

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

Институт - Энергетический _____
Направление подготовки -13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра - Электропривода и электрооборудования _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование вентильного электропривода колебательного движения с регулируемой собственной частотой

УДК 62-83-523-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗБ	Лукина Ксения Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Аристов А.В.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель каф. МЕН	Потехина Н. В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ЭБЖ	Панин В. Ф.	д.н.т., профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. ЭПЭО	Дементьев Ю. Н.	к. т. н., Ph. D.		

Томск – 2017 г.
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки - 13.03. 02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗБ	Лукиной Ксении Сергеевне

Тема работы:

Исследование вентильного электропривода колебательного движения с регулируемой собственной частотой
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Объектом исследования является вентильный электропривод колебательного движения с регулируемой собственной частотой. В качестве исходных данных представлены:</i> - двигатель ДБМ185-6-0,2-2; - диапазон изменения частоты воспроизводимых колебаний; - диапазон изменения инерционной нагрузки; - диапазон изменения демпфирующей нагрузки
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой</i>	<i>- постановка задачи исследования;</i> <i>- составление математической модели вентильного двигателя;</i> <i>- разработка имитационной модели вентильного двигателя;</i> <i>- исследование рабочих характеристик вентильного электропривода с колебательным законом движения;</i>

области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	- оценка динамических характеристик вентильного электропривода колебательного движения; - разработка раздела «Финансовый менеджмент,»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Имитационная модель вентильного двигателя

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Потехина Нина Васильевна
«Социальная ответственность»	Панин Владимир Филиппович

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
Профессор	Аристов А.В.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗБ	Лукина К.С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗБ	Лукиной Ксении Сергеевны

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и Электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады: - руководителя – 36800 руб. - проектировщика – 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент 30%; коэффициент доплат и надбавок 35%; коэффициент дополнительной заработной платы 15%; коэффициент, учитывающий накладные расходы 16%; районный коэффициент 130%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент, учитывающий отчисления во внебюджетные фонды 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение трудоемкости выполнения работ, разработка плана и графика выполнения проекта (графика Ганта). Формирование бюджета затрат на проектирование: материальные затраты, заработная плата (основная и дополнительная), отчисления на социальные цели, накладные расходы, амортизационные отчисления.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Календарный план график
3. Сравнительная оценка характеристик разработки
4. Бюджет затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
--------	-----	---------	------

5ГЗБ	Лукина Ксения Сергеевна		
------	-------------------------	--	--

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗБ	Лукиной Ксении Сергеевной

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: 1.1. вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) 1.2. опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) 1.3. негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) 1.4. чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Территория электрического цеха с главным объектом рассмотрения исследования – вентильный электропривод колебательного движения. Необходимо поддержание: 1.1. Нормативных метеоусловий, уровней вибрации и шума; 1.2. Нормативных мер обеспечения электро- и пожаробезопасности. 1.3. Нормативных мер защиты окружающей среды от воздействия предприятия (электрического цеха). 1.4. Наиболее вероятные ЧС: загорания (пожары), электрический удар, например, при замыкании фазы питания на корпус электрической машины при нарушенном его заземлении.
2. Ознакомление и отбор законодательных и нормативных документов по теме и отбор их.	ГОСТ 12.0.003-74 «ОиВПФ»; ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.1.01290 «Вибрационная безопасность»; ПУЭ, утвержденный министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.; №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008; ГОСТ Р 50571.3-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Защита от поражения эл. током». Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014) «Об организации сбора, вывоза, утилизации, и переработки бытовых и промышленных отходов на территории муниципального образования «Город Томск» ».

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: 1.1. физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; 1.2. действие фактора на организм человека; 1.3. приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);	Наиболее значимые вредные факторы: 1. Шум 2. Вибрации 3. Недостаток естественного света 4. Возможные ненормативные метеоусловия
--	--

1.4.предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности 2.1.механические опасности (источники, средства защиты); 2.2.термические опасности (источники, средства защиты); 2.3.Опасность электропоражения (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 2.4.Опасность загораний (пожаров) (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Наиболее вероятно воздействие на персонал следующих опасных факторов: 1.Опасность электропоражения; 2.Пожаровзрывоопасность.
3. Охрана окружающей среды: 3.1.анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 3.2.анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); 3.3.анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	По п.3.1.:разработать или описать систему обращения с выбросами электрического цеха. По п.3.2.: разработать или описать систему обращения со сбросами. По п.3.3. описать систему обращения с твердыми отходами цеха в соответствии с постановлениями Правительства РФ от 03.09.2010 №681 и Администрации г. Томска от 11.11 2009 №1110(с изменениями от 24.12. 2014г.).
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: 4.1.перечень возможных ЧС на объекте; 4.2.выбор наиболее типичных ЧС; 4.3.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;	Одни из наиболее вероятных ЧС: пожары, электропоражения. Разработать мероприятия по предотвращению пожаров, электропоражений и других ЧС и ликвидации их последствий.
Перечень графического и инструктивного материалов:	
Обязательные графические материалы к расчётам по заданию (обязательно для специалистов и магистров).	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор кафедры ЭБЖ	Панин Владимир Филиппович	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗБ	Лукина Ксения Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц, 15 таблиц, 24 рисунков, 21 источник.

Объектом исследования является вентильный электропривод колебательного движения с регулируемой собственной частотой.

Цель работы – исследование рабочих характеристик вентильного электропривода с колебательным законом движения, соответствующего условиям технического задания.

При оформлении дипломного проекта были использованы программы:

- Microsoft Office Word
- Microsoft Office Excel
- Microsoft Office Visio
- MathCad 15
- Matlab Simulink

В результате выполнения работы была смоделирована и исследована имитационная модель вентильного электропривода колебательного движения с регулируемой собственной частотой.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010. Отчет распечатан на белых листах формата А4.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Исходные данные:

1. Двигатель ДБМ185-6-0,2-2

Тип машины	Момент ном. (Н·м)	Число пар полюсов	Число фаз	Сопр. фазы (Ом)	Эл.магн. пост. времени (мс)	Ток кор. зам. (А)	Момент кор. зам. (Н·м)	Скорость холостого хода (об/мин)	Тепловое сопр. (град/Вт)	Момент инерции (кг·м ²)	Масса (кг)
ДБМ185-6-0,2-2	4	8	2	2,64	1,4	10,2	11,5	195	0,15	9e-3	5,4

2. Диапазон изменения частоты воспроизводимых колебаний

$$f_{\text{кол}} = \Omega \frac{1}{2\pi} = 2..10 \text{ Гц}; \quad (2, 4, 6, 8, 10)$$

3. Диапазон изменения инерционной нагрузки $J_n = (2, 4, 6, 8, 10)J_\partial$

4. Диапазон изменения демпфирующей нагрузки $R_{\text{демп}} = 0..2 \text{ о.е.}$

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ	
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	13
1.1 Принципы построения и технические требования, предъявляемые к электроприводам колебательного движения.....	13
1.2 Классификация ВД и общее описание двигателей серии ДБМ.....	22
1.3 Методы регулирования собственной частоты электропривода колебательного движения.....	26
2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНОГО	
ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	30
2.1 Математическое описание ВД в режиме колебательного движения.....	30
2.2 Модель вентильного электропривода колебательного движения с регулируемой собственной частотой.....	32
2.3 Расчет коэффициентов модели.....	32
3. АНАЛИЗ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНОГО	
ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	35
3.1 Рабочие характеристики.....	35
3.2 Влияние параметров нагрузки на выходные характеристики электропривода при различных способах регулирования собственной частоты.....	43
3.3 Оценка динамических характеристик вентильного электропривода колебательного движения.....	45
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,	
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	48
4.1 Анализ конкурентных технических решений.....	48
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	50
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	50

4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	51
4.2.3	Разработка графика поведения научного исследования.....	53
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	57
4.3.1	Расчет материальных затрат.....	57
4.3.2	Затраты на амортизацию оборудования.....	58
4.3.3	Полная и дополнительная заработная плата исполнителей.....	58
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	60
4.3.5	Накладные расходы.....	60
4.3.6	Формирование бюджета затрат НТИ.....	61
4.4	Определение ресурсоэффективности проекта.....	61
5.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	64
5.1	Введение.....	64
5.2	Анализ вредных факторов.....	64
5.2.1	Защита от шума и вибрации.....	64
5.2.2	Недостаточная освещенность естественным светом.....	66
5.2.3	Микроклимат.....	67
5.3	Анализ опасных факторов.....	69
5.3.1	Загорание (пожар).....	69
5.3.2	Электропоражение.....	70
5.3.3	Защита от случайного прикосновения.....	71
5.4	Защита окружающей среды.....	72
5.5	Предотвращение ЧС и устранение их последствий.....	74
5.5.1	Пожар (загорание) – как источник ЧС.....	76
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	78
	Список использованной литературы.....	79

Введение

В наше время большое применение получили безредукторные электропривода колебательного движения. Они имеют ряд преимуществ такие, как: устранение потерь энергии в добавочных механических звеньях преобразователя движения, уменьшения мощности управления и повышения безотказной работы всей системы.

В основе колебательного движения электропривода лежат принципы управления следящих электроприводов, работающие в режиме колебательного движения: питание переменным напряжением обмотки возбуждения двигателя постоянного тока, различные модуляции напряжения питания двигателя переменного тока.

Конструирование управляемого электромашинного безредукторного привода на основе обычных электродвигателей поступательного и вращательного движения, работающие в режиме колебания, позволяют получить колебательное движение без редукторов.

Эксплуатационно-технические параметры таких электроприводов лучше электромагнитных, гидравлических, электродинамических и других традиционных неэлектромашинных типов виброэлектроприводов.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

1.1. Принципы построения и технические требования, предъявляемые к электроприводам колебательного движения

Впервые колебательные режимы работы электродвигателей вращательного и поступательного движения начали использовать еще 50 лет назад. На данный момент наибольшее распространение получили привода асинхронных двигателей линейного и вращательного движения.

На рисунке 1.1 представлена общая классификация электродвигателей вращательного и поступательного движения, которые работают в колебательных режимах без механических преобразователей.

В серийных электрических машинах достаточно просто реализуются замкнутые системы электроприводов с последовательно соединенными генератором и двигателем постоянного тока, но они обеспечивают малый диапазон регулирования параметров режима колебаний [1].

Принцип слежения за периодическим сигналом имеет возможность реализовываться: на базе питания переменным напряжением якорной обмотки, обмотки возбуждения электродвигателя постоянного тока, с применением питания модулированным напряжением двигателей переменного тока, с помощью периодического импульсного управления шаговыми электродвигателями.

Не смотря на то, что такие приводы имеют сложную форму управления задающим устройством периодических сигналов, они позволяют плавно, с высокой точностью и в широких пределах регулировать параметры режима колебаний, а также обеспечивают колебания выходного вала по различным законам.

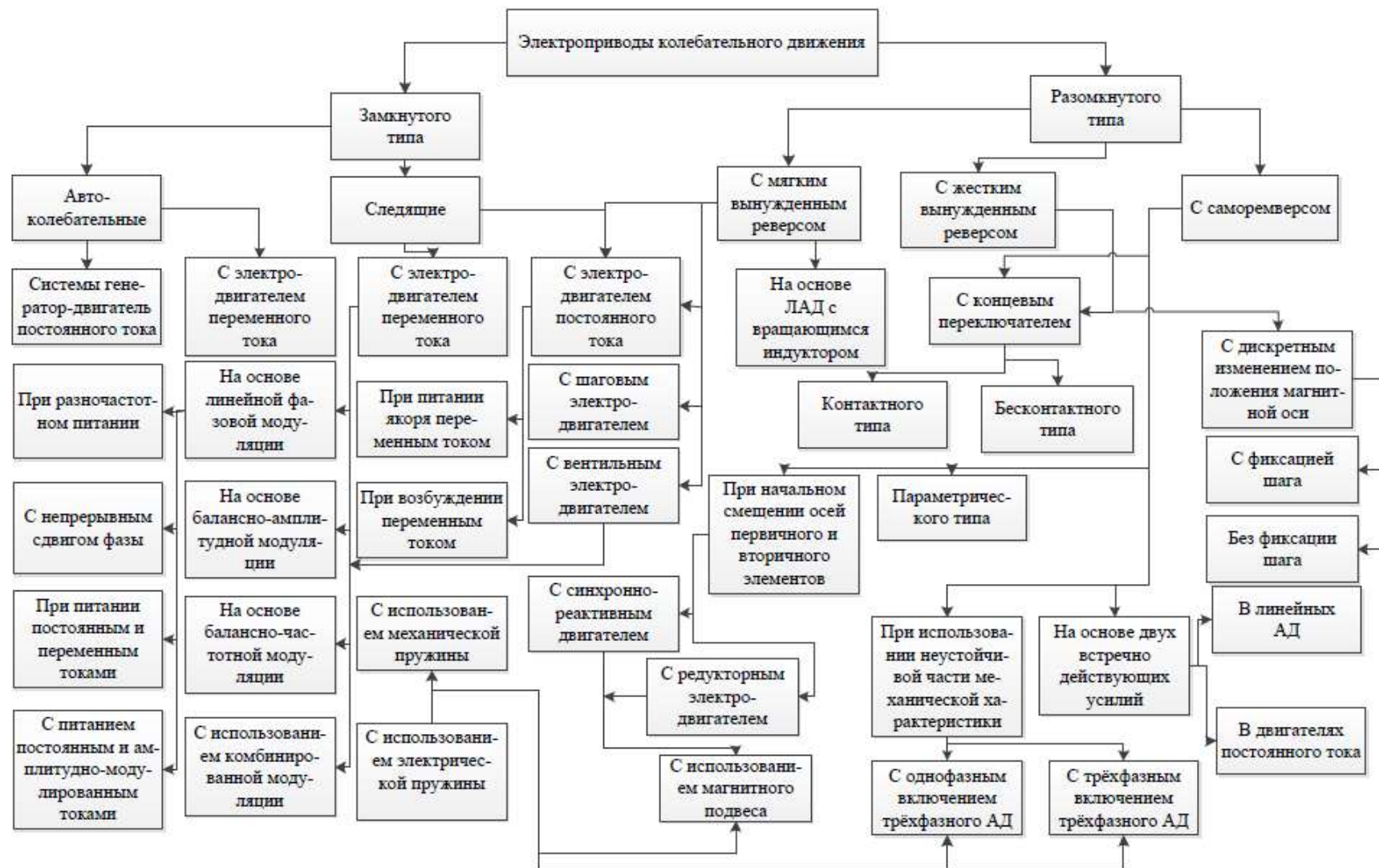


Рисунок 1.1 - Классификация электроприводов колебательного движения

Из-за того, что системы разомкнутого типа наиболее просты в техническом исполнении, они могут быть реализованы с вынужденным периодическим реверсом с помощью специального питания электродвигателей или с самореверсом при наличии автоколебательных процессов. При уменьшении электромагнитного усилия в момент смены направления движения до нуля, реверс может быть мягким, а при значительном изменении магнитного усилия, жестким.

В некоторых электроприводах колебательного движения с мягким вынужденным реверсом применяются такие же принципы, как в следящих электроприводах колебательного движения: питание переменным напряжением обмоток якоря либо возбуждения двигателя постоянного тока, использование разных типов модуляции напряжения питания первичного элемента двигателя переменного тока.

Наибольшее применение получила линейная фазовая модуляция, которая, в двухфазных АД, реализуется различными способами. Использование фазового способа дает возможность получить диапазоны плавного регулирования амплитуды, частоты и положения нейтрали колебаний до четырех порядков, представляет возможным формировать колебания различных законов без специальных задающих устройств периодических сигналов.

