

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ЭНИН  
 В.М. Завьялов  
« 30 » 06 . 2015 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Электропривод переменного тока»

Направление ООП

**13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

Профиль подготовки (специализация, программа) **Электроприводы и системы управления электроприводов**

Степень - **МАГИСТР**

Базовый учебный план приема 2015 г.

Курс 2 семестр 3

Количество кредитов 6

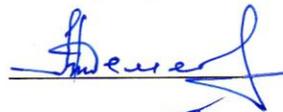
Код дисциплины ДИСЦ В.М.9.5.

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	8
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	24
<b>Аудиторные занятия, ч</b>	<b>48</b>
Самостоятельная работа, ч	168
<b>ИТОГО, ч</b>	<b>216</b>

Вид промежуточной аттестации: экзамен, дифференцированный зачет

Обеспечивающее подразделение: каф. Электропривода и электрооборудования

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент



Ю.Н. Дементьев

Руководитель ООП, д.т.н., проф.



В.М. Завьялов

Преподаватель, к.т.н., доцент



А.Ю. Чернышев

2015 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Основными целями дисциплины являются: Формирование у обучающихся знаний общих физических закономерностей электропривода переменного тока, особенностей взаимодействия электромеханических систем, умений построения математических моделей электроприводов переменного тока, проведения расчётов и анализа процессов в статике и динамике электромеханических систем, а также умений по расчету и анализу параметров, определяющих работу электропривода.

В результате освоения данной дисциплины обеспечивается достижение целей Ц1, Ц3, Ц4 и Ц5 основной образовательной программы «Электроэнергетика и электротехника»; приобретенные знания, умения и навыки позволят подготовить выпускника:

Ц1: к **проектно-конструкторской деятельности**, способного к расчету, анализу и проектированию электроприводов переменного тока, объектов и систем с использованием современных средств автоматизации проектных разработок;

Ц2: к **научно-исследовательской деятельности**, в том числе в междисциплинарных областях, связанной с математическим моделированием процессов в электрических приводах и системах на их основе, проведением экспериментальных исследований и анализом их результатов;

Ц3: подготовка выпускника к **научно-исследовательской деятельности**, в том числе в междисциплинарных областях, связанной с математическим моделированием процессов и объектов, проведением экспериментальных исследований и анализом их результатов, способного решать задачи связанных с разработкой инновационных методов, повышающих эффективность эксплуатации и проектирования систем и объектов с электроприводами переменного тока;

Ц4: к **самостоятельному обучению** и освоению новых знаний и умений для реализации своей профессиональной карьеры.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Указанная дисциплина является одной из важнейших для указанного профиля; имеет как самостоятельное значение, так и является базой для решения задач по автоматизации управления электромеханическими объектами предприятий

Пререквизитами данной дисциплины являются:

- ДИСЦ.В.М2 Микропроцессорные средства и системы;
- ДИСЦ.В.М3.2 Современные технологии проектирования электротехнических устройств и изделий

Корреквизитами данной дисциплины являются:

- ДИСЦ.В.М.9.2 Комплексная автоматизация технологических процессов
- ДИСЦ.В.М.9.3 Электропривод общепромышленных механизмов и технологических комплексов

## 3. Результаты освоения дисциплины (модуля)

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины (Электропривод переменного тока) направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

**Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины**

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р4. <i>Использовать</i> представление о методологических основах <i>научного познания и творчества</i> , роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением <i>современных информационных технологий</i> , синтезировать и критически резюмировать информацию. (ОК-8,9,14,19)	34.1	основные методы, способы и средства получения, хранения и переработки информации;	У.4.1	применять компьютерную технику и информационные технологии в своей профессиональной деятельности	В4.1	использование современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области
Р5 <i>Применять углубленные естественно-научные, математические социально-экономические и профессиональные знания</i> в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электротехники. (ПК-1,2,36)	35.1	основные закономерности развития науки и техники;	У5.1	анализировать полученную информацию	В5.1	аргументированного изложения собственной точки зрения
					В5.3	использования научно-технических методов решения инженерных задач
Р7 <i>Выполнять инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электро- энергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений. (ПК-10,11,12,13)			У7.2	находить нестандартные решения профессиональных задач	В7.3	навыки оформления, представления и защиты результатов исследований

