

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель совета факультета  
энергетики и систем управления

  
Бурковский А.В.

17.06. 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Устойчивость работы электрических машин**

Закреплена за кафедрой: **электромеханических систем и электроснабжения**

Для направления подготовки: **13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

Магистерская программа: **«Технология проектирования и производства электрических машин для устойчивой работы в заданных условиях с учетом геометрии воздушного зазора»**

Часов по УП: **324**; Часов по РПД: **324**;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): **288**; Часов по РПД: **288**;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: **8**

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: **8**

Часов на самостоятельную работу по УП: **241 (83 %)**;

Часов на самостоятельную работу по РПД: **241 (83 %)**

Общая трудоемкость в ЗЕТ: **9**;

Виды контроля в семестрах: Экзамен - 3; Курсовая работа - 3.

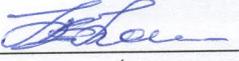
Форма обучения: **очная**;

Срок обучения: **нормативный**.

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах									
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции					11	11			11	11
Лабораторные					0	0			0	0
Практические					36	36			36	36
Ауд. занятия					47	47			47	47
Сам. работа					241	241			241	241
<b>Итого</b>					<b>288</b>	<b>288</b>			<b>288</b>	<b>288</b>

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным Образовательным стандартом высшего профессионального образования (ФГОС) по направлению подготовки – **13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»**. ФГОС утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 ноября 2014 г. № 1500.

Программу составил:  д.т.н., Кононенко К.Е.  
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент:  д.т.н. В.М. Питолич

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки магистров по направлению **13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**, магистерская программа «Технология проектирования и производства электрических машин для устойчивой работы в заданных условиях с учетом геометрии воздушного зазора».

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электромеханических систем и электроснабжения

протокол № 25 от 14.06. 2016 г.

Зав. кафедрой ЭМСЭС  В.П. Шелякин

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	<p><b>Цель изучения дисциплины</b> – приобретение магистрантом способностей находить творческие решения профессиональных задач, с готовностью принимать нестандартные решения, и использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии.</p> <p>Изучение дисциплины должно способствовать приобретению магистрами умений решения вопросов анализа устойчивости работы электрических машин и навыков моделирования переходных процессов в электромеханических системах и создания алгоритмов управления ими при выходе из установившихся режимов.</p>
1.2	<b>Для достижения цели ставятся задачи:</b>
1.2.1	изучение факторов, определяющих устойчивость электрической машины;
1.2.2	освоение основных законов устойчивой работы электромеханических преобразователей, позволяющих описать процессы происходящие в любом из типов электрических машин;
1.2.3	ознакомление магистров современными способами моделирования работы электрических машин в части динамики их работы;
1.2.4	изучение современных алгоритмов управления системами электромеханического преобразования энергии;
1.2.5	приобретение навыков анализа устойчивости электрических машин в различных условиях.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1.В.ОД.1	код дисциплины в УП: Б1.В.ОД1
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по следующим дисциплинам: высшая математика, физика, теоретические основы электротехники, электрические машины, математическое моделирование электрических машин в объеме бакалавриата	
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее</b>	
Б2.Н1	Научно-исследовательская работа

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код и наименование компетенции	
ОК-3	способность находить творческие решения профессиональных задач, с готовностью принимать нестандартные решения
ОПК-1	готовность использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии
ОПК-4	способность использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	основные законы динамики электрических машин;
3.1.2	основные способы моделирования электромеханических преобразователей;
3.1.3	основные алгоритмы управления электрической машиной;
3.1.4	основные необходимые и достаточные условия устойчивости электрической машины;
3.1.5	основные алгоритмы построения моделей электрических машин;
3.1.6	современные программные средства, позволяющие оценивать динамические свойства электрической машины;
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	создавать математические модели электрических машин различного типа;
3.2.2	решать типовые задачи моделирования динамики работы электрической машины;
3.2.3	анализировать и применять модели для анализа реальных объектов электромашиностроения;
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	методами теоретического исследования процессов, происходящих в электрической машине;
3.3.2	навыками проведения физического эксперимента в части исследования критериев устойчивости и обработки его результатов.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Общие вопросы устойчивости электрических машин	3	1-2	2	4	0	11	17
2	Устойчивость работы машин постоянного тока	3	3-8	3	12	0	60	75
3	Устойчивость работы синхронных машин	3	9-14	3	12	0	100	115
4	Устойчивость работы асинхронных машин	3	15-18	3	8	0	70	81
Итого				11	36	0	241	241