Вентильные двигатели с постоянным и модулированным питанием переменным напряжением имеют следующие преимущества: простота, надежность, реализация с помощью поочередного переключения управляемых вентилях вращательного и линейного движения при питании от однофазной и трехфазной сети.

При вращении дугового статора ВД вращательного движения или индуктора линейного ВД вокруг оси, перпендикулярной продольной оси двигателя, выполняется мягкий периодический реверс. Данный способ разрешает исключить высокочастотные пульсации магнитного поля,

неизбежные при питании напряжениями, модулированными по амплитуде и фазе.

Для осуществления колебательного движения в электроприводах с жестким периодическим реверсом применяются концевые контактные или бесконтактные переключатели полярности и фазы напряжения питания. При периодическом изменении положения оси магнитного поля с помощью переключения вентилей, которые включаются в фазные обмотки по одному или по два, соединенных встречно-параллельно, осуществляется жесткий реверс в электроприводах колебательного движения. Питающая сеть может быть переменного или постоянного тока. Вследствие использования переменного тока, по фазным обмоткам течет пульсирующий ток, из-за чего появляется эффект динамического торможения, который в конце шага дает более жесткую их фиксацию. Так как в момент переключения вентилей возникают большие ударные токи и момент, надежность таких электроприводов дискретных колебаний снижается.

В некоторых электроприводах колебательного движения применяется самореверс. Он возникает, например, при питании АД через конденсаторы или концевые переключатели, управляемые при движении ротора. Кроме того, в электроприводах, которые выполнены из двух частей, также совершается самореверс, так как в них формируются электромагнитные усилия, направленные навстречу друг другу.

Также есть автоколебательные АД, которые работают на неустойчивой части механической характеристики при однофазном и при трехфазном включении трехфазного АД. Связь колеблющейся нагрузки с ротором выполняется через пружину – механическую или «электрическую». «Электрическая» пружина в основном реализуется в виде отрицательной обратной связи по положению ротора, с помощью которой можно регулировать собственную частоту двигателя.

Явнополюсные электродвигатели, которые соединены с нагрузкой через пружину и имеют в нейтральном положении частично смещенные оси первичного и вторичного элементов имеют автоколебания.

Из-за простоты исполнения электропривода колебательного движения с самореверсом обеспечивают малые диапазоны регулирования параметров колебаний.

Исходя из рассмотренных принципов возбуждения колебаний наилучшими по управляемости в электродвигателях вращательного и поступательного движений можно признать принципы слежения за периодическим сигналом и мягкого вынужденного периодического реверса электромагнитного усилия.

Технические данные некоторых электроприводов колебательного движения приведены в таблице 1.1. Там же для сравнения указаны параметры электроприводов других типов.

Из таблицы 1.1 следует, что безредукторные электромашинные виброприводы обладают такими преимуществами, как большие диапазоны амплитуд и частот, которые создают линейные и угловые колебания. Диапазоны изменения режимов угловых и линейных колебаний, равные $10^{-5} - 5 \cdot 10^3$ м и $10^{-3} - 10^3$ рад по амплитуде, $10^{-3} - 4 \cdot 10^3$ Гц по частоте, $10^{-1} - 10^4$ м/с² и $5 \cdot 10^{-2} - 10^4$ рад/с² по ускорению, удовлетворяют техническим требованиям, предъявляемые различными отраслями народного хозяйства к режимам колебательного движения рабочего инструмента.

Таблица 1.1 - Технические данные основных типов электроприводов колебательного движения

Параметры режимов колебаний	Типы электроприводов колебательного движения						
	Эл/машинный с механическим преобразователем	Эл/динамический	Эл/магнитный	Эл/гидравлический	Индукционно-динамический	Стрикционный	Эл/машинный (без механического преобразователя)
Частота, Гц	$\frac{10^{-1} - 5 \cdot 10^2}{10^{-1} - 50}$	$\frac{10^{-1} - 10^3}{10^{-1} - 1 \cdot 10^2}$	$\frac{1 - 4 \cdot 10^3}{1 - 10^2}$	$\frac{10^{-3} - 10^3}{-}$	$\frac{1 - 50}{-}$	$\frac{150 - 5 \cdot 10^3}{-}$	$\frac{10^{-3} - 10^3}{10^{-3} - 4 \cdot 10^4}$
Амплитуда, $\frac{10^{-3} \text{ м}}{\text{рад}}$	$\frac{10^{-2} - 10^3}{5 \cdot 10^{-3} - 1,0}$	$\frac{10^{-4} - 2 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-3} - 10}$	$\frac{10^{-2} - 6 \cdot 10^2}{0,05 - 20}$	$\frac{10^{-2} - 2 \cdot 10^3}{-}$	$\frac{1 - 6 \cdot 10^2}{-}$	$\frac{10^{-6} - 20}{-}$	$\frac{10^{-2} - 5 \cdot 10^3}{10^{-3} - 10^3}$
Ускорение, $\frac{\text{м} / \text{с}^2}{\text{рад} / \text{с}^2}$	$\frac{0,2 - 5 \cdot 10^3}{0,8 - 10^2}$	$\frac{5 - 10^4}{1 - 5 \cdot 10^3}$	$\frac{10 - 3 \cdot 10^4}{50 - 5 \cdot 10^3}$	$\frac{4 - 10^4}{-}$	$\frac{25 - 5 \cdot 10^2}{-}$	$\frac{5 - 10^4}{-}$	$\frac{10^{-1} - 10^4}{5 \cdot 10^{-2} - 10^4}$
$\frac{\text{Усилие, Н}}{\text{Момент, кг} \cdot \text{м}}$	$\frac{10 - 10^4}{10^{-1} - 10^3}$	$\frac{1 - 5 \cdot 10^5}{10^{-3} - 10}$	$\frac{1 - 2 \cdot 10^5}{10^{-2} - 10}$	$\frac{10 - 5 \cdot 10^5}{-}$	$\frac{1 - 5 \cdot 10^5}{-}$	$\frac{10^{-3} - 1}{-}$	$\frac{10^{-1} - 10^3}{10^{-2} - 10^3}$
Относительная мощность, $\frac{\text{Вт} / \text{Н}}{\text{Вт} / (\text{кг} \cdot \text{м})}$	$\frac{0,1 - 0,5}{2 \cdot 10^3 - 10^4}$	$\frac{0,1 - 10}{10^3 - 10^4}$	$\frac{0,1 - 10}{10^3 - 10^4}$	$\frac{0,1 - 10}{-}$	$\frac{1 - 10^2}{-}$	$\frac{1 - 10^2}{-}$	$\frac{1 - 10^2}{5 \cdot 10^3 - 10^4}$

Относительная общая масса, $\frac{кг / Н}{кг \cdot м^2 / (кг \cdot м)}$	$\frac{0,01-2}{1-10}$	$\frac{0,05-3}{0,5-5}$	$\frac{0,1-10}{0,5-10}$	$\frac{0,05-0,5}{-}$	$\frac{0,05-1}{-}$	$\frac{1-50}{-}$	$\frac{0,05-1}{0,1-5}$
Относительная масса подвижной части, $\frac{кг / Н}{кг \cdot м^2 / (кг \cdot м)}$	$\frac{2 \cdot 10^{-4}-0,1}{10^{-1}-10}$	$\frac{10^{-4}-10^{-2}}{2 \cdot 10^{-3}-10^{-2}}$	$\frac{3 \cdot 10^{-5}-10^{-3}}{10^{-2}-10^{-1}}$	$\frac{10^{-4}-10^{-2}}{-}$	$\frac{2 \cdot 10^{-3}-10^{-2}}{-}$	$\frac{10^{-4}-10^{-3}}{-}$	$\frac{10^{-4}-5 \cdot 10^2}{10^{-3}-10^{-1}}$
Относительная вибрируемая масса, $\frac{кг / Н}{кг \cdot м^2 / (кг \cdot м)}$	$\frac{2 \cdot 10^{-4}-2}{10^{-1}-10}$	$\frac{10^{-4}-0,1}{2 \cdot 10^{-3}-5}$	$\frac{3 \cdot 10^{-5}-5 \cdot 10^2}{10^{-2}-10}$	$\frac{10^{-4}-10^{-1}}{-}$	$\frac{10^{-3}-4 \cdot 10^2}{-}$	$\frac{10^{-4}-10^{-1}}{-}$	$\frac{10^{-4}-5}{10^{-3}-10^2}$

Примечание. В числителе указаны параметры режима линейного колебания, а в знаменателе – углового.

Виброэлектропровода применяются в машиностроении (сборочное и металлообрабатывающее производства), металлургии (литейное производство, электрошлаковый переплав, порошковая металлургия), строительной индустрии, горной и лакокрасочной промышленности [3].

Осуществление регулируемого вибропривода на основе вентильного двигателя с ПМ достаточно реализуема с точки зрения динамики машины и возможностей управления, но он не долговечен в условиях ударных нагрузок. Однако, при работе на постоянную инерционную нагрузку, вентильные электропривода колебательного движения обеспечивают более высокие энергетические и динамические показатели.

Снижение себестоимости и использование всей полноты возможностей управления осуществляется использованием вентильно-индукторным двигателем (ВИД), также они обеспечивают простоту конструкции, высокую прочность ротора и технологичность изготовления.

Имеется большое число типовых схем реализации управления приводами. В самом простом варианте возможно использование готового решения на основе 4-фазной нулевой схемы с использованием двух датчиков Холла для вентильно-индукторного вибропривода. Для обеспечения требуемых законов колебаний в схеме используется позиционная коммутация с возможностью ШИМ-регулирования напряжения.

В сравнении с другими типами электромеханических преобразователей, ВИД описывается резким несинусоидальным изменением токов и потоков. При их проектировании использование классических методов не допустимо, которые базируются на допущении о синусоидальном характере распределения поля в воздушном зазоре.

Проводя оценку влияния угла коммутации на характеристики машины можно сказать, что при одиночной коммутации ВИД обладает сильно выраженной чувствительностью к установке датчиков положения ротора, при неправильной установке датчика положения ротора пульсации тягового усилия незначительны. Исходя из регулировочных характеристик угол

коммутации существенно влияет на форму колебаний момента, а напряжение питания и статическая нагрузка привода зависят от частоты. Напряжение питания и угол коммутации определяются амплитудой ускорения, а форма колебаний зависит от соотношения ускорений при разгоне и торможении.

Наиболее перспективным видится возможность формирования колебательного режима работы вентильного двигателя, по аналогии с АД, за счет питания его обмоток постоянным и переменным напряжением частоты колебаний. В этом случае обеспечивается мягкий периодический реверс, что существенно улучшает динамические показатели привода.

Применение микропроцессорной системы управления, датчиков положения ротора с высокой разрешающей способностью и ШИМ-регулирование фазных напряжений позволяет реализовать сложные законы колебаний. Построение механической части привода и характер нагрузки существенно влияет на динамические характеристики, которые значительно изменяются [4].

1.2. Классификация ВД и общее описание двигателей серии ДБМ

Предназначенные для работы в локально замкнутой или разомкнутой по углу системам регулирования бесконтактные моментные электродвигатели серии ДБМ, также находят широкое применение в следующих областях:

- в системах автоматического управления различного назначения в редукторном или без редукторном исполнении повышенной надежности и срока службы, в том числе работающих в особо тяжёлых условиях эксплуатации;
- в исполнительных системах управления роботов и манипуляторов; приводе лентопротяжных механизмов звуко- и видеозаписывающей аппаратуры, а также устройствах внешней памяти ЭВМ;
- в приводах мотор-колес электрифицированных транспортных средств, а также в качестве генераторов, например, в ветросиловых установках, для создания регулируемой нагрузки в велотренажерах и т.д.

Двигатель серии ДБМ 185-6-0,2-2 представляет собой тихоходный двухобмоточный шаговый двигатель. Каждый усилитель мощности управляет своей обмоткой двигателя. Последовательность намагничивания обмоток и их взаимное расположение задают направление вращения ротора. Обеспечение максимальной возможной статической добротности в роторах данных электродвигателей достигается применением высококоэрцитивных постоянных магнитов. А также эти магниты обеспечивают устойчивость электродвигателя к значительным перегрузкам по току и моменту и допускают отсутствие специальных мер защиты их от размагничивания. Увеличение воздушного зазора между статором и ротором достигается применением высококоэрцитивных постоянных магнитов, что в свою очередь облегчает монтаж двигателя и механизмов.

В двигателях серии ДБМ приняты два конструктивных исполнения статора:

- Гладкий статор с обмоткой, которая располагается в воздушном зазоре, что обеспечивает отсутствие реактивного остаточного момента сопротивления и пульсации вращающего момента;
- Пазовый статор с обмоткой, уложенной в пазы сердечника, которая обеспечивает более высокую статическую добротность.

Применяемый двигатель сконструирован с пазовым статором. Габариты и чертеж двигателя представлены на рисунке 1.2.

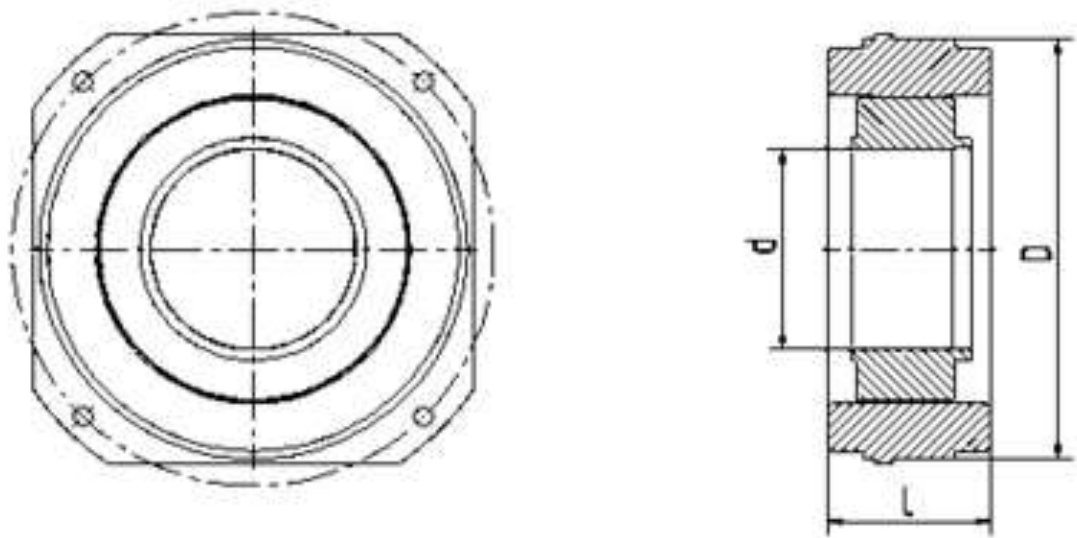


Рисунок 1.2 - Двигатель ДБМ с пазовым статором

ДБМ 185-6-0,2-2 – данная серия шаговых двигателей является тихоходной и имеет в своем составе две обмотки. Каждой из которых управляет свой отдельный усилитель мощности. Направление поворота ротора будет задаваться очередностью намагничивания обмоток и их расположение. Для получения максимальной возможной добротности ротора бесконтактного моментного двигателя применяются дорогие высококоэрцитивные магниты, которые выполняются из редкоземельных элементов. Например, из Самарий-Кобальта. То же самое можно сказать и о двигатели ДБМ 150-4-1,5-3. Технические параметры двигателей серии ДБМ представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Технические параметры двигателей серии ДБМ

Условное обозначение двигателя	ДБМ 185-6-0,2-2	ДБМ 150-4-1,5-3
Наружный диаметр статора D	185	150
Внутренний диаметр ротора d	66	72
Осевая длина, L не более	66,5	63,5
Число пар полюсов	8	8
Число фаз	2	3
Номинальное напряжение питания	27	27
Частота вращения при идеальном холостом ходе, об/мин	190-230	1720-1910
Пусковой момент	11,2	37,4
Сопротивление секции фазы постоянному току при температуре 20°C, Ом	1,13-1,4	0,1-0,13
Электромагнитная постоянная времени фазы, мс, не более	2,0	1,8
Момент инерции ротора	0,009	0,003
Момент сопротивления при обесточенных обмотках	0,6	0,4
Предельно допустимая амплитуда тока в фазе обмотки статора	37,5	165
Термическое сопротивление статора	0,1-0,15	0,15-0,2
Масса	5,4	3,0
Электромеханическая постоянная времени	15,0	14,3
Материал магнитов	Самарий-Кобальт	Самарий-Кобальт

Достоинства и недостатки ВД

Достоинства:

- высокое быстродействие и динамика, точность позиционирования;
- широкий диапазон изменения частоты вращения;
- бесконтактность и отсутствие узлов, требующих техобслуживания - бесколлекторная машина;

- возможность использования во взрывоопасной и агрессивной среде;
- большая перегрузочная способность по моменту;
- высокие энергетические показатели (КПД более 90 % и $\cos\varphi$ более 0,95);
- большой срок службы, высокая надёжность и повышенный ресурс работы за счёт отсутствия скользящих электрических контактов;
- низкий перегрев электродвигателя, при работе в режимах с возможными перегрузками.