Р10 Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования. (ПК-45, ПК-46)	310.1	элементная база электроприводов переменного тока, их функциональное назначение и устройство применительно к объектам электроэнергетики и электротехники	У10.1	составлять планы, графики, программы работ по наладке, регулировке и испытаниям электроприводов переменного тока		
---	-------	---	-------	--	--	--

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электропривод переменного тока» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

**Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

№ п/п	Результат
Р4	Знание методов, способов получения и обработки информации, умение пользоваться программными средами для получения новых знаний, обладание опытом использования программ для эффективной профессиональной деятельности
Р5	Знание закономерностей и концепций развития научной области, умение анализировать полученную информацию, обладание опытом изложения своей точки зрения и решения инженерно-технических задач
Р7	Знание экологических, экономических и социальных аспектов предметной области, умение анализировать текущее техническое состояние объектов энергоснабжения, обладание опытом подготовки необходимых данных по исследуемому объекту, представления и защиты результатов своей деятельности
Р10	Знание элементной базы предметной области, тенденции ее развития, умение выбирать оборудование для конкретного проектируемого объекта

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### **Модуль 1. Двигатели и преобразователи электроприводов переменного тока**

##### **4.2.1. Основные сведения**

Определение понятия "электропривод переменного тока". Назначение электропривода переменного тока как средства обеспечения современных технологических процессов. Электропривод переменного тока как система. Структурная схема электропривода переменного тока, силовой и информационный каналы. Общие требования к электроприводу переменного тока. Краткие сведения из истории развития электропривода переменного тока. Возможности управления координатами, характеристики, зоны работы с постоянным моментом, постоянной мощностью, вентиляторным моментом. Область применения, современное состояние и перспективы развития.

##### **4.2.2. Асинхронный двигатель**

Принцип действия, конструкция. Уравнения двигателя в естественной системе координат. Уравнения асинхронного двигателя в неподвижной и вращающейся системе координат. Уравнения момента и движения асинхронного двигателя. Скалярное и векторное управление асинхронным двигателем.

*Лабораторная работа №1. Исследование систем тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель.*

### **4.2.3. Синхронный двигатель**

Принцип действия, конструкция. Физические процессы, параметры, режимы работы синхронных машин. Естественные и искусственные механические характеристики. Принципы управления координатами в разомкнутых структурах. Режимы работы синхронного двигателя. Пуск, синхронизация и регулирование скорости синхронных двигателей. Автоматическое регулирование тока возбуждения. Синхронный двигатель как динамический объект.

### **4.2.4. Специальные электрические двигатели**

Вентильный двигатель с постоянными магнитами. Принцип работы вентильного двигателя. Электропривод по системе транзисторный коммутатор – вентильный двигатель с постоянными магнитами. Структурные схемы регулируемого электропривода с вентильным двигателем. Асинхронные вентильные каскады и двигатели двойного питания. Принцип работы каскадных схем асинхронного привода.

### **4.2.5. Принципы построения статических преобразователей частоты для электроприводов переменного тока и методы управления ими**

Непосредственные преобразователи частоты. Схемы включения преобразующих групп, принципы формирования выходного синусоидального напряжения, преимущества и недостатки. Двухступенчатые преобразователи частоты. Принципы работы автономного инвертора. Инверторы напряжения и инверторы тока. Способы принудительной коммутации тиристоров в автономных инверторах. Схемы автономных инверторов. Элементная база транзисторных инверторов напряжения. Биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT и модули на их основе. Мощные полевые транзисторы MOSFETы. Способы регулирования напряжения в двухступенчатых преобразователях частоты. [1]: Гл. 1, [2]: Гл. 1.

## **Модуль 2. Скалярное и векторное управление электроприводами переменного тока**

### **4.2.6. Скалярное регулирование координат в электроприводах с асинхронными машинами.**

Физические процессы, параметры, схема замещения, режимы работы асинхронных машин. Естественные и искусственные статические характеристики. Расчет параметров схемы замещения асинхронного двигателя и его механических и электромеханических характеристик.

Принципы управления координатами асинхронного короткозамкнутого двигателя в разомкнутой структуре при неизменной скорости поля. Регулирование скорости АД резисторами в цепи статора и ротора, изменением числа пар полюсов. Регулирование координат электропривода в системе преобразователь напряжения - асинхронный двигатель. Схемы управления. Структурные схемы. Методы анализа и синтеза скалярных систем управления асинхронного двигателя.

