиздат, 1986. -524с.
- 13.ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

- 14.ГОСТ Р 12.4.211-99 (ИСО 4869-1-89) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы.
- 15.ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
- 16.ГОСТ 12.1.009-82. ССБТ (2001)- Электробезопасность.
- 17.ГОСТ 12.1.038-82 (2001) Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
18. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Защитное заземление, зануление.
19. Переносные заземления. ГОСТ 12.4.283-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
- 20.Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
- 21.Федеральный закон от 28.12.2013 ст 30 о досрочном назначении страховой пенсии
- 22.ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).