Недостатки:

- относительно сложная система управления двигателем;
- необходимо полупроводниковое устройство, управление более сложное и дорогое, чем у других типов электродвигателей.

1.3. Методы регулирования собственной частоты электропривода колебательного движения

Диапазон применения вентильных электроприводов колебательного движения (ВКЭД) существенно расширится, если использовать управление параметрами колебаний за счет изменения собственной частоты колебательной системы. Перспективным в этом плане является использование «электрической пружины» в виде электромеханической обратной связи по положению ротора колебательного электродвигателя. При этом в двигателе создается усилие, пропорциональное смещению и направленное навстречу возмущающей силе. Изменением модуля коэффициента передачи петли обратной связи осуществляется электрическое регулирование жесткости колебательной системы и, соответственно, собственной частоты колебаний. [2]

Для обеспечения колебательного режима работы ВД и регулирования собственной частотой колебаний за счет электромеханической обратной связи по положению фазные напряжения вентильного двигателя (ВД) имеют вид

$$\begin{cases} U_d = U; \\ U_q = U_{1m} \sin(\Omega t + \alpha) - U_{2m} \operatorname{sign} \chi \end{cases} \quad (1.1),$$

где U_{1m} , U_{2m} – амплитудные значения напряжений соответственно обмотки возбуждения и обратной связи; α – начальная фаза питающего напряжения; χ – закон движения подвижного элемента привода, знак «-» соответствует отрицательной обратной связи по положению; Ω – частота задающего генератора, численно равная частоте колебаний подвижного элемента двигателя.

Электромагнитное усилие колебательного электродвигателя определяется тремя составляющими: электромагнитным демпфированием двигателя $q_{\Delta}(\xi, t)$, усилием от электромеханической обратной связи $q_{oc}(\chi, t)$ и пусковым усилием $q_B(t) \sin(\Omega t + \gamma)$:

$$q_{ЭМ}(\xi, \chi, t) = -q_{\Delta}(\xi, t) + q_{oc}(\chi, t) + q_B(t) \sin(\Omega t + \gamma) \quad (1.2)$$

Амплитуда первой гармоники координаты положения ротора:

$$\chi_m = \frac{f_B}{\chi_0 \sqrt{(\rho_{мех} - f_{oc} - T_{д.н.} \cdot \Omega^2)^2 + (\varepsilon_{мех} + f_{\Delta})^2 \cdot \Omega^2}} \quad (1.3),$$

где f_{δ} , f_{Δ} , f_{oc} – относительные электромагнитное пусковое (возмущающее) усилие, электромагнитное демпфирование двигателя и усилие от электромеханической обратной связи; $T_{д.н.}$ – постоянная времени двигателя и нагрузки; χ_0 – базовый размер электродвигателя.

Уравнения (1.1), (1.2) и (1.3) являются определяющими для получения различных рабочих характеристик колебательного электропривода: амплитудно-фазочастотных силовых и кинематических, регулировочных, механических, энергетических и т. д.

Для достижения максимальной мощности, отдаваемой в нагрузку, необходимо использовать резонансный амплитудно-частотный режим работы, управление которым осуществляется регулированием собственной частоты колебаний за счет электромеханической обратной связи по положению (ЭМОС).

При положительной ЭМОС увеличение относительного усилия от электромеханической обратной связи (f_{oc}) приводит к увеличению амплитуды колебаний, а резонансный пик и собственная частота электромеханической колебательной системы КЭП смещаются влево. В случае равенства f_{oc} и $\rho_{мех}$ колебательная система теряет резонансные свойства, и амплитуда колебаний резко уменьшается.

Введение отрицательной ЭМОС несколько уменьшает амплитуду колебаний относительно амплитуды механического резонанса ($f_{oc}=0$), а собственная частота колебаний смещается вправо.

На величину амплитуды колебаний сильное влияние оказывает демпфирование электромеханической колебательной системы. И если $\varepsilon_{мех}$ уменьшает амплитуду колебаний, то относительное электромагнитное

демпфирование двигателя (f_{Δ}), обусловленное нежесткостью статической механической характеристики ВД, при отрицательных значениях увеличивает амплитуду колебаний, компенсируя $\varepsilon_{\text{мех}}$.

То есть, если соответствующим образом подобрать зависимость между f_{oc} , f_{Δ} и Ω (частота колебаний), то собственную частоту и амплитуду колебаний можно регулировать в достаточно широких пределах, поддерживая тем самым энергетически выгодный резонансный режим работы.

Аналитические зависимости коэффициента обратной связи k_{oc} от относительной частоты колебаний α_o , параметров двигателя и нагрузки, обеспечивающие требуемые законы изменения резонансной амплитуды $\lambda(\alpha_o)$ и ускорения $a(\alpha_o)$ колебаний соответственно

$$\begin{aligned} k_{oc} &= 1 - \alpha_0^2 \pm \sqrt{\frac{1 - 4\beta^2(1+\varepsilon)^2\alpha_0^2\lambda^2(\alpha_0)}{\lambda^2(\alpha_0)}} \\ k_{oc} &= 1 - \alpha_0^2 \pm \sqrt{\frac{\alpha_0^2 - 4\beta^2(1+\varepsilon)^2\alpha_0^2a(\alpha_0)}{a^2(\alpha_0)}} \end{aligned} \quad (1.4)$$

При нулевом демпфировании постоянство амплитуды и ускорения колебаний можно осуществить во всем диапазоне частот колебаний, изменяя k_{oc} по параболическому закону. Наличие демпфирования в колебательной системе уменьшает интервал частот, в котором возможно получение постоянства амплитуд и ускорений.

Вентильные КЭП с регулируемой собственной частотой имеют ряд преимуществ по сравнению с существующими:

- значительный меньший уровень шума;
- меньшие массо-габаритные показатели (примерно в 5 раз);
- меньшую потребляемую мощность (в 4-5 раз);
- полное отсутствие вибрации на рабочем месте оператора;
- возможность получения низких частот колебаний (до 0,01 Гц).

Метод регулирования параметров колебаний за счет электромеханической обратной связи по положению позволяет упростить

конструкцию резонансных КЭП и управлять параметрами колебаний при высокой стабильности и энергетически выгодном резонансном режиме работы.

Проеденные ранее аналитические и экспериментальные исследования вентильных КЭП с регулируемой собственной частотой показали, что при проектировании их следует стремиться к выполнению следующих основных положений:

- режим работы при частоте электромеханического резонанса является наиболее выгодным в энергетическом отношении, но, с целью уменьшению неустойчивости параметров колебаний, следует использовать дорезонансный режим с отрицательной обратной связью;
- для обеспечения постоянства амплитуды и ускорения колебаний коэффициент обратной связи в зависимости от частоты колебаний должен изменяться по параболическому закону;
- с целью увеличения амплитуды колебаний активное сопротивление ротора КЭД следует уменьшать по сравнению с номинальным в 2,5-3 раза; а частоту питающего напряжения – в 1,5-2 раза;
- электрическая и механическая прочность КЭП должна быть такова, чтобы трехкратные по сравнению с номинальными перегрузки по току и усилию не разрушали его.

2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

2.1. Математическое описание ВД в режиме колебательного движения

При анализе вентильной машины обычно используется вращающаяся со скоростью ротора система координат.

Связь между вращающейся и неподвижной системами координат рассмотрена ниже.

$$\begin{aligned} \vec{i}_{S.Br} &= \vec{i}_{S.H} \cdot e^{-j\omega t}, \quad i_d = i_{S\alpha} \cdot \cos \omega t + i_{S\beta} \cdot \sin \omega t \\ i_q &= i_{S\beta} \cdot \cos \omega t - i_{S\alpha} \cdot \sin \omega t \\ \vec{i}_{S.H} &= \vec{i}_{S.Br} \cdot e^{j\omega t}, \quad i_{S\alpha} = i_d \cdot \cos \omega t - i_q \cdot \sin \omega t \\ i_{S\beta} &= i_q \cdot \cos \omega t + i_d \cdot \sin \omega t \end{aligned} \quad (2.1),$$

где $i_{S.Br}$ – статорный ток во вращающейся системе координат, $i_{S.H}$ – статорный ток в не вращающейся системе координат.

При переходе к вращающимся координатам уравнение электрического равновесия преобразуется к виду:

$$\vec{u}_S = R_S \cdot \vec{i}_S + L_S \cdot \frac{d\vec{i}_S}{dt} + j \cdot \omega \cdot L_S \cdot \vec{i}_S + j \cdot \omega \cdot \vec{\Phi}_0 \quad (2.2),$$

где R_s – активное сопротивление статора; L_s – полная индуктивность фазы статора; i_s – ток статора в неподвижной системе координат; Φ_0 – результирующий вектор потока машины.

Разложив результирующие вектора электромагнитных переменных состояния по осям d и q , получим скалярное описание машины. При этом ось d совмещается с осью потока ротора.

$$\left. \begin{aligned} u_d &= R_S \cdot i_d + L_S \cdot \frac{di_d}{dt} - \omega \cdot L_S \cdot i_q \\ u_q &= R_S \cdot i_q + L_S \cdot \frac{di_q}{dt} + \omega \cdot L_S \cdot i_d + \omega \cdot \Phi_0 \\ M &= \frac{3}{2} \cdot p \cdot \Phi_0 \cdot i_q \\ J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} &= M - M_H \end{aligned} \right\} \quad (2.3),$$

где принято

$$\vec{u}_S = u_d + j \cdot u_q, \quad \vec{i}_S = i_d + j \cdot i_q, \quad \vec{\Phi}_0 = \Phi_0 \quad (2.4)$$

Уравнение нагрузки в абсолютных величинах будет иметь вид:

$$M_H = L_{\text{мех}} \frac{d^2 \chi}{dt^2} + R_{\text{мех}} \frac{d\chi}{dt} + C_{\text{мех}} \quad (2.5),$$

где $L_{\text{мех}}$, $C_{\text{мех}}$, $R_{\text{мех}}$ – коэффициенты инерционного, позиционного и демпфирующего усилия нагрузки соответственно; χ – закон движения подвижного элемента двигателя.

При анализе снова вводятся относительные переменные. В качестве базовых величин принимаются:

$$U_b = \sqrt{2} \cdot U_\Phi, \quad I_b = \frac{U_b}{R_S}, \quad \omega_b = \frac{U_b}{\Phi_0}, \quad M_b = \frac{3}{2} \cdot p \cdot \Phi_0 \cdot I_b \quad (2.6)$$

В относительных величинах уравнения (2.3) запишутся в виде:

$$\left. \begin{aligned} \bar{u}_d &= \bar{i}_d + \bar{T}_S \cdot \frac{d\bar{i}_d}{dt} - \bar{\omega} \cdot \bar{T}_S \cdot \bar{i}_q \\ \bar{u}_q &= \bar{i}_q + \bar{T}_S \cdot \frac{d\bar{i}_q}{dt} + \bar{\omega} \cdot \bar{T}_S \cdot \bar{i}_d + \bar{\omega} \\ \bar{T}_m \cdot \frac{d\bar{\omega}_m}{dt} &= \bar{m} - \bar{m}_H, \quad \bar{m} = \bar{i}_q \end{aligned} \right\} \quad (2.7),$$

где относительные переменные и параметры определены выражениями:

$$\bar{u} = \frac{\vec{u}}{U_b}, \quad \bar{i} = \frac{\vec{i}}{I_b}, \quad \bar{\omega} = \frac{\omega}{\omega_b}, \quad \bar{m} = \frac{M}{M_b}, \quad \bar{T}_S = \frac{\omega_b \cdot L_S}{R_S}, \quad \bar{T}_m = \frac{J \cdot \omega_b^2}{M_b}, \quad \bar{t} = \omega_b \cdot t \quad (2.8)$$

$$U_b = \sqrt{2} \cdot U_\Phi = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot R_S = \sqrt{2} \cdot 10,2 \cdot 2,64 = 38,08 \text{ В}$$

$$I_b = \frac{U_b}{R_S} = \frac{38,08}{2,64} = 14,424 \text{ А}$$

$$\omega_b = p \cdot \omega_{m0} = 8 \cdot 20,41 = 163,281 / \text{с}$$

$$\Phi_0 = \frac{U_b}{\omega_b} = \frac{38,08}{163,28} = 0,233 \text{ Вб}$$

$$M_b = \frac{3}{2} \cdot p \cdot \Phi_0 \cdot I_b = \frac{3}{2} \cdot 8 \cdot 0,233 \cdot 14,424 = 40,33 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Относительные параметры:

$$\overline{T}_S = \frac{\omega_b \cdot L_S}{R_S} = \frac{163,28 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3}}{2,64} = 0,087 \text{ с}$$

$$\overline{T}_m = \frac{J \cdot \omega_b^2}{M_b} = \frac{9 \cdot 10^{-3} \cdot 163,28^2}{40,33} = 1,47 \text{ с}$$

В качестве примера, на рисунке 2.2 представлены выходные характеристики вентильного электропривода колебательного движения при отсутствии отрицательной обратной связи по положению и $L_{\text{мех}} = 0,68$; $R_{\text{мех}} = 0,2$; $C_{\text{мех}} = 0$. На нем верхняя характеристика - соответствуют электромагнитному моменту $M=(t)$, вторая – скорости $\omega=(t)$ и нижняя - положению координаты подвижного элемента привода $\chi=(t)$.