*Лабораторная работа №2.* Исследование замкнутых скалярных систем преобразователь частоты – асинхронный двигатель

### **4.2.7. Частотное управление асинхронным двигателем**

Обобщенная функциональная схема векторного частотного управления асинхронным двигателем. Схема скалярного частотного управления с IR-компенсацией. Схема регулирования скорости асинхронного двигателя с частотно-токовым векторным управлением с косвенной ориентацией по полю и регуляторами тока, выполненных в неподвижной и вращающейся системе координат. Схема регулирования скорости асинхронного двигателя с частотно-токовым векторным управлением с косвенной ориентацией по полю и задании тока в полярных координатах. Схема векторного частотно-токового регулирования скорости асинхронного двигателя с косвенной ориентацией по полю построенная на базе автономного источника тока. Схема векторного частотно-токового регулирования скорости асинхронного двигателя с прямой ориентацией по вектору потокосцепления. Принципы построения бездатчиковых частотно-регулируемых электроприводов. . [1]: Гл. 2; [2] Гл. 2

*Лабораторная работа №3.* Исследование систем векторного управления асинхронным двигателем

**Модуль 3. Анализ и синтез систем управления электроприводов переменного тока. Энергетика электроприводов.**

#### **4.2.8. Анализ и синтез систем управления частотно-регулируемых электроприводов**

Структурные схемы. Методика синтеза многоконтурных систем управления электроприводами переменного тока. Методика расчета статических и динамических характеристик и показателей качества работы частотно-регулируемых электроприводов. Прикладные программы расчета. Вопросы линеаризации и адаптации. Цифровые системы управления работы частотно-регулируемыми электроприводами. Особенности переходных процессов в синхронном электроприводе.

*Лабораторная работа №4.* Исследование разомкнутых скалярных систем преобразователь частоты – асинхронный двигатель.

#### **4.2.9. Энергетика электроприводов**

Постоянные и переменные потери мощности при номинальном и других установившихся режимах, коэффициент потерь электродвигателя. Энергетические показатели регулируемого электропривода в установившемся режиме. Потери электроэнергии в переходных процессах электропривода и способы их снижения. Оценка энергетической эффективности электропривода. Оценка надежности электропривода. Экономические аспекты проектирования электроприводов. [2]: Гл. 5; [2] Гл. 5.

## **6. ПРОГРАММА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов состоит в проработке лекционного материала и некоторых разделов дисциплины, подготовке к лабораторным работам и защите отчетов по лабораторным работам согласно рейтинг-плана.

Она включает следующие пункты:

- 1) Текущая проработка лекционного материала
- 2) Проработка некоторых разделов дисциплины
- 3) Подготовка к лабораторным работам
- 4) Защита отчетов по лабораторным работам
- 5) Подготовка к контрольным работам

### **6. Организация и учебно – методическое обеспечение СР студентов**

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения. Для реализации творческих способностей и более глубокого освоения дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы: 1) *текущая* и 2) *творческая проблемно – ориентированная*.

**6.1. Текущая самостоятельная работа**, направленная на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- выполнение домашних заданий;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- подготовку к контрольным работам, зачету, экзамену;

**6.2. Творческая проблемно – ориентированная самостоятельная работа (ТСР)** предусматривает:

- исследовательскую работу и участие в научных студенческих конференциях и олимпиадах;

- поиск, анализ, структурирование и презентацию информации;
- углубленное исследование вопросов по тематике лабораторных работ.

### **6.3. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине**

6.3.1. С целью развития творческих навыков у студентов при изучении настоящей дисциплины определен примерный перечень *тем научно– исследовательских работ и рефератов по наиболее проблемным задачам и вопросам теоретического и практического плана (выдаются наиболее одаренным студентам )*:

- перспективы развития систем электроприводов переменного тока;
- модернизация существующих систем электроприводов постоянного и переменного тока;
- перспективы развития элементной базы систем управления электроприводами.