##### 4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
Семестр 3		<b>11</b>	
<b>Раздел 1. Общие вопросы устойчивости электрических машин</b>		<b>2</b>	
1-2	Понятие устойчивости. Общие задачи устойчивости движения. Уравнение движения электрической машины	2	
<b>Раздел 2. Устойчивость работы машин постоянного тока</b>		<b>3</b>	
3-4	Механические характеристики машин постоянного тока Самостоятельное изучение: «Методы расчета момента инерции»	1	
5-6	Устойчивость по Ляпунову Самостоятельное изучение: «Методика исследования устойчивости работы на основе анализа дифференциальных уравнений первого приближения»	1	
7-8	Устойчивость работы машин постоянного тока при различном питающем напряжении	1	
<b>Раздел 3. Устойчивость работы синхронных машин</b>		<b>3</b>	
9-10	Понятие устойчивости работы синхронного двигателя. Дифференциальные уравнения синхронных двигателей	1	
11-12	Формулирование представления о границе устойчивой работы синхронной машины	1	
13-14	Устойчивость работы однофазных синхронных двигателей Самостоятельное изучение: «Влияние емкости фазосдвигающего конденсатора на устойчивость работы синхронного двигателя с постоянными магнитами»	1	
<b>Раздел 4. Устойчивость работы асинхронных машин</b>		<b>3</b>	
15-16	Устойчивость работы асинхронного двигателя Самостоятельное изучение: «Уравнения асинхронного двигателя, позволяющие решать задачу устойчивости»	1	
17-18	Расширение зоны устойчивой работы асинхронного привода	2	
<b>Итого часов</b>		<b>11</b>	

## 4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
<b>Семестр 3</b>		<b>36</b>	<b>8</b>	
<b>Раздел 1. Общие вопросы устойчивости электрических машин</b>		<b>4</b>		
1	Вводное занятие. Входной контроль	2		опрос
2	Кинематика вращательного движения ротора электрической машины	2		обсуждение вопросов
<b>Раздел 2. Устойчивость работы машин постоянного тока</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	
3	Расчет момента инерции якоря двигателя постоянного тока	2		проверка конспектов
4	Анализ устойчивости двигателя постоянного тока при синусоидальном питающем напряжении	2	1	обсуждение вопросов
5-6	Оценка устойчивости двигателя постоянного тока при пульсирующем питающем напряжении	4	1	решение задач
7-8	Анализ устойчивости двигателя постоянного тока при случайных механических возмущениях	4	1	контрольная работа
<b>Раздел 3. Устойчивость работы синхронных машин</b>		<b>12</b>	<b>3</b>	
9	Расчет моментов инерции роторов синхронных машин различной конструкции	2		проверка конспектов
10	Дифференциальные уравнения синхронных двигателей с электромагнитным возбуждением	2	1	обсуждение вопросов
11-12	Исследование устойчивости работы синхронного двигателя на основе анализа дифференциальных уравнений первого приближения	4	1	решение задач
13-14	Определение области устойчивой и неустойчивой работы синхронных двигателей с постоянными магнитами	4	1	контрольная работа
<b>Раздел 4. Устойчивость работы асинхронных машин</b>		<b>8</b>	<b>2</b>	
15	Расчет моментов инерции роторов асинхронных машин	2		проверка конспектов
16	Анализ зависимости механической характеристики асинхронного двигателя от его электрических параметров	2	1	обсуждение вопросов
17	Определение области устойчивой работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	2	1	решение задач
18	Анализ влияния упругих механических связей в асинхронном приводе на устойчивость двигателя	2		контрольная работа
<b>Итого часов</b>		<b>36</b>	<b>8</b>	

### 4.3 Лабораторные работы планом не предусмотрены

### 4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
<b>Семестр 3</b>		<b>Экзамен, курсовая работа</b>	241
1	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
	Выполнение курсовой работы	проверка	10
2	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
	Выполнение курсовой работы	проверка	10
3	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
	Подготовка конспекта по теме «Методы расчета момента инерции»	проверка конспекта	4
4	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
	Выполнение курсовой работы	проверка	10
5	Выполнение курсовой работы	проверка	10
	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
6	Подготовка конспекта по теме «Методика исследования устойчивости работы на основе анализа дифференциальных уравнений первого приближения»	проверка конспекта	4
	Выполнение курсовой работы	проверка	10
7	Выполнение курсовой работы		10
	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
8	Выполнение курсовой работы	проверка	10
	Подготовка к контрольной работе	контрольная работа	4
9	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
10	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
	Выполнение курсовой работы	проверка	10
11	Выполнение курсовой работы	проверка	10
12	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
	Выполнение курсовой работы	проверка	10
13	Выполнение курсовой работы	проверка	10
	Подготовка конспекта по теме «Влияние емкости фазосдвигающего конденсатора на устойчивость работы синхронного двигателя с постоянными магнитами»	проверка конспекта	4
14	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
	Подготовка к контрольной работе	контрольная работа	4
15	Выполнение курсовой работы	проверка	12
	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
16	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
	Выполнение курсовой работы	проверка	12
	Подготовка конспекта по теме «Уравнения асинхронного двигателя, позволяющие решать зада-	проверка конспекта	4