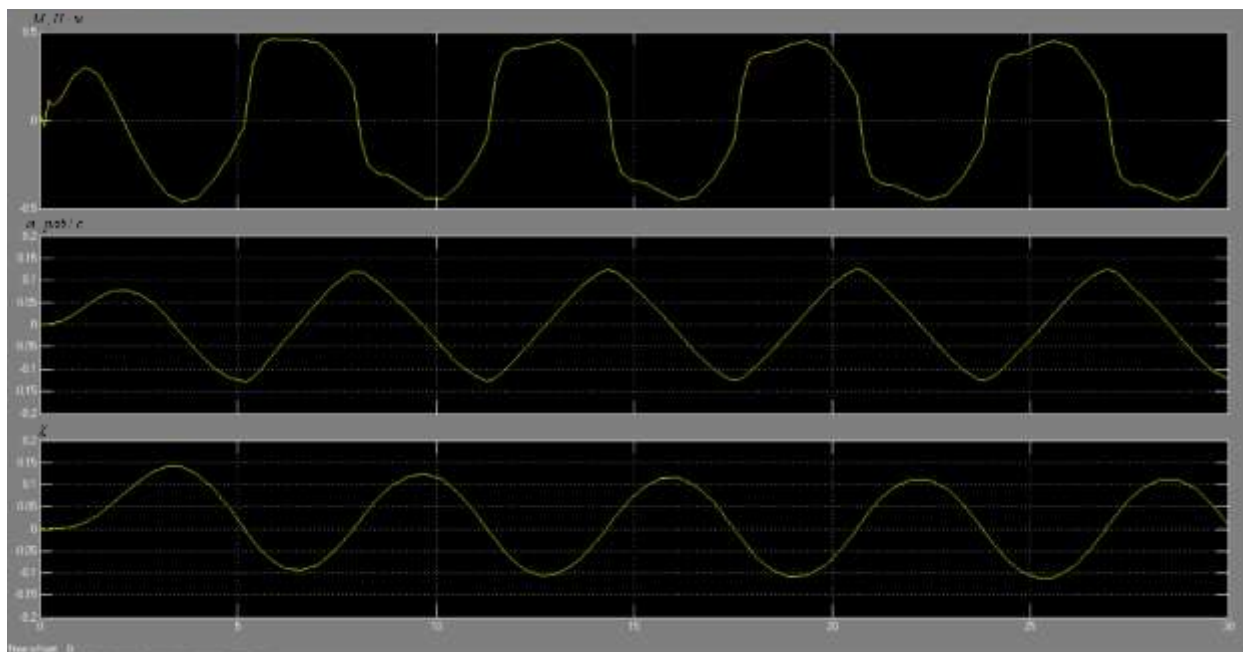


Рисунок 2.2 - Выходные характеристики вентильного электропривода
колебательного движения

Как видно, закон движения подвижного элемента привода имеет гармонический характер. Следует также отметить, что в отличие от асинхронного электропривода отсутствует смещение нейтрального положения, что является необходимым условием при формировании колебаний для большинства технологических установок.

3. АНАЛИЗ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

3.1. Рабочие характеристики

В соответствии с имитационной моделью, показанной на рисунке 2.1, были сняты рабочие характеристики вентильного двигателя колебательного движения с учетом и без обратной связи по положению:

1. Амплитудные кинематические $\chi_m(\Omega)$ и силовые $M_m(\Omega)$ характеристики

Полученные характеристики были сняты при следующих параметрах нагрузки: $L_{мех} = 0,63$; $R_{мех} = 0,2$; $C_{мех} = 0$; $U_{m3} = \text{var}$; $\Omega = \text{var}$.

Изменяя частоту колебаний, получаем амплитудную кинематическую (рисунок 3.1) и силовую характеристики (рисунок 3.2) для различных значений глубины обратной связи по положению.

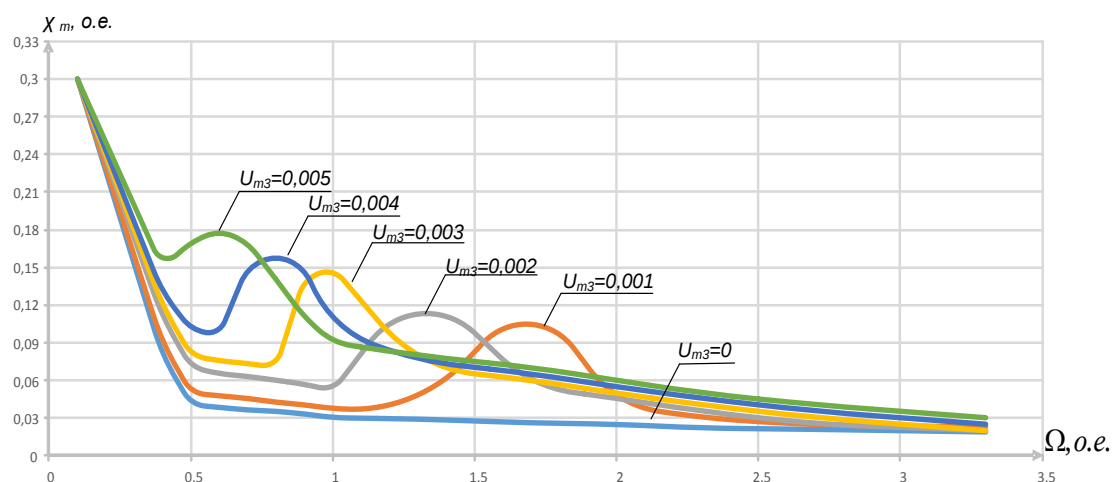


Рисунок 3.1 - График зависимости $\chi_m(\Omega)$ амплитуды координаты движения от частоты

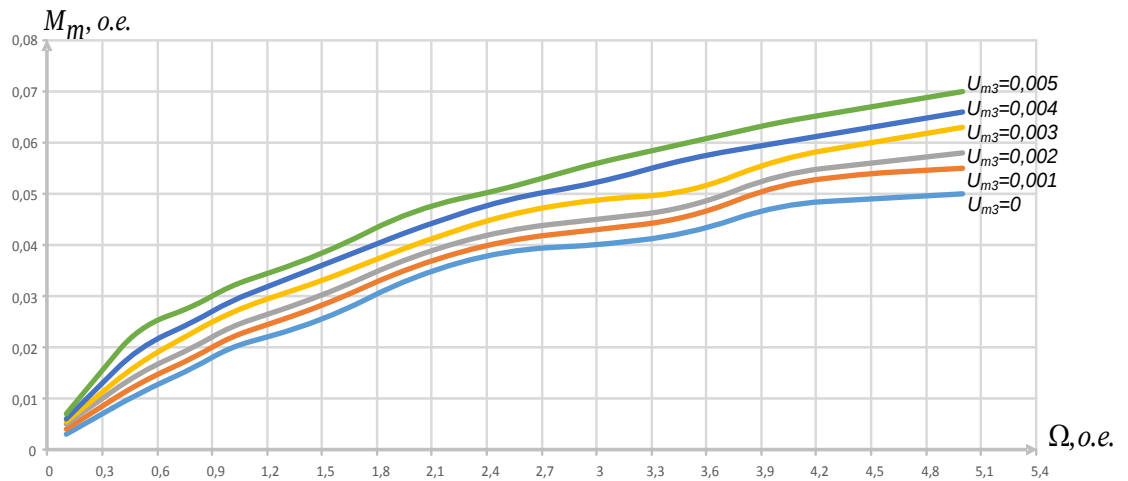


Рисунок 3.2 - График зависимости $M_m(\Omega)$ момента от частоты

Исследования показали, что введение ООС по положению позволяет изменять собственную частоту вентильного электропривода колебательного движения (рисунок 3.1) и формировать резонансный режим работы в заданном частотном диапазоне колебаний.

2. Механические амплитудные характеристики по координате

$\chi_m(M_m)$ и скорости $\omega_m(M_m)$ при $\Omega = \text{var}$

$$L_{\text{мех}} = 0,63; R_{\text{мех}} = 0,2; C_{\text{мех}} = 0; U_{m3} = 0$$

Они получены при изменении частоты колебаний и отсутствии ООС по положению (рисунок 3.4 - 3.5).

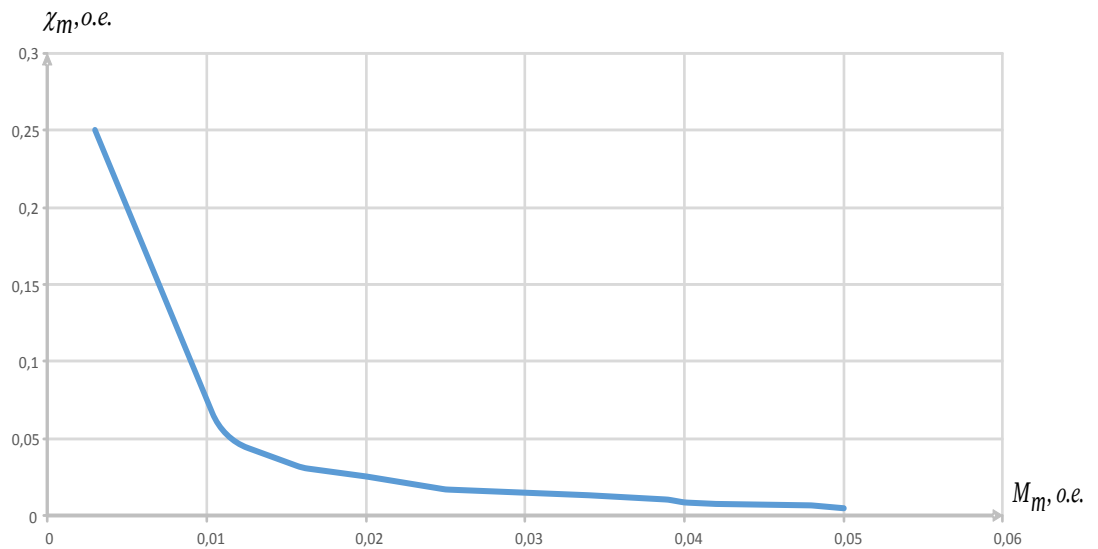


Рисунок 3.3 - График зависимости $\chi_m(M_m)$ амплитуды координаты движения от амплитуды электромагнитного момента вентильного двигателя

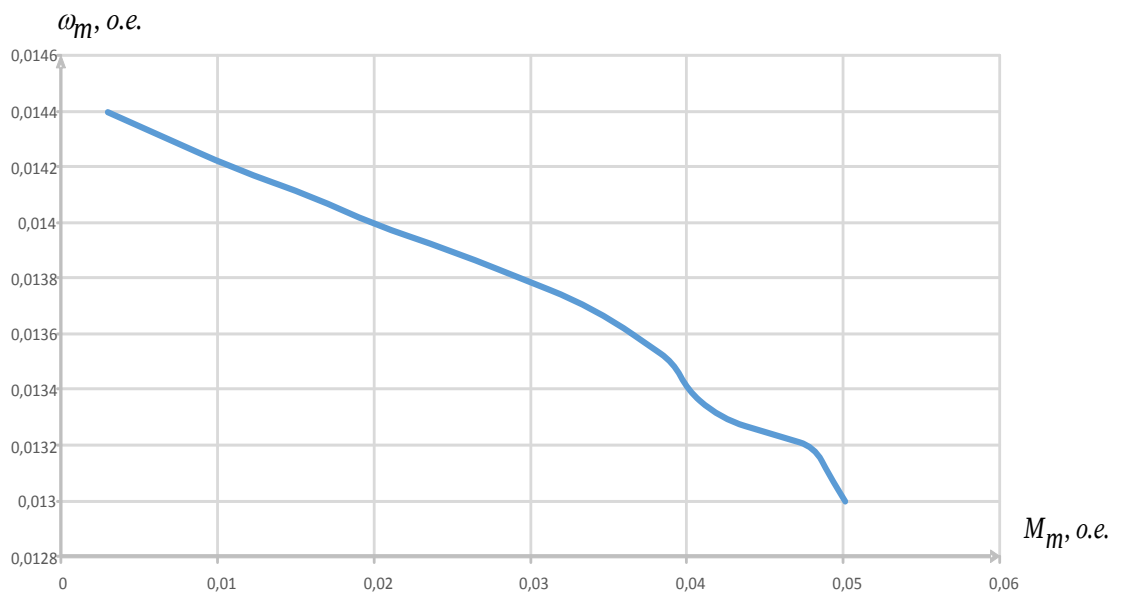


Рисунок 3.4 - График зависимости $\omega_m(M_m)$ скорости от амплитуды электромагнитного момента вентильного двигателя

Исходя из построенных зависимостей можно сказать, что с увеличением амплитуды момента при изменении частоты колебаний, амплитуда колебаний и скорости уменьшаются по экспоненциальной и практически линейной зависимости.

3. Регулировочные характеристики $\chi_m(\Omega, \gamma, \alpha)$, $\omega_m(\Omega, \gamma, \alpha)$, $M_m(\Omega, \gamma, \alpha)$;

Данные характеристики устанавливают зависимости выходных параметров электропривода колебательного движения при регулировании частоты колебаний, амплитуды и начальной фазы напряжения U_d :
 $\Omega = \text{var}$; $\gamma = \text{var}$; $\alpha = \text{var}$.

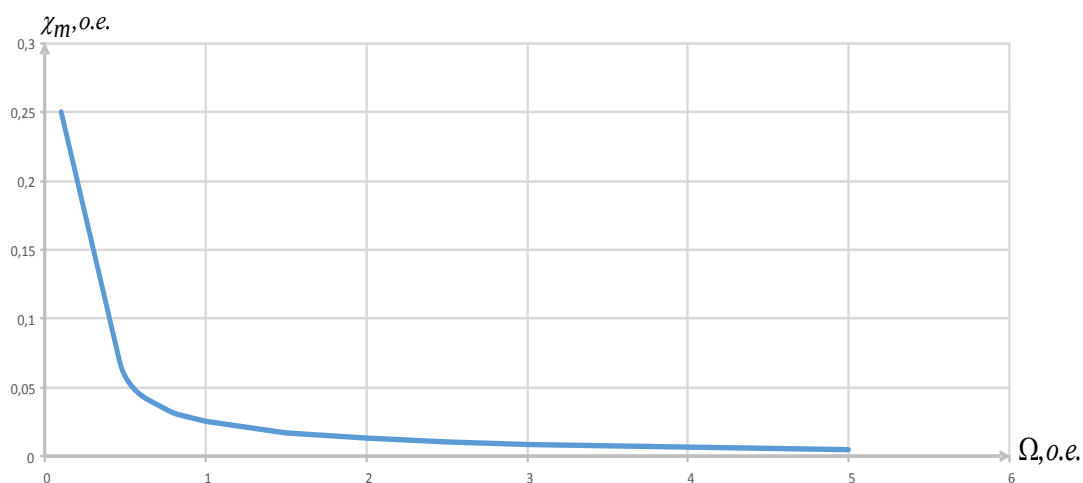


Рисунок 3.5 - График зависимости $\chi_m(\Omega)$ амплитуды координаты движения от частоты

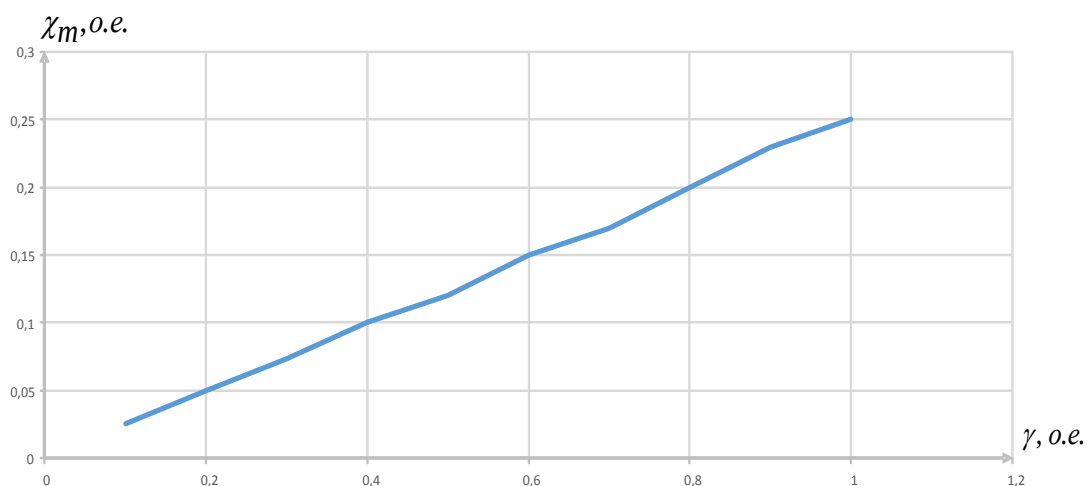


Рисунок 3.6 - График зависимости $\chi_m(\gamma)$ амплитуды координаты движения от амплитуды напряжения U_d