6.3.2. *Темы индивидуальных заданий для реферативных работ:*

- роль научных трудов Горева А.А. в исследованиях вопросов электромеханических переходных процессов в асинхронных электроприводах;
- автоматическое управление при пуске, реверсе и торможении двигателей постоянного тока;
- автоматическое управление при пуске, реверсе и торможении асинхронных двигателей;
- переходные процессы в асинхронных электроприводах;
- переходные процессы в синхронных электроприводах;
- асинхронные вентильные каскады и двигатели двойного питания.

6.3.3. *Темы, выносимые на самостоятельную проработку:*

- современное состояние электромашиностроения;
- современные системы электроприводов;
- формирование статических характеристик электропривода в замкнутой системе преобразователь-двигатель;
- особенности двигателей смешанного возбуждения.

### **6.4. Контроль самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения отдельных модулей дисциплины осуществляется посредством:

- защиты лабораторных работ в соответствии графиком выполнения;
- защиты рефератов по выполненным обзорным работам и проведенным исследованиям;
- результатов ответов на контрольные вопросы (контрольные вопросы имеются в электронной форме и в распечатанном виде);
- опроса студентов на практических занятиях;

Оценка текущей успеваемости студентов определяется в баллах в соответствии рейтингом – планом, предусматривающим все виды учебной деятельности.

### **6.5. Учебно – методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

При выполнении самостоятельной работы студенты имеют возможность пользоваться специализированными источниками, приведенными в разделе 9. «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и *Internet*-ресурсами.

## 7. Средства текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины (фонд оценочных средств)

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

<b>Контролирующие мероприятия</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине</b>
<i>Выполнение и защита лабораторных работ</i>	P4
<i>Выполнение и защита практических заданий</i>	P10
<i>Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели</i>	P5, P7
<i>Выполнение самостоятельных работ</i>	P4, P5
<i>Тестирование</i>	P4, P5, P7
<i>Дифференцированный зачет</i>	P4, P5, P7, P10

Для текущей оценки качества освоения дисциплины и её отдельных модулей разработаны и используются следующие средства:

- список контрольных вопросов по отдельным темам и разделам (приведен в «Приложении»);
- тесты для контроля знаний по теоретическим разделам дисциплины;
- перечень тем научно– исследовательских работ и рефератов по наиболее проблемным задачам и вопросам теоретического и практического плана изучаемой дисциплины (представлены в п. 6.3);
- комплект задач для закрепления теоретического материала;
- методические указания к лабораторным работам и отчеты по результатам их выполнения;

### 7.1. Требования к содержанию экзаменационных вопросов

Зачетные билеты включают три типа заданий:

1. Теоретический вопрос.
2. Расчетная задача.
3. Тестовые задания.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Перечень используемых информационных продуктов

Учебно-методическое обеспечение теоретического раздела дисциплины (лекций) базируется на учебниках и учебных пособиях издательств «Энергоатомиздат», «Высшая школа», имеющихся в научно-технической библиотеке ТПУ в достаточном количестве, а также подкреплено учебными пособиями и методическими указаниями по изучению дисциплины, разработанными сотрудниками кафедры «Электропривод и электрооборудование» и изданными в ТПУ. При чтении лекции используются современные технические средства обучения (цветные телевизоры с видеокамерами, эпизод, слайдпроект, передвижной экран). Все лекции читаются с применением технических средств обучения, для этого разработано и выполнено 95 телевизионных заставок, около 450 слайдов.

Учебно-методическое обеспечение лабораторных работ полное. Методические указания по выполнению лабораторных работ изданы в 2012 г. общим тиражом 100 экз. При подготовке к выполнению каждой лабораторной работы имеется возможность осуществлять самоконтроль по прилагаемым в них вопросам.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### 9.1. Основная литература по дисциплине

1. Электрический привод [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), 2-е изд. — 1 компьютерный файл (pdf; 1.3 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m281.pdf>.

2. Чернышев А.Ю. Электропривод переменного тока: учебное пособие / А.Ю. Чернышев, Ю.Н. Дементьев, И.А. Чернышев; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. — 213 с.

3. Чернышев А.Ю. Электроприводы переменного тока фирмы DANFOS. Лабораторный практикум: учебное пособие / А.Ю. Чернышев, С.В. Ланграф, И.А. Чернышев; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. — 154 с.

### 9.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Онищенко Г.Б., Аксенов М.И. и др. Автоматизированный электропривод промышленных установок. - М.: РАСХН - 2001. 520 с.

2. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты: – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. 654 с.

3. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб. Для вузов. - М.: Высш. шк., 2001.- 327 с.: ил.

4. Поздеев А.Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых асинхронных электроприводах. - Чебоксары: Изд-во Чуваш.ун-та, 1998.- 172 с.: ил.

### 9.3. Методические пособия и указания

1. Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Расчет характеристик электроприводов переменного тока. Ч1. Асинхронный двигатель: Учебное пособие.– Томск: Изд-во ТПУ, 2005.

2. Чернышев А.Ю., Ланграф С.В. Изучение преобразователя частоты модели «ВЕСПЕР Е1-9001»: Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по курсу «Электропривод переменного тока» для студентов специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». – Томск: Изд. ТПУ, 2002.-23 с.

3. Чернышев А.Ю., Ланграф С.В., Чернышев И.А. Исследование систем «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель»: Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по курсу «Электропривод переменного тока» для студентов специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». – Томск: Изд. ТПУ, 2003.-23 с.

4. Чернышев А.Ю., Ланграф С.В., Чернышев И.А. Исследование систем скалярного частотного управления асинхронным двигателем»: Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по курсу «Электропривод переменного тока» для студентов специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». – Томск: Изд. ТПУ, 2003.-23 с.

5. Чернышев А.Ю. и др. Частотно-регулируемое управление электродвигателями на основе оборудования компании “DANFOS”: Лабораторный практикум. – Томск: Изд. ТПУ, 2006.-159 с.

#### Программное обеспечение и *Internet*-ресурсы:

1. *MSOffice*
2. *MathCad*

3 *MatLab*

4. <http://www.siemens.com/entry/cc/en/> – фирма *Siemens*

5. <http://www.abb.com/product/us/9AAC100211.aspx> – фирма *ABB*

6. <http://www.danfoss.com/Products/Literature/Technical+Documentation.htm> – фирма *Danfoss*

### 10. Материально – техническое обеспечение дисциплины

– лабораторные работы проводятся в специализированных учебных лабораториях; компьютеры подключены к сети учебного корпуса ЭНИН с выходом в *Internet*; используется электронный вариант лабораторных работ, разработанный на кафедре;

– практические занятия проводятся в компьютерных классах;

– лекции читаются в учебных аудиториях с использованием технических средств; материал лекций представлен в виде презентаций в *Power Point*;

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд.
1	Лекционная аудитория	310/8
2	<i>Компьютерные классы</i> : компьютеры на базе Intel Core 2 Duo E4600 – 15 шт.; лицензионные программы.	8 уч. корпус, 119 – 121, 128 ауд.
3	Международная научно-образовательная лаборатория «Данфосс»: 5 лабораторных стендов, оснащенных оборудованием европейских фирм Danfoss (Дания), Moeller, RITTAL (Германия).	8 уч. корпус, 221 ауд.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль подготовки - Электроприводы и системы управления электроприводов

Программа одобрена на заседании кафедры  
*Электропривода и электрооборудования*

(протс Протокол №16 от «22» июня 2015 г.

Автор



к.т.н., доцент, Чернышев А.Ю.

Рецензент:



д.т.н., профессор каф. ЭПЭО С.И. Качин

**Образец контролирующих материалов для проверки остаточных знаний:**

**Задание № 0 ....**

1. Приведите пример схемы замещения асинхронного двигателя.
2. Дайте определение понятиям «естественная характеристика», «искусственная характеристика» двигателя переменного тока.
3. Изобразите естественную и две искусственные механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя при регулировании скорости изменением добавочного сопротивления цепи обмотки ротора.
4. Назовите основные типы преобразователей частоты, используемых в автоматизированном электроприводе.

## Образцы заданий для рубежного контроля

### Контрольная работа № 1

#### Вариант 1

1. Представление вектора тока через мгновенные значения фазных токов.
2. Покажите аналитически, что частота вращения вектора тока ротора совпадает с частотой вращения вектора тока статора.
3. Вектор потокосцепления статора, создаваемый токами статора. Вывод уравнения в неподвижной системе координат.
4. Электромагнитная мощность и момент трехфазного асинхронного двигателя.
5. Структурная схема одноконтурной системы ТРН-АД. Передаточная функция по управляющему воздействию. Вывод уравнения.