	чу устойчивости»		
17	Выполнение курсовой работы	проверка	12
	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
18	Подготовка к практическому занятию	устный опрос	4
	Выполнение курсовой работы	защита	11
	Подготовка к контрольной работе	контрольная работа	4

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	<b>В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:</b>
5.1	<b>Лекции:</b> – информационные лекции; – проблемные лекции; – лекции-дискуссии.
5.2	<b>Практические занятия:</b> – совместное обсуждение вопросов лекций; – решение прикладных задач по темам научной работы; – занятия с применением затрудняющих условий; – решение задач методом Делфи.
5.3	<b>Лабораторные работы:</b> – выполнение лабораторных работ в соответствии с индивидуальным графиком, – защита выполненных работ.
5.4	<b>Самостоятельная работа студентов:</b> – изучение теоретического материала, – подготовка к лекциям, лабораторным работам и практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой. – оформление конспектов лекций, подготовка отчетов, – подготовка к контрольным работам, к зачету.
5.5	<b>Консультации</b> по всем вопросам научной работы.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ МАГИСТРАНТОВ

<b>6.1</b>	<b>Контрольные вопросы и задания</b>
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: – проверка конспекта лекций для самостоятельного изучения; – проверка выполнения практических заданий; – контрольные работы; – отчет и защита выполненных лабораторных работ.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает вопросы к экзаменам и зачету. Фонд оценочных средств представлен в учебно-методическом комплексе дисциплины.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	<b>Кононенко А.В.</b>	Устойчивость работы и переходные процессы электрических машин переменного тока: учеб. пособие. / А.В. Кононенко, К.Е. Кононенко – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 110 с.	2014 комп.	1
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Копылов И.П.	Математическое моделирование электрических машин	2001 печат.	0,5
7.1.2.2	Кононенко К.Е.	Устойчивость работы синхронных двигателей малой мощности	2000 печат.	0,25
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	Дмитриев О.А.	Электрический привод: Практикум: Учеб. пособие	2011 печат.	0,75

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1	<b>Специализированная лекционная аудитория</b> , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
8.2	<b>Дисплейный класс</b> , оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторных и практических работ
8.3	<b>Учебная лаборатория</b> , оборудованная для проведения лабораторного практикума

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Фонд оценочных средств

#### 1 Примерные задания на выполнение контрольных работ по дисциплине

- 1.1 Расчет момента инерции ротора электрической машины;
- 1.2 Определение критериев устойчивости электрической машины;
- 1.3 Определение границ устойчивости работы электрической машины;
- 1.4 Создание математической модели электрической машины для анализа устойчивости ее работы;
- 1.5 Анализ устойчивости электрической машины при случайных механических возмущениях;

#### 2 Вопросы для самоконтроля (зачет и экзамен)

- 2.1 Понятие устойчивости.
- 2.2. Общие задачи устойчивости движения.
- 2.3 Устойчивость по Ляпунову.
- 2.4 Уравнение движения электрической машины.
- 2.5 Методы расчета момента инерции ротора электрической машины.
- 2.6 Методы экспериментальной проверки момента инерции вращающейся части электрической машины.
- 2.7 Отличия механических характеристик машин постоянного тока с различным способом возбуждения.
- 2.8 Влияние формы питающего напряжения на устойчивость работы машин постоянного тока.
- 2.9 Устойчивость работы синхронного двигателя.
- 2.10 Дифференциальные уравнения синхронных двигателей в различных системах координат.
- 2.11 Определение границ устойчивой работы синхронной машины.
- 2.12 Методика исследования устойчивости работы на основе анализа дифференциальных уравнений первого приближения
- 2.13 Проблема устойчивости работы однофазных синхронных двигателей.
- 2.14 Влияние емкости фазосдвигающего конденсатора на устойчивость квазисинхронного режима работы синхронного неявнополюсного двигателя с постоянными магнитами
- 2.15 Устойчивость работы асинхронного двигателя.
- 2.16 Уравнения асинхронного двигателя, позволяющие решать задачу устойчивости
- 2.17 Возможности расширения зоны устойчивой работы асинхронного привода.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой**

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания.	Обеспеченность
<b>1. Основная литература</b>				
Л1.1	Кононенко А.В.	Устойчивость работы и переходные процессы электрических машин переменного тока: учеб. пособие. / А.В. Кононенко, К.Е. Кононенко – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 110 с.	2014 комп.	1
Л1.2				
<b>2. Дополнительная литература</b>				
Л2.1	Копылов И.П.	Математическое моделирование электрических машин	2001 печат.	0,5
Л2.2	Кононенко К.Е.	Устойчивость работы синхронных двигателей малой мощности	2000 печат.	0,25
<b>3. Методические разработки</b>				
Л3.1	Дмитриев О.А.	Электрический привод: Практикум	2011 печат.	0,75
Л3.2				

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /Шелякин В.П./