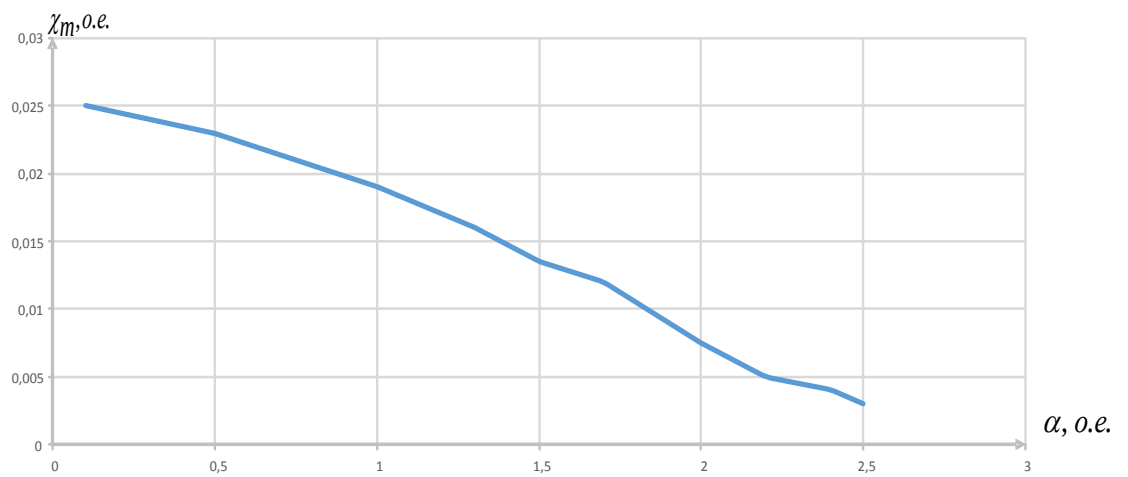


Рисунок 3.7 - График зависимости $\chi_m(\alpha)$ амплитуды координаты движения от начальной фазы напряжения U_d

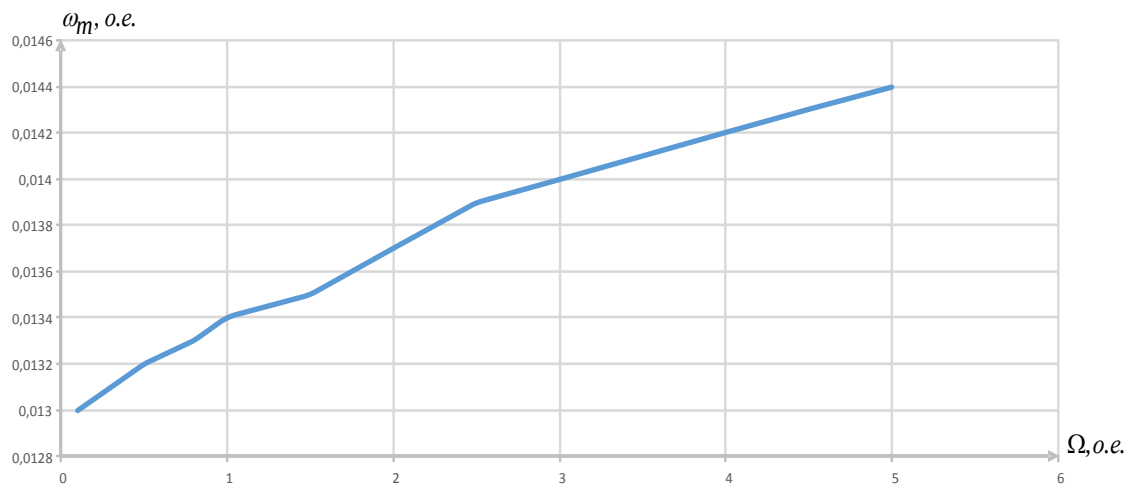


Рисунок 3.8 - График зависимости $\omega_m(\Omega)$ амплитуды скорости от частоты колебаний

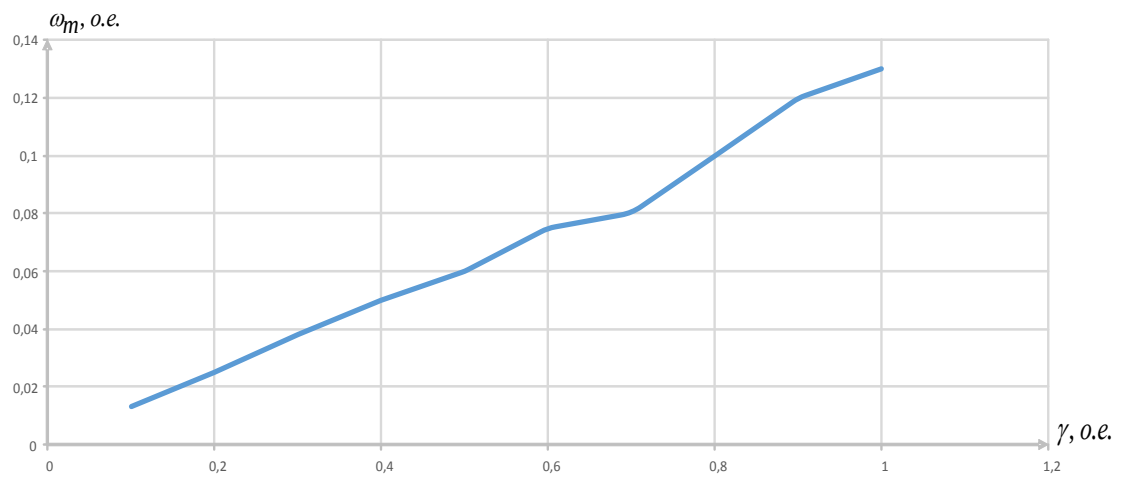


Рисунок 3.9 - График зависимости $\omega_m(\gamma)$ амплитуды скорости от амплитуды напряжения U_d

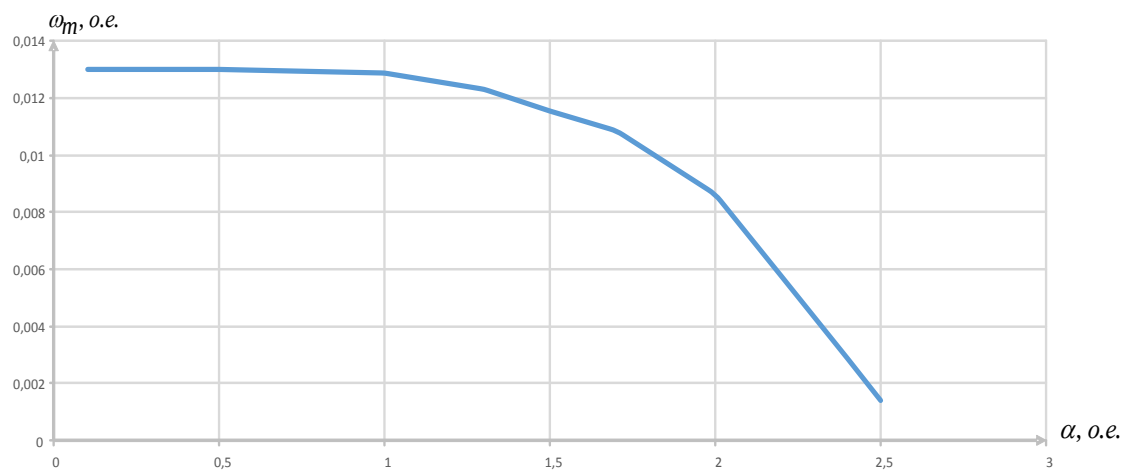


Рисунок 3.10 - График зависимости $\omega_m(\alpha)$ амплитуды скорости от фазы напряжения U_d

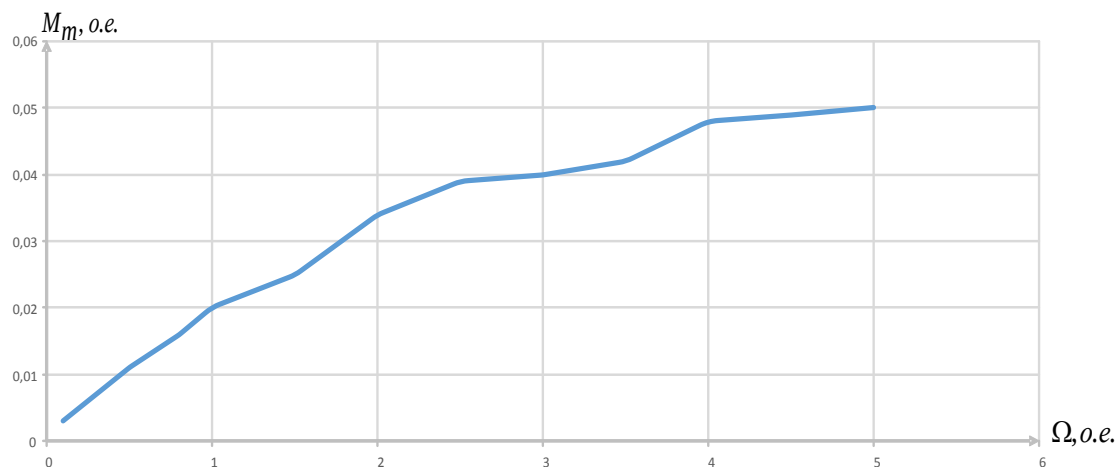


Рисунок 3.11 - График зависимости $M_m(\Omega)$ момента от частоты

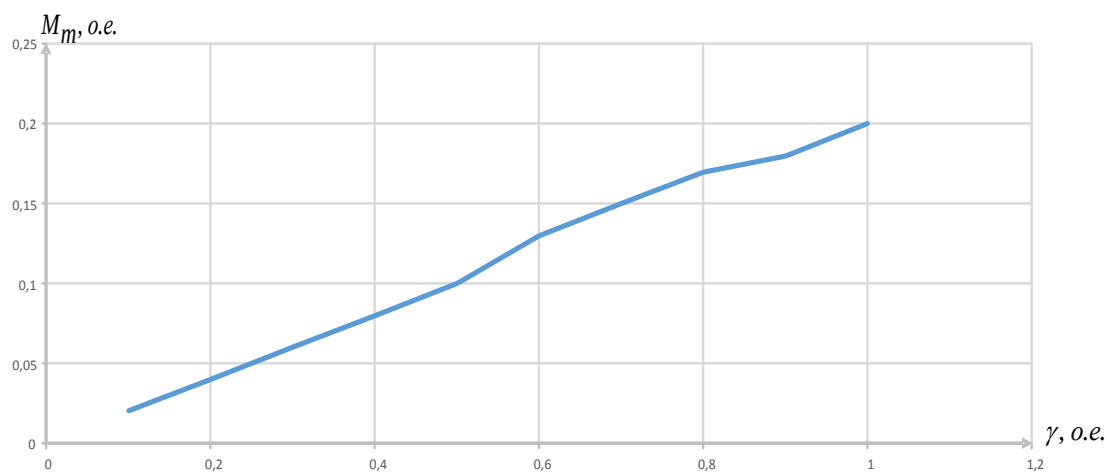


Рисунок 3.12 - График зависимости $M_m(\gamma)$ момента от амплитуды напряжения U_d

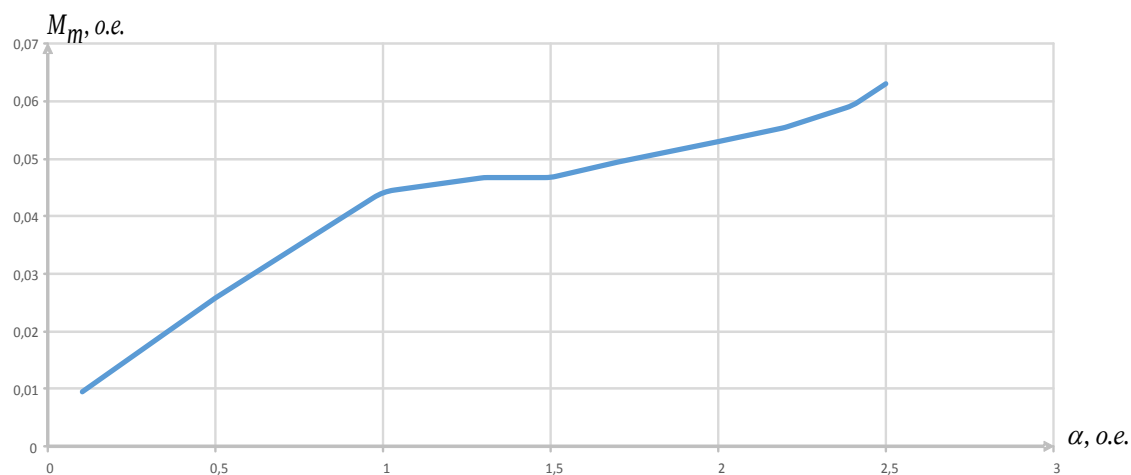


Рисунок 3.13 - График зависимости $M_m(\alpha)$ момента от фазы напряжения U_d

На рисунках 3.6, 3.9, 3.12 зависимости имеют линейный вид и с увеличением амплитуды колебаний увеличиваются амплитуда координаты движения, скорость и момент. А зависимости, изображенные на рисунках 3.8 и 3.11, имеют почти линейный вид.

4. Динамические характеристики $M_{y\partial}(t)$, $I_{y\partial}(t)$ при $\Omega = \text{var}$.

В качестве динамических показателей вентильного электропривода колебательного движения рассматривались значение ударного момента и тока по обмотке q .

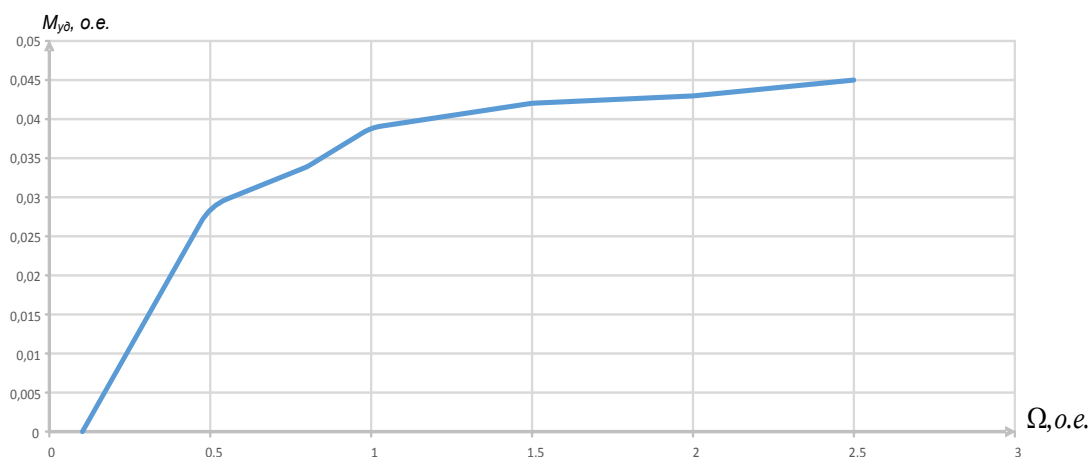


Рисунок 3.14 - График зависимости $M_{y\partial}(t)$ ударного момента от частоты

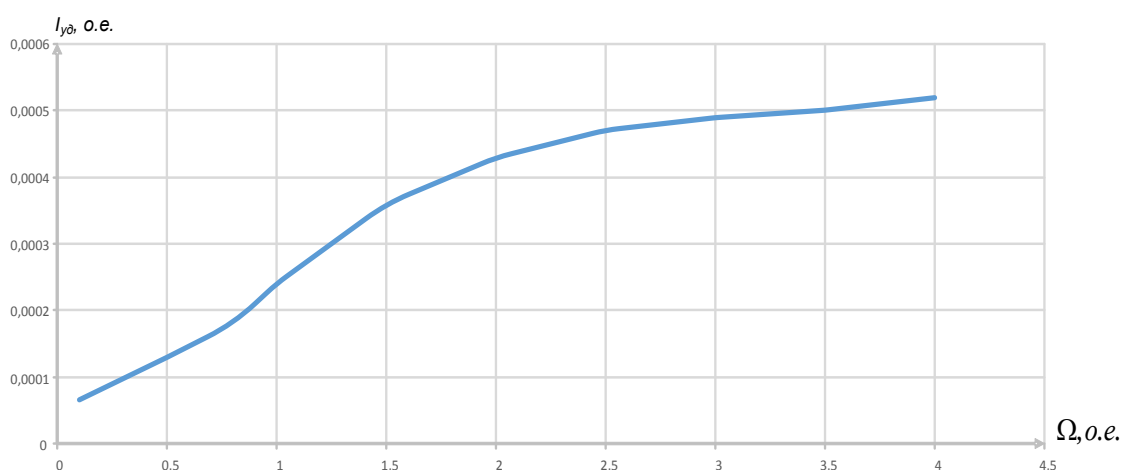


Рисунок 3.15 - График зависимости $I_{y\partial}(t)$ ударного тока от частоты

Как видно из рисунков 3.14 и 3.15, данные зависимости не линейны и при увеличении частоты колебаний их значения увеличиваются.