#### Вариант 2

1. Представление вектора напряжения через мгновенные значения фазных токов.
2. Вращающаяся система координат. Представление вектора тока во вращающейся и неподвижной системах координат. Их связь.
3. Вектор потокосцепления статора, создаваемый токами статора и ротора. Вывод уравнения в неподвижной системе координат.
4. Упрощенная структурная схема АД при управлении со стороны обмотки статора изменением частоты при постоянной величине потока статора. Вывод. Обоснование.
5. Структурная схема одноконтурной системы ТРН-АД. Передаточная функция по возмущающему воздействию. Вывод уравнения.

#### Вариант 3

1. Представление вектора потокосцепления через мгновенные значения фазных токов.
2. Прямое координатное преобразование. Векторные диаграммы. Уравнения.
3. Уравнения равновесия э.д.с. для статорной цепи в векторной форме в неподвижной системе координат.
4. Упрощенная структурная схема АД при управлении со стороны обмотки статора изменением напряжения. Вывод. Обоснование.
5. Структурная схема одноконтурной системы ТРН-АД. Синтез параметров регулятора скорости при настройке на модульный оптимум.

## Образец экзаменационного билета

<p><b>МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</b></p> <p>Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования <b>«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»</b></p>
<p><b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2</b></p> <p>ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Электропривод переменного тока» ФАКУЛЬТЕТ ЭНИН</p> <p><b>КУРС        2</b></p>
<p>1. Асинхронный электропривод с двухступенчатым преобразователем частоты – инвертором тока. Схема силовой цепи. Работа. Механические характеристики.</p> <p>2. Механические и электромеханические характеристики частотно-регулируемого электропривода с законом регулирования <math>f_1 = \text{var}, U_{1\phi} / \sqrt{f_1} = \text{const}</math></p>
<p>Составил _____ доц. А.Ю. Чернышев</p> <p>Утверждаю:</p> <p>зав.кафедрой ЭПЭО _____ доц. Дементьев Ю.Н</p> <p>«    » _____ 2015г</p>

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра  
«Электропривод и  
электрооборудование»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.Н.Дементьев  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Тема курсовой работы: ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ  
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Объем 1. Графическая часть 1 лист формата А3  
2. Пояснительная записка – (25-30) стр. машинописного текста на фор-  
мате А4.

Содержание графической части:

- принципиальная электрическая схема силовой цепи электропривода; функциональные и структурные схемы систем частотно-регулируемого асинхронного электропривода; статические и переходные характеристики электропривода.

Содержание пояснительной записки:

Титульный лист  
Техническое задание  
Содержание

1. Введение.
2. Общие вопросы проектирования. Основу курсового проекта составляет электропривод переменного тока с векторным регулированием скорости.
3. Основные разделы работы:
  - 3.1. Общие положения. Принципы построения систем векторного управления в бездатчиковых электроприводах.
  - 3.2. Обоснование выбора функциональной схемы электропривода переменного тока с векторным регулированием скорости.
  - 3.3. Расчет параметров схемы замещения асинхронного двигателя.
  - 3.4. Расчет статических характеристик асинхронного двигателя. Анализ полученных результатов.
  - 3.5. Структурная схема асинхронного двигателя.
  - 3.6. Расчет переходных процессов пуска асинхронного двигателя прямым включением в сеть и при изменении нагрузки. Анализ полученных результатов.
  - 3.7. Обоснование и выбор структурной схемы электропривода переменного тока с векторным регулированием скорости.
    - 3.7.1. Оптимизация контура тока.
    - 3.7.2. Оптимизация контура потокосцепления.
    - 3.7.3. Оптимизация контура скорости.
  - 3.8. Разработка схем имитационных моделей электропривода с векторным управлением в бездатчиковых электроприводах.

3.8.1. Расчет переходных процессов пуска двигателя, наброса и сброса нагрузки, регулирования скорости

3.8.1. Анализ полученных результатов.

4. Заключение.

5. Список используемой литературы.

Дата выдачи задания «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015г.

Задание принял к исполнению «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Руководитель \_\_\_\_\_

(подпись)

Чернышев А. Ю.

(ФИО)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра  
«Электропривод и  
электрооборудование»

«УТВЕРЖДАЮ»  
Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.Н.Дементьев  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Тема курсовой работы: ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ФАЗОВЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ

Объем 1. Графическая часть 1 лист формата А3  
2. Пояснительная записка – (25-30) стр. машинописного текста на формате А4.