3.2. Влияние параметров нагрузки на выходные характеристики электропривода при различных способах регулирования собственной частоты

Для снятия рабочих характеристик регулируется параметр демпфирующей нагрузки R_{mex} и L_{mex} при частоте колебаний $\Omega = 10.e.$, а также глубина обратной связи $U_{m3}=(0,001\div 0,005)$.

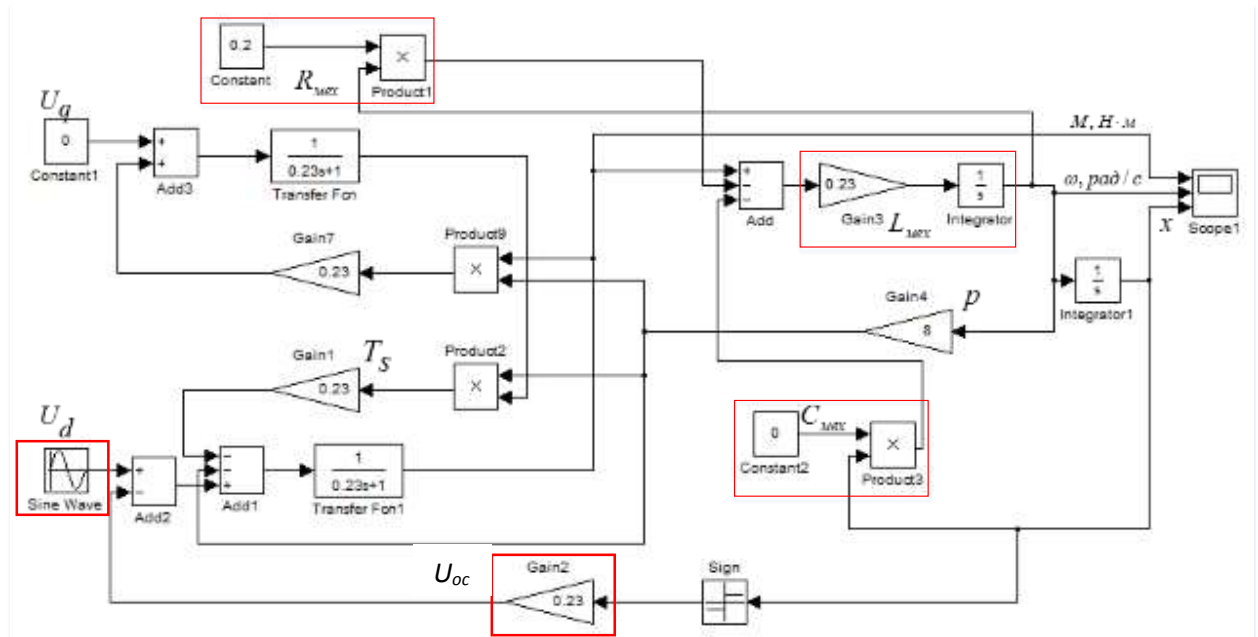


Рисунок 3.16 - Имитационная модель вентильного электропривода колебательного движения

На рисунках 3.17 и 3.18 представлены графики, иллюстрирующие влияние демпфирующей и инерционной нагрузок и глубины обратной связи на выходные характеристики.

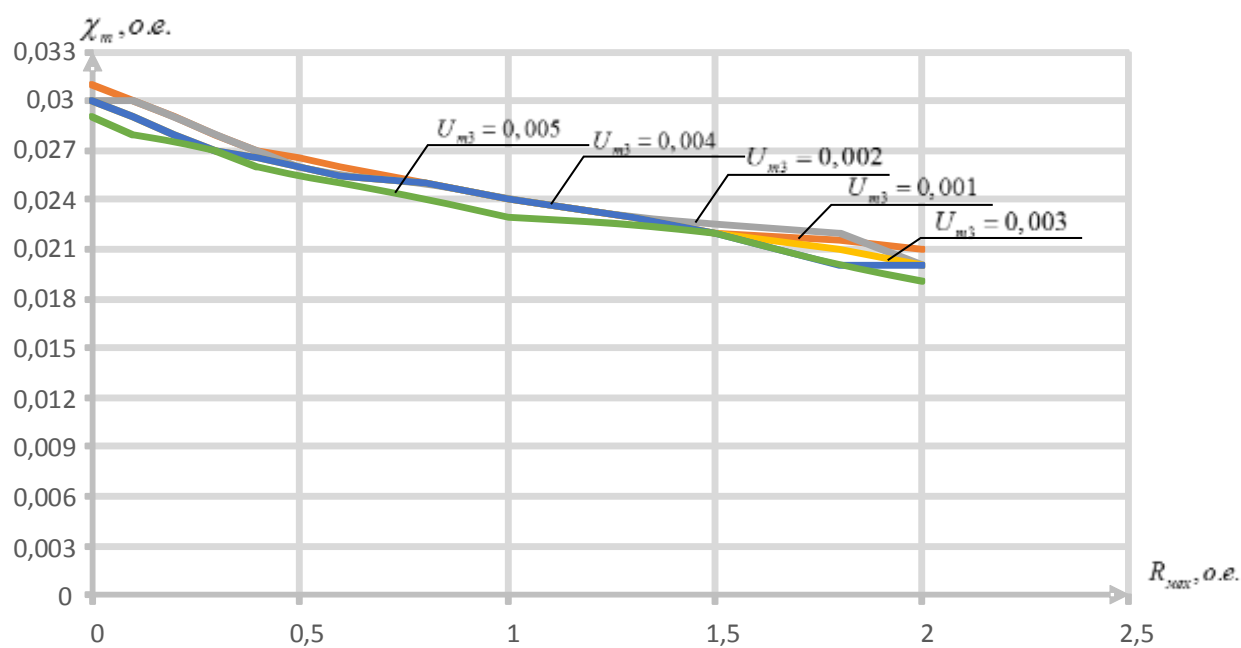


Рисунок 3.17 - График зависимости амплитуды координаты движения от демпфирующей нагрузки

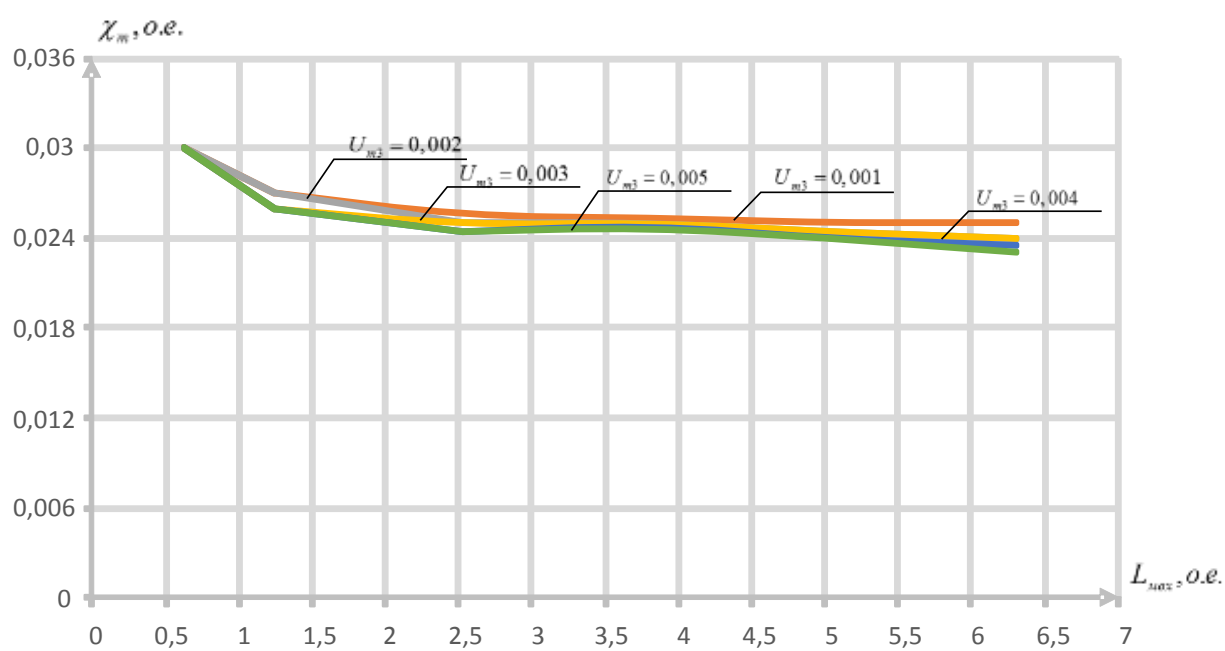


Рисунок 3.18 - График зависимости амплитуды координаты движения от инерционной нагрузки

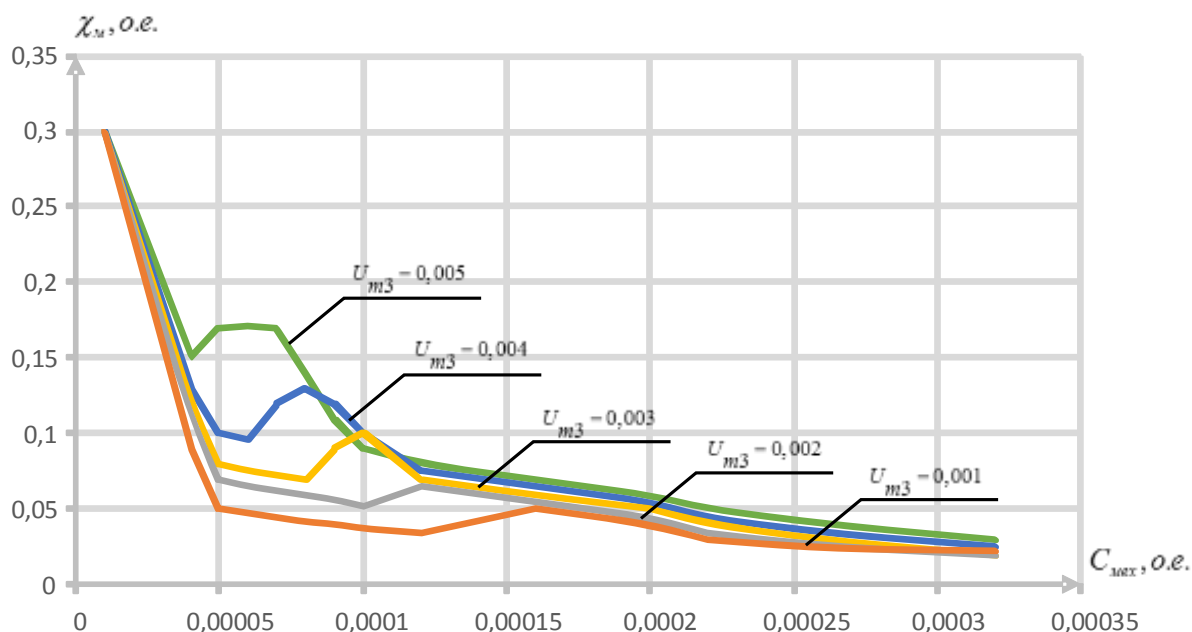


Рисунок 3.19 - График зависимости амплитуды координаты движения от позиционной нагрузки

Исходя из рисунка 3.17 видно, что при изменении глубины обратной связи характеристика имеет практически линейный вид и с увеличением глубины обратной связи амплитуда координаты движения уменьшается. Зависимости на рисунке 3.18 имеют падающий характер, а также при увеличении глубины обратной связи характеристики будут лежать ниже. Также установлено, что за счет собственной позиционной электромагнитной жесткости в кривых (рисунки 3.18 и 3.19) наблюдается резонансный режим работы, однако (рисунок 3.18) амплитуда при резонансе χ_m возрастает незначительно из-за малой добротности резонансного контура.

3.3. Оценка динамических характеристик вентильного электропривода колебательного движения

Для снятия и анализа динамических характеристик необходимо оценить значения ударных токов и моментов от частоты колебаний и параметров нагрузки при изменении отрицательной обратной связи по положению U_{m3} .

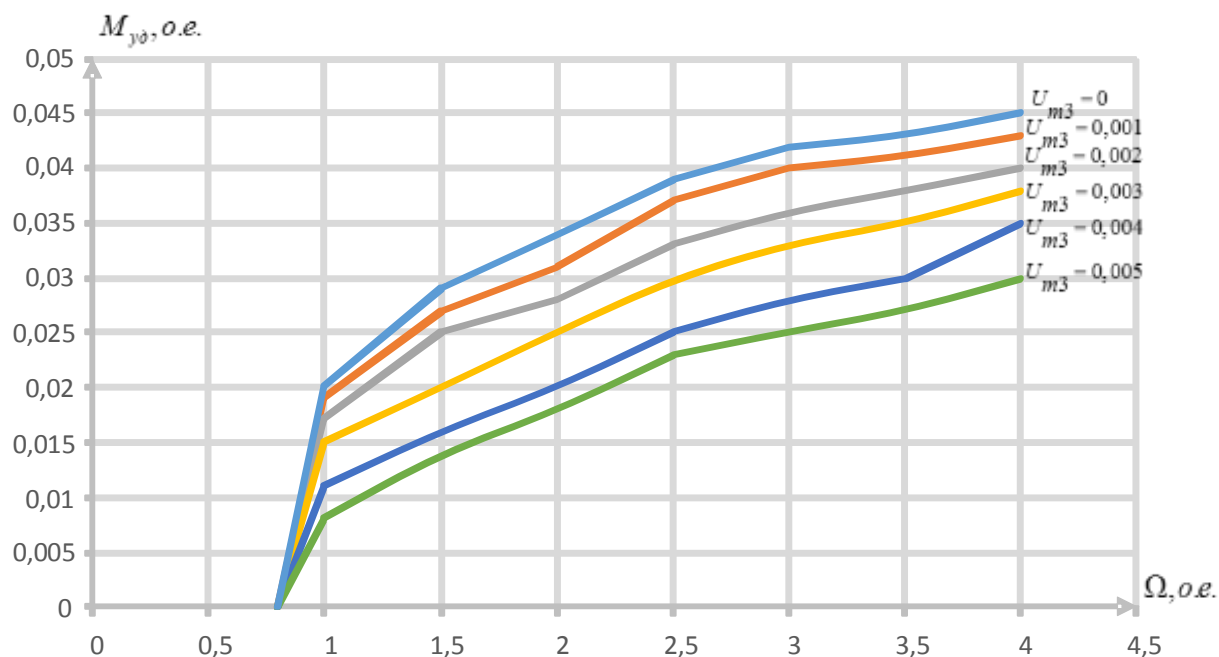


Рисунок 3.20 - График зависимости $M_{y0}(t)$ ударного момента от частоты

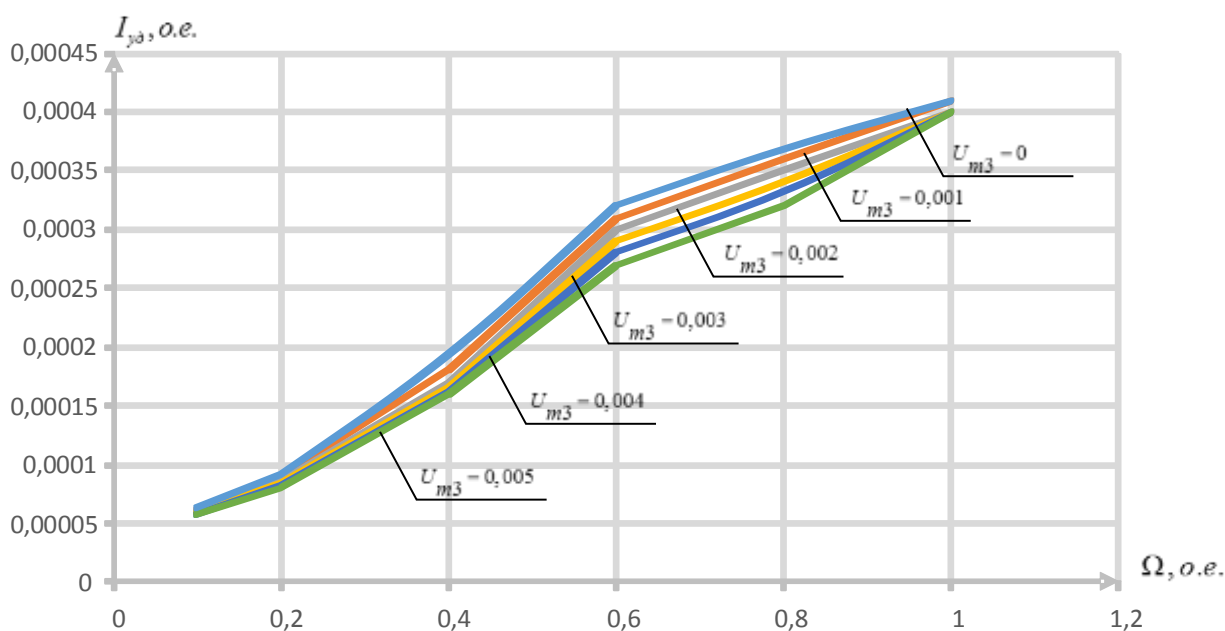


Рисунок 3.21 - График зависимости $I_{y0}(t)$ ударного тока от частоты

Введение отрицательной обратной связи по положению позволяет уменьшить ударные момент и ток, исходя из этого зависимости лежат ниже.

Таким образом в результате исследования введение отрицательной обратной связи по положению позволяет регулировать собственную частоту

вентильного электропривода колебательного движения: при амплитудных кинематических и силовых характеристиках ООС дает возможность формировать резонансный режим работы в заданном частотной диапазоне колебаний; механические амплитудные характеристики по координате и скорости при отсутствии ООС по положению изменяются по экспоненциальной и практически линейной зависимости. Также ООС по положению позволяет стабилизировать амплитуду колебаний при изменении параметров инерционной нагрузки. Было установлено, что установившиеся значения токов вентильного электропривода колебательного движения соответствует его номинальным значениям.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель финансового менеджмента заключается в экономическом планировании и оценке ресурсоэффективности научной исследовательской работе «вентильный электропривод колебательного движения». Разработка и создание конкурентных решений, технологий, должно отвечать требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижения цели необходимо решить задачи такие как:

- анализ конкурентных технических решений
- планирование научно-исследовательских работ;
- расчет бюджета затрат;
- определение ресурсной эффективности исследования.

4.1. Анализ конкурентных технических решений

Из-за постоянного развития рынка конкурирующие разработки совершенствуются. Для того, чтобы разработка могла противостоять конкурентам, нужно регулярно проводить их анализ, а также изучать сильные и слабые стороны.

На основе анализа конкурентных технических решений можно сказать, на сколько данная разработка «вентильный электропривод колебательного движения с регулируемой собственной частотой» эффективна и конкурентоспособна по сравнению с другими аналогичными разработками.

Для данного анализа стоит оценочная карта, для которой отобраны два конкурентных товара: вентильный электропривод колебательного движения при потенциальной фазовой модуляции и электропривод колебательного движения с машиной двойного питания. Критерии для оценки и сравнения ресурсоэффективности и ресурсосбережения приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес крите- рия	Баллы			Конкуренто- способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. КПД	0,13	4	5	5	0,52	0,65	0,65
2. Энергоэкономичность	0,08	5	4	5	0,40	0,32	0,40
3. Устойчивость	0,10	4	5	4	0,40	0,50	0,40
4. Прочность	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
5. Простота эксплуатации	0,09	3	5	5	0,27	0,45	0,45
6. Малогабаритность	0,06	5	3	3	0,30	0,18	0,18
7. Быстродействие	0,08	5	4	3	0,40	0,32	0,24
8. Перегрузочная способность по моменту	0,10	5	3	3	0,50	0,30	0,30
9. Коэффициент мощности	0,11	5	3	4	0,55	0,33	0,44
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	5	4	4	0,45	0,36	0,36
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	3	5	5	0,21	0,35	0,35
3. Стоимость	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
4. Долговечность	0,08	4	3	3	0,36	0,24	0,24
Итого	1	56	50	50	4,88	4,46	4,53

Эти критерии основаны на выбранных объектах сравнения на основе их экономических и технических характеристиках разработки, создания и эксплуатации.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,13 \cdot 4 + 0,08 \cdot 5 + \dots + 0,08 \cdot 4 = 4,88$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Исходя из данного анализа конкурентоспособность разработки равна 4,88, а у других двух аналогов 4,46 и 4,53 соответственно. В результате

полученных значений можно сказать, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной в таких показателях, как малогабаритность, быстродействие, нагрузочная способность по моменту, энергетический показатели, предполагаемый срок эксплуатации.

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для планирования научно-исследовательской работы ставятся следующие задачи:

- установление участников каждой работы;
- обозначение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для проведения научного исследования на тему «Исследование вентильного электропривода колебательного движения с регулируемой собственной частотой» формируется перечень основных этапов и работ, проводится распределение исполнителей, в состав которых входят руководитель и инженер. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления технического проектирования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Расчеты и разработка имитационной модели вентильного электропривода колебательного движения с регулируемой собственной частотой	3	Изучение объекта исследования	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Научный руководитель
	5	Описание имитационной модели	Инженер
	6	Изучение программной среды	Инженер
	7	Разработка алгоритма в программной среде	Инженер
	8	Создание блоков схемы в программной среде	Инженер, научный руководитель
	9	Проведение работ в программной среде	Инженер, научный руководитель
	10	Анализ наработанного материала	Инженер, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер совместно с научным руководителем
Оформление отчета по техническому проектированию	12	Составление пояснительной записки	Инженер
	13	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Так как трудоемкость выполнения научной разработки зависит от множества факторов, она является не достаточно точной и оценивается экспертным путем в человеко-днях. Для определения среднего значения трудоемкости $t_{ожсi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожсi} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5}$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем ожидаемое значение трудоёмкости для различных этапов:

$$t_{ож1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел.-дн.} \quad t_{ож2} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8 \approx 7 \text{ чел.-дн.}$$

$$t_{ож3} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 9}{5} = 7,8 \approx 8 \text{ чел.-дн.} \quad t_{ож4} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел.-дн.}$$

$$t_{ож5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 2,8 \approx 3 \text{ чел.-дн.} \quad t_{ож6} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \approx 3 \text{ чел.-дн.}$$

$$t_{ож7} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \approx 4 \text{ чел.-дн.} \quad t_{ож8} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8 \approx 7 \text{ чел.-дн.}$$

$$t_{ож9} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,6 \approx 7 \text{ чел.-дн.} \quad t_{ож10} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 2,8 \approx 3 \text{ чел.-дн.}$$

$$t_{ож11} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 4}{5} = 3,4 \approx 4 \text{ чел.-дн.} \quad t_{ож12} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \approx 3 \text{ чел.-дн.}$$

$$t_{ож13} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \approx 3 \text{ чел.-дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{\chi_i}$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

χ_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Для наиболее удобной и наглядной реализации данного проекта строится ленточный график исполнения научных работ в виде диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальную ленточную диаграмму, в которой работы по теме представлены протяженными во времени отрезками, характеризующиеся датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для более удобного построения графика, длительность каждого из этапов работ переводится из рабочих дней в календарные. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Определим коэффициент календарности на 2017 год:

при шестидневной рабочей неделе для руководителя:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 68} = 1,23,$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

при пятидневной рабочей неделе для инженера:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Тогда длительность первой работы в календарных днях:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ (чел-дни)			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	науч. рук-ль	инж-р	науч. рук-ль	инж-р
1. Составление и утверждение технического задания	1	2	2	2	-	2,5	-
2. Изучение и подбор материалов и нормативных документов	6	8	7	-	7	-	10
3. Изучение объекта исследования	7	9	8	-	8	-	12
4. Календарное планирование работ	1	2	2	2	-	2,5	-
5. Описание имитационной модели	3	5	3	-	3	-	4
6. Изучение программной среды	2	3	3	-	3	-	4
7. Разработка алгоритма в программной среде	3	5	4	-	4	-	6
8. Создание блоков схемы в программной среде	6	8	7	2	7	9	10
9. Анализ наработанного материала	5	8	7	2	7	9	10
10. Обработка полученных результатов	3	5	3	3	3	4	4

11. Экономические расчеты	3	4	4	-	4	-	6
12. Безопасность и экологичность проекта	2	3	3	-	3	-	4
13. Составление пояснительной записки	2	3	3	-	3	-	4
Итого	44	66	56	11	45	27	74

На основании таблицы 4.3 строим календарный план-график, представленный в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Календарный план-график

№	Вид работы	Исполнители	Т _{кi} (кал. дн.)	Продолжительность выполнения работ									
				Февраль			Март			Апрель			Май
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3										
2	Подбор и изучение материалов и нормативных документов	Инженер	10										
3	Изучение объекта исследования	Инженер	12										
4	Календарное планирование работ	Руководитель	3										
5	Описание имитационной модели	Инженер	4										
6	Изучение программной среды	Инженер	4										
7	Разработка алгоритма в программной среде	Инженер	6										
8	Создание блоков схемы в программной среде	Руководитель, Инженер	10										
9	Анализ наработанного материала	Руководитель, Инженер	10										
10	Обработка полученных результатов	Руководитель, Инженер	4										
11	Экономические расчеты	Инженер	6										
12	Безопасность и экологичность проекта	Инженер	4										
13	Составление пояснительной записки	Инженер	4										



- руководитель



- инженер

Для упорядочения и систематизации технических работ был разработан график занятости для научного руководителя и инженера, а также была составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая более качественно оценить и спланировать время работы исполнителей проекта.

4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе планирования бюджета НТИ в полной мере должны быть рассчитаны все виды расходов, связанные с его выполнением. При формировании бюджета НТИ используются следующие затраты по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на амортизацию оборудования;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.1. Расчет материальных затрат

В материальные затраты включается стоимость приобретаемого сырья и материалов, запасные части для ремонта оборудования и другие быстроизнашивающиеся предметы, необходимые для разработки проекта. Все материальные затраты сведены в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 - Материальные затраты

№ п/п	Наименование изделия	Кол-во единиц	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Карандаши	3	30	60
2	Ручки	4	50	200
3	Бумага для печати	3	270	810
Итого				1070

4.3.2. Затраты на амортизацию оборудования

В данной статье рассчитываются затраты, связанные с приобретением специального ПО, который необходим для проведения работ по исследовательской теме. Расчет бюджета затрат на приобретение ПО для научных работ представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Расчет амортизации оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Программное электронное устройство (компьютер)	1	43000	43000
Итого				43000

В связи с длительностью использования, учитывается данная стоимость с помощью амортизации:

$$A = C_m \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{T_{\text{калинж}}}{T_{\text{кал}}} = 43000 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{74}{365} = 4359 \text{ руб.}$$

4.3.3. Полная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Величина основной зарплаты исполнителей рассчитывается из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов.

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату и определяется как:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

где $Z_{дн}$ - среднедневная заработная плата; T_p - суммарная продолжительность работ, выполняемая научно-техническим работником.

Месячная зарплата научно-технического работника определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{окл} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p$$

где $Z_{окл}$ - заработная плата по тарифной ставке; k_{np} - премиальный коэффициент, равный 0,3; k_D - коэффициент доплат и надбавок, равный 0,35; k_p - районный коэффициент, для наших исследуемых зон возьмем усредненный 1,3.

С помощью представленных выше формул находим основную заработную плату руководителя НТИ:

$$Z_M = Z_{окл} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p = 36800 \cdot (1 + 0,3 + 0,35) \cdot 1,3 = 78936 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M}{T_k} = \frac{78936}{26} = 3036 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 3036 \cdot 11 = 33396 \text{ руб.}$$

$$Z_{дон} = 0,15 \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 33396 = 5009 \text{ руб.}$$

$$Z_{II} = Z_{осн} + Z_{дон} = 33396 + 5009 = 38405 \text{ руб.}$$

По аналогии рассчитаем заработную плату инженера за данную исследовательскую работу:

$$Z_M = Z_{окл} \cdot (1 + k_{np} + k_D) \cdot k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,35) \cdot 1,3 = 36465 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M}{T_k} = \frac{36465}{22} = 1657 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1657 \cdot 45 = 74565 \text{ руб.}$$

$$З_{дон} = 0,15 \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 74565 = 11185 \text{ руб.}$$

$$З_{II} = З_{осн} + З_{дон} = 74565 + 11185 = 85750 \text{ руб.}$$

4.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Страховые отчисления рассчитываются по установленным законодательством Российской Федерации нормам органами государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{дон}) = 0,30 \cdot (74565 + 11185) = 25725 \text{ руб.}$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 01.01.2017 гл.34 НК РФ размер страховых взносов равен 30%.

В таблице 4.7 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 4.7 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	33396	5009
Инженер	74565	11185
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Отчисления во внебюджетные фонды		
Руководитель	11521	
Инженер	25725	

4.3.5. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя другие затраты, не включенные в предыдущие статьи расходов: ксерокопирование и печать материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и т.д. Они определяются по следующей формуле:

$$Z_{внеб} = k_{нр} \cdot Z_{проч} = 0,16 \cdot (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб} + A) = \\ = 0,16 \cdot (107961 + 16194 + 37246 + 4359) = 26522 \text{ руб.}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы равный 16%.

4.3.6. Формирование бюджета затрат НТИ

Бюджет затрат проекта защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции, который основывается на величине затрат научно-технического исследования.

В таблице 4.8 приведен бюджет затрат на научно-техническое исследование по каждому варианту исполнения.