Содержание графической части:

- принципиальная электрическая схема силовой цепи электропривода; функциональные и структурные схемы систем частотно-регулируемого асинхронного электропривода; статические и переходные характеристики электропривода.

Содержание пояснительной записки:

Титульный лист  
Техническое задание  
Содержание

- 4. Введение.
- 5. Общие вопросы проектирования. Основу курсового проекта составляет электропривод переменного тока с фазовым регулированием скорости.
- 6. Основные разделы работы:
  - 3.1. Общие положения. Принципы построения систем «регулятор напряжения - асинхронный двигатель».
  - 3.2. Обоснование выбора функциональной схемы электропривода переменного тока с фазовым регулированием скорости.
  - 3.3. Расчет параметров схемы замещения асинхронного двигателя.
  - 3.4. Расчет статических характеристик асинхронного двигателя. Анализ полученных результатов.
  - 3.5. Структурная схема асинхронного двигателя.
  - 3.6. Расчет переходных процессов пуска асинхронного двигателя прямым включением в сеть и при изменении нагрузки. Анализ полученных результатов.
  - 3.7. Обоснование и выбор функциональной схемы электропривода переменного тока с фазовым регулированием скорости. Назначение и область применения.
    - 3.7.1. Обоснование и выбор регулятора напряжения;
    - 3.7.2. Расчет электромеханических и механических характеристик разомкнутой системы «регулятор напряжения - асинхронный двигатель» для различных задающих напряжений.
    - 3.7.3. Анализ полученных результатов.

3.8. Рассчитать потери в асинхронном двигателе при работе на искусственных характеристиках для вентиляторной нагрузки. Принять момент сопротивления вентилятора равным

$$M(\omega) = 0,15 \cdot M_{сг} + 0,85 \cdot M_{сг} \left( \frac{\omega}{\omega_г} \right)^2 ;$$

3.9. Провести расчет переходных процессов скорости и момента для режима пуска, сброса и наброса нагрузки на валу двигателя для режимов прямого пуска и пуска от задатчиков интенсивности с различными законами изменения напряжения управления и вентиляторной нагрузкой на валу двигателя;

3.10. Определить потери мощности в двигателе при его пуске. Определить оптимальное время пуска асинхронного двигателя исходя из минимума потерь при пуске. Произвести анализ полученных результатов теоретических расчетов;

- произвести синтез параметров регулятора скорости в замкнутой одноконтурной системе "Тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель" с обратной связью по скорости;
- рассчитать и построить электромеханические и механические характеристики замкнутой одноконтурной системы "Тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель" для различных задающих напряжений;
- для замкнутой одноконтурной системы "Тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель" провести расчет переходных процессов скорости и момента для режимов пуска, сброса и наброса нагрузки на валу двигателя. Произвести анализ полученных результатов теоретических расчетов;

4. Заключение.

5. Список литературы.

Дата выдачи задания « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

Задание принял к исполнению « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Руководитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

Чернышев А.Ю.  
(ФИО)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра  
«Электропривод и  
электрооборудование»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.Н.Дементьев  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Тема курсовой работы: ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ  
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Объем 1. Графическая часть 1 лист формата А3  
2. Пояснительная записка – (25-30) стр. машинописного текста на формате А4.

Содержание графической части:

- принципиальная электрическая схема силовой цепи электропривода; функциональные и структурные схемы систем частотно-регулируемого асинхронного электропривода; статические и переходные характеристики электропривода.

Содержание пояснительной записки:

Титульный лист  
Техническое задание  
Содержание

7. Введение.
8. Общие вопросы проектирования. Основу курсового проекта составляет электропривод переменного тока с векторным регулированием скорости.
9. Основные разделы работы:
  - 3.1. Общие положения. Принципы построения систем векторного управления в бездатчиковых электроприводах.
  - 3.2. Обоснование выбора функциональной схемы электропривода переменного тока с векторным регулированием скорости.
  - 3.3. Расчет параметров схемы замещения асинхронного двигателя.
  - 3.4. Расчет статических характеристик асинхронного двигателя. Анализ полученных результатов.
  - 3.5. Структурная схема асинхронного двигателя.
  - 3.6. Расчет переходных процессов пуска асинхронного двигателя прямым включением в сеть и при изменении нагрузки. Анализ полученных результатов.
  - 3.7. Обоснование и выбор структурной схемы электропривода переменного тока с векторным регулированием скорости.
    - 3.7.1. Оптимизация контура тока.
    - 3.7.2. Оптимизация контура потокосцепления.
    - 3.7.3. Оптимизация контура скорости.
  - 3.8. Разработка схем имитационных моделей электропривода с векторным управлением в бездатчиковых электроприводах.
    - 3.8.1. Расчет переходных процессов пуска двигателя, наброса и сброса нагрузки, регулирования скорости