Таблица 4.8 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля в %
1. Материальные затраты	1070	0,55
2. Затраты на основную заработную плату исполнителей темы	107961	55,8
3. Затраты на дополнительную заработную плату исполнителей темы	16194	8,4
4. Отчисления во внебюджетные фонды	37246	19,3
5. Амортизация	4359	2,25
6. Накладные расходы	26522	13,7
7. Бюджет затрат НТИ	193352	100

4.4. Определение ресурсоэффективности проекта

Ресурсоэффективность научной разработки можно определить по формуле:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, определяется экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Сравнительная оценка характеристик разработки

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Простота эксплуатации	0,10	3
2. Надежность	0,21	5
3. Энергосбережение	0,14	4
4. Безопасность	0,15	5
5. Быстродействие	0,18	4
6. Долговечность	0,22	4
Итого	1,00	25

Интегральный показатель ресурсоэффективности для исследуемой разработки:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i = 0,10 \cdot 3 + 0,21 \cdot 5 + 0,14 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,18 \cdot 4 + 0,22 \cdot 4 = 4,26$$

Рассчитанная оценка ресурсоэффективности разработки является достаточно высокой (4,26), что говорит об эффективности реализуемой разработки с позиции ресурсной эффективности.

В итоге была доказана конкурентоспособность данного вентильного электропривода колебательного движения по сравнению с другими аналогичными разработками, был разработан график занятости, который ограничил выполнение работы в 74 дня. Также был посчитан бюджет НТИ равный 193352 руб, большая часть которого тратится на зарплаты исполнителей проекта. Выполнение данного проекта и его реализация является значимой и эффективной. Вентильный электропривод колебательного движения с регулируемой собственной частотой является эффективными и продолжает развиваться в таком направлении, как упрощение системы управления электродвигателем. Благодаря этому

упрощению применение вентильных электроприводов колебательного движения станет более широкое.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1. Введение

Социальная ответственность – это сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости. При разработке новых решений должно обеспечиваться: исключение несчастных случаев; защиту здоровья работников; снижение вредных воздействий на окружающую среду; экономное расходование невозобновляемых природных ресурсов.

Целью данного раздела является оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов техники производственной, экологической безопасности, безопасности в чрезвычайных ситуациях, пожарной профилактики и охраны окружающей среды.

Рассмотрение данных вопросов отвечает требованиям международного стандарта ICCSR-26000:2011 к деятельности организаций в области социальной ответственности по тем разделам, по которым должны быть приняты указанные проектные решения.

5.2. Анализ вредных факторов

5.2.1. Защита от шума и вибрации

Шумом называют комплекс звуков, воспринимаемых органом слуха человека вне зависимости от характера и природы возникновения. Величина шума характеризуется двумя показателями: уровнем звукового давления и эквивалентным (по энергии) уровнем звука. Уровень звукового давления является показателем постоянного шума на рабочем месте и измеряется в децибелах (дБ). Эквивалентный уровень звука является показателем прерывистого, импульсного шума на рабочем месте и измеряется в децибелах по шкале «А» (дБА).

Длительное воздействие интенсивного шума может вызывать понижение чувствительности слухового аппарата. Через слуховую систему

шум оказывает вредное влияние на весь организм и в первую очередь на нервную систему человека. Кроме того, производственный шум мешает рабочему сосредоточиться при выполнении работы и снижает его работоспособность. [18]

Эффективным мероприятием по борьбе с шумом является снижение его в источнике образования.

Предельно допустимые уровни шума представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Предельно допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ									По шкале
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Цех	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Щит управления	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Одним из наиболее вредных для человеческого организма производственных факторов является вибрация. Под вибрацией понимается колебание твёрдых тел.

При длительном воздействии вибрации на человека страдают отделы центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта и вестибулярного аппарата человека, а также это приводит к профессиональным заболеваниям, основной из которых является – виброболезнь, признаки которой: головокружение, онемение нижних конечностей и потеря ориентации в пространстве.

Гигиенические нормы вибрации представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Среднеквадратичная частота, Гц									
	Логарифмический уровень виброскорости									
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500
Цех	-	103	100	101	106	112	118	-	-	-

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 предусматриваются:

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.011 – 89;
- установка звукоизолирующих кабин;
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

5.2.2. Недостаточная освещенность естественным светом

Недостаточная освещенность рабочего места ускоряет наступление усталости, снижает внимательность, значительно снижает производительность труда.

Причиной недостаточной освещенности рабочего места может быть и неудовлетворительный уход за светильником, загрязненность ламп, что снижает освещенность на 30 % и более.

Для достижения благоприятных условий труда нужно позаботиться и о правильном освещении, так как недостаточная освещенность рабочего места либо чрезмерные световые контрасты вызывают напряжение зрения и способствуют развитию общего утомления.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Наилучшим видом освещения является дневное, солнечное. Но дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течении всего рабочего дня, а также зависит от погодных условий. Необходимо обеспечить комнату дополнительным искусственным освещением. В качестве источников искусственного освещения применяются люминесцентные лампы.

В таблице 5.3 приведены нормируемые значения КЕО.

Таблица 5.3 - Нормируемые значения КЕО

Характеристика выполняемой зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Значение КЕО в при естественном освещении, %	
			верхнем и комбинированном	боковом
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	10	3,5
Очень высокой точности	0,15 ... 0,30	II	7	2,5
Высокой точности	0,3 ... 0,5	III	5	2,0
Средней точности	от 0,5 до 1,0	IV	4	1,5
Малой точности	от 1 до 5	V	3	1,0
«Грубая работа»	Более 5	VI	2	0,5
Работа с самосветящимися материалами и изделиями в горячих цехах		VII		
Общие наблюдения за ходом производственного процесса:		VIII		
постоянное наблюдение	-	VIIIa	1	0,3
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении		VIIIб	0,7	0,2
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении		VIIIв	0,5	0,1

5.2.3. Микроклимат

Помещение цеха характеризуется:

- наличием большого количества металлического оборудования;
- повышенной температурой.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
		По ГОСТ 12.1.005 – 88	По ГОСТ 12.1.005 – 88	По ГОСТ 12.1.005 – 88
Холодный	Средней тяжести	17 – 19	40 – 60	0,3
Тёплый со значительным избытком тепла	Средней тяжести	20 – 22	40 – 60	0,2 – 0,5

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96(1), следующее:

- вентиляция приточно-вытяжная по СНиП 2.04.05 – 91* (28.11.91) установка центробежных вентиляторов. Кратность воздухообмена 1;
- установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;

Предусмотренные мероприятия обеспечивают параметры микроклимата в соответствии с нормами, представленными в таблице 1.

В соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96(1) значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются, для рабочей зоны производственных помещений, в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины явного избытка тепла выделяемого в помещении и периода года.

5.3. Анализ опасных факторов

Проведем анализ опасных производственных факторов в вышеописанном технологическом процессе исследования и проверки вентильного электропривода колебательного движения. Основными опасными факторами являются: образование пожароопасных смесей газов, опасность загорания (пожара) и возможность поражения человека электрическим током, так как работа производится с рабочими электрическими установками, в частности двигателями. Для снижения уровня опасности проводится заземление электроустановок и полное или частичное ограждение токоведущих частей. Данные операции должны производиться на основании [10 - 13].

Следующая опасность заключается в том, что работа проводится с рабочим двигателем, соответственно вал двигателя находится в движении, что может привести к механическим повреждениям частей тела человека. Однако, благодаря конструкции двигателей, опасность представляют лишь выходные концы валов и места соединений. Для снижения риска устанавливают кожухи или защитные экраны в местах открытых движущихся механических частей.

5.3.1. Загорание (пожар)

Пожары – неконтролируемый процесс горения, которые чреваты большими материальными издержками, а часто и человеческими жертвами.

Обеспечение пожаробезопасности начинается с определения класса взрывоопасной зоны или класса пожароопасной зоны данного производственного помещения. Согласно классификации производств по пожарной опасности (ППБ-03) рассматриваемая лаборатория относится к классу В (обработка или применение твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой выше 120 градусов): электроизоляция, бумага, мебель. Т.е. технологический процесс в лаборатории исключает взрывоопасную зону, имеющиеся вещества могут только гореть. Лаборатория имеет пожароопасную зону класса П-2а. Минимальная

допустимая степень защиты оболочек электрических машин для данной пожароопасной зоны обозначается IP44. Использование данной степени защиты – одно из направлений профилактики, оно должно быть установлено на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму или гибели людей, этого требует «технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Лаборатория оснащена такой системой с дымовыми извещателями. Сигналы извещателей включают систему протоколирования информации, формируют управляющую систему тревоги и систему оповещения о пожаре, для своевременной эвакуации людей. Это другое направление профилактики загораний.

Выбор типа и расчет необходимого числа огнетушителей производится в зависимости от их огнетушащей способности. Из пяти таких классов, лаборатории подходит класс А (пожар твердых веществ) и класс Е (горение электроустановок). Согласно [6] на 800 м² защищаемой площади рекомендуется использовать восемь двухкилограммовых порошковых огнетушителей. Для лаборатории достаточно одного двухкилограммового огнетушителя ОП.

5.3.2. Электропоражение

Основным документом, регламентирующим воздействие электрического тока в производственных условиях, является ГОСТ 12.1.009-76.

Электрический ток представляет значительную опасность для здоровья человека непосредственно при контакте человека с токопроводящей поверхностью.

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Прохождение электрического тока через тело человека вызывает поражение различных органов, оказывает воздействие на нервную систему, кровеносно-сосудистую систему человека, на кровь, сердце, мозг и т.д.

Виды воздействий электрического тока на организм человека:

1. Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагрев кровеносных сосудов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути протекания тока до критической температуры;
2. Электролитическое действие тока выражается в разложении крови, что нарушает ее состав и функции;
3. Механическое действие тока проявляется в значительном давлении в кровеносных сосудах и мышечных тканях;
4. Биологическое действие тока проявляется в раздражении живых тканей, что вызывает реакцию организма – возбуждение, что и обуславливает непроизвольное сокращение мышц.

При наиболее неблагоприятном исходе воздействие электрического тока может привести к смерти человека.

Основными техническими средствами защиты, согласно Правилам устройства электроустановок являются защитное заземление, автоматическое отключение питания (зануление), устройства защитного отключения. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

5.3.3. Защита от случайного прикосновения

Для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям в цехах завода обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту. Ограждения применяются как сплошные, в виде кожухов и крышек, применяемые в электроустановках до 1000 В, так и сетчатые, которые имеют двери, запирающиеся на замок.

В электроустановках до 1000 В ограждаются – неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением части оборудования, пусковая аппаратура, открытые плавкие вставки.

В электроустановках выше 1000 В – все без исключения токоведущие части (изолированные и неизолированные) должны быть надежно ограждены сетками, закрыты металлическими дверями, заключены в металлические ящики или расположены на недоступной высоте.

Блокировки применяются в электроустановках, в которых часто производятся работы на ограждаемых токоведущих частях и электрических аппаратах. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях кожух.

5.4. Защита окружающей среды

Работа в лаборатории сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения - ЛОС (альдегиды, кетоны), азотистые соединения и др. органов дыхания человека; бытовая пыль; ЛОС, выделяющиеся в процессе эксплуатации отделочных материалов, лакокрасочных покрытий мебели и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения. Жидкие отходы - бытовые отходы, образующиеся в процессах влажной уборки помещений, при пользовании водопроводом, туалетом и т.п., сбрасываются в городскую канализацию и далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате

износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014) [14]: бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681 [15]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из неадсорбирующего ртуть материала (винипласта).

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических. Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия. Во-первых, это улучшает экономические

показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию). Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС и электроустановок (котельных) промпредприятий города Томска и области и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Несмотря на кажущуюся малость вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

5.5. Предотвращение ЧС и устранение их последствий

Чрезвычайна ситуация - опасное природное явление. Она постоянно сопровождают человека, угрожают его жизни, приносят боль, страдания, травмы, гибель людей, повреждают и уничтожают материальные ценности, наносят ущерб окружающей природной среде, обществу, цивилизации.

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации при эксплуатации вентильного электропривода может быть возникновение пожара. Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага. Пожары причиняют значительный материальный ущерб, в ряде случаев вызывают тяжелые травмы и гибель людей. Основополагающими законодательными актами в области пожарной безопасности являются Федеральные законы "О пожарной безопасности" и "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" определяющие общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации [21].

К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов

пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара, организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких-либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно [17] п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление [2].

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением

о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо рассчитать и установить защитное заземление.

5.5.1. Пожар (загорание) – как источник ЧС

Пожары – неконтролируемый процесс горения. Обеспечение пожаробезопасности начинается с определения класса взрывоопасной зоны или класса пожароопасной зоны данного помещения, где используется аккумулятор, например, медицинское оборудование. Класс пожароопасности таких помещений относят к категории Д. Категория Д - производства, связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

Согласно [19], пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания; применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.[20]

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. В соответствии с требованиями главы СНиП 2.01.02-85 эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях зданий и сооружений, в течение необходимого времени эвакуации. Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий определяют исходя из протяженности эвакуационных путей и скорости движения людских потоков на всех участках пути от наиболее удаленных мест до эвакуационных выходов. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Заключение

Исследование особенностей работы электрических машин с колебательным законом движения с регулируемой собственной частотой в составе современных электроприводов различного целевого назначения, определение путей дальнейшего повышения эффективности их применения представляет в настоящее время одну из важнейших современных проблем, решение которой является новым шагом на пути совершенствования производственного процесса. Последнее, как видно, невозможно без дальнейшего углубленного развития теории исследования и синтеза данного класса электрических машин.

Таким образом в результате исследования введение отрицательной обратной связи по положению позволяет регулировать собственную частоту вентильного электропривода колебательного движения: при амплитудных кинематических и силовых характеристиках ООС дает возможность формировать резонансный режим работы в заданном частотной диапазоне колебаний; механические амплитудные характеристики по координате и скорости при отсутствии ООС по положению изменяются по экспоненциальной и практически линейной зависимости. Также ООС по положению позволяет стабилизировать амплитуду колебаний при изменении параметров инерционной нагрузки. Было установлено, что установившиеся значения токов вентильного электропривода колебательного движения соответствует его номинальным значениям.

Список используемой литературы

1. Луковников В.И. Электропривод колебательного движения. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152с.
2. Федотов В.М. Асинхронный колебательный электропривод с регулируемой собственной частотой: М. Федотов; Томский политехнический институт; науч. рук. Г. А. Сипайлов. – Томск: Б.и., 1982. – 201л.: ил. – Библиогр. с. 160-175.
3. Сергеев Ю.С. Приводы вибрационных машин на базе вентильных индукторных двигателей: Ю. Сергеев; Научный поиск: материалы второй научной конференции аспирантов и докторантов. Технические науки. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. – 2010. – Т.2. – С. 188-190.
4. Гладков С.Н. Электромеханические вибраторы. – М.: Машиностроение, 1966. – 83 с.
5. Мамедов Ф.А., Беспалов В.Я., Резниченко В.Ю., Малиновский А.Е. Формирование синусоидального режима в АД // Динамические режимы работы электрических машин переменного тока. Смоленск. СФМЭИ. 1975. С. 48-50.
6. Аристов А.В. Электропривод колебательного движения с машиной двойного питания. – Томск: Издательско-полиграфическая фирма ТПУ, 2000. –176 с.
7. Вольдек А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1974. – 839 с.
1. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77). «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
8. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
9. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»
10. Правила устройства электроустановок, ПУЭ, утвержденные Министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.
11. ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т «Пожарная безопасность. Общие требования»
12. СП 9.13130.2009 «Техника Пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации»
13. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6е изд., переработанное и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.
14. СНиП П-12-77. «Защита от шума»

15. СНиП 2.04. 05-91. «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
16. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
17. ГОСТ 12.0.004–90 ССБТ. «Обучение работающих безопасности труда»
18. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Защитное заземление, зануление»
19. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»
20. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования»
21. ГОСТ Р 50571.3-94 «Электроустановки зданий. Часть 4. Защита от поражения электрическим током».