3.8.1. Анализ полученных результатов.

4. Заключение.

5. Список используемой литературы.

Дата выдачи задания «\_\_»\_\_\_\_\_ 2015 г.

Задание принял к исполнению «\_\_»\_\_\_\_\_ 2015 г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Руководитель \_\_\_\_\_

(подпись)

Чернышев А. Ю.

(ФИО)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра  
«Электропривода и электрооборудования»

«УТВЕРЖДАЮ»  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.Н.Дементьев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

Тема курсовой работы: АСИНХРОННЫЙ СКАЛЯРНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД  
ЦИРКУЛЯРНОЙ ПИЛЫ

Объем 1. Графическая часть 1 лист формата А3

2. Пояснительная записка – (25-30) стр. машинописного текста на формате А4.

Содержание графической части:

- принципиальная электрическая схема силовой цепи электропривода; функциональные и структурные схемы систем частотно-регулируемого асинхронного электропривода; статические и переходные характеристики электропривода.

Содержание пояснительной записки:

Титульный лист  
Техническое задание  
Содержание

10. Введение.

11. Общие вопросы проектирования. Объект автоматизации. Технологический процесс.

12. Основные разделы работы:

3.1. Объект автоматизации. Механизм. Технологический процесс.

3.2. Обоснование выбора функциональной схемы электропривода переменного тока со скалярным регулированием скорости.

3.3. Расчет параметров схемы замещения асинхронного двигателя.

3.4. Расчет статических характеристик асинхронного двигателя. Анализ полученных результатов.

3.5. Структурная схема асинхронного двигателя.

3.6. Расчет переходных процессов пуска асинхронного двигателя прямым включением в сеть и при изменении нагрузки. Анализ полученных результатов.

3.6.1. Анализ полученных результатов.

3.7. Обоснование и выбор структурной схемы электропривода переменного тока со скалярным регулированием скорости и компенсацией момента и скольжения.

3.7.1. Расчет электромеханических и механических характеристик системы «Преобразователь частоты - асинхронный двигатель» для следующих частот преобразователя: 5, 15, 30 и 50 Гц и законом регулирования

частоты преобразователя класса:  $U_{1j}/f_{1j} = \text{const}$  ( $U_{1j}/f_{1j}^2 = \text{const}$ ;  $U_{1j}/\sqrt{f_{1j}} = \text{const}$  по указанию

преподавателя) с компенсацией момента (и скольжения).

3.7.2. Анализ полученных результатов.

3.8. Разработка структурной схемы асинхронного двигателя при скалярном частотном регулировании скорости.

3.9. Разработка схемы имитационной модели электропривода при скалярном частотном регулировании скорости и законом регулирования частоты преобразователя класса  $U_{1j}/f_{1j} = \text{const}$  (по указанию преподавателя).

- 3.10. Разработка структурной схемы асинхронного двигателя при скалярном частотном регулировании скорости с компенсацией момента (и скольжения).
- 3.11. Разработка схемы имитационной модели электропривода с компенсацией момента (и скольжения) и законом регулирования частоты преобразователя класса:  $U_{1j}/f_{1j} = \text{const}$  (по указанию преподавателя) с компенсацией момента (и скольжения).
- 3.12. Имитационное моделирование переходных режимов электропривода при частотном скалярном управлении с компенсацией момента (и скольжения).
- 3.12.1. Анализ полученных результатов.

4. Заключение.

5. Список используемой литературы.

Дата выдачи задания «    »\_сентября 2015 г.

Задание принял к исполнению «    »\_сентября 2015 г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Руководитель \_\_\_\_\_

(подпись)

Чернышев А. Ю.

(ФИО)