

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.   
(подпись)  
17.06 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Моделирование электромагнитного поля

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

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

**Направление подготовки (специальности):**

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код, наименование)

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

(название профиля по УП)

**Часов по УП: 288; Часов по РПД: 288;**

**Часов по УП (без учета часов на экзамены): 252; Часов по РПД: 252;**

**Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: 0**

**Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: 0**

**Часов на самостоятельную работу по УП: 198 (78%);**

**Часов на самостоятельную работу по РПД: 198 (78%)**

**Общая трудоемкость в ЗЕТ: 8;**

**Виды контроля в семестрах (на курсах):** Экзамены – 1; Зачеты - 0; Курсовые проекты – 1;  
Курсовые работы - 0.

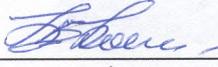
**Форма обучения:** очная;

**Срок обучения:** нормативный.

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах	
	1 / 18	
	УП	РПД
Лекции	0	0
Лабораторные	18	18
Практические	36	36
Ауд. занятия	54	54
Сам. работа	198	198
Итого	252	252

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 ноября 2014г. № 1500.

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

Рецензент  д.т.н., Питолин В.М.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров 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 обсуждена 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	<b>Цель изучения дисциплины</b> – формировать способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности.
1.2	<b>Для достижения цели ставятся задачи:</b>
1.2.1	Изучения методов проведения расчетов электромагнитного поля.
1.2.2	Освоение основных технических средств, использующихся при проведении научных исследований электромагнитного поля.
1.2.3	Ознакомление учащихся с историей развития теории расчетов электромагнитного поля.
1.2.4	Ознакомление с современными программными комплексами, используемыми при проведении вычислительных экспериментов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1.В.ДВ.1	код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.1
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по физике, теоретическим основам электротехники и математике в пределах учебной программы курса высшей школы.	
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее</b>	
Б1.В.ОД.4	Математическое моделирование основных типов электрических машин.
Б1.В.ДВ.2	Спецкурс электрических машин

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

ОПК-4	готовностью использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии; готовностью применять основы инженерного проектирования технических объектов;
ОПК-2	способностью применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности;
ПК-2	готовностью решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	Основные методы расчетов электромагнитного поля.
3.1.2	Основную современную компьютерную технику, используемую в полевых задачах.
3.1.3	Основные программные продукты, используемые при проведении компьютерного моделирования и вычислительных экспериментов электромагнитного поля.
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	Выбирать наиболее подходящий метод расчета поля.
3.2.2	Использовать типовую компьютерную технику.
3.2.3	Проводить вычислительные эксперименты над электромагнитным полем и обрабатывать их результаты.
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	методами проведения вычислительных экспериментов над электромагнитным полем;
3.3.2	основами теории электромагнитного поля и его расчетов.

#### 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	Основные понятия метода конечных элементов.	1	1,2,	-	4	-	14	18
2	Теория электромагнитного поля.	1	3,4,5	-	4	4	40	48
3	Особенности расчета полевых задач от режимов работы электрических машин	1	6,7,8	-	4	4	40	48
4	Статический анализ электромагнитного поля.	1	9,10,11	-	6	2	10	18
5	Гармонический анализ электромагнитного поля.	1	11,12,13,14	-	8	4	38	50
6	О параметрах электрических машин.	1	15	-	4	-	6	10
7	Практическая реализация метода конечных элементов.	1	14,15,16,17,18	-	6	4	50	60
Итого				-	36	18	198	252

#### 4.1 Лекции не предусмотрены

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)

#### 4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
		<b>36</b>	-	
<b>Общие вопросы математического моделирования электрических машин.</b>		<b>4</b>	-	
2	Составление дифференциальных уравнений.	4	-	Обсуждение результатов
<b>Моделирование электромагнитного поля в машинах постоянного тока.</b>		<b>8</b>	-	
3	Задание параметров постоянных магнитов.	2	-	Обсуждение результатов
4	Задание магнитопроводящих материалов и граничных условий.	2	-	Обсуждение результатов
5	Расчет электромагнитного поля в коллекторных машинах постоянного тока.	2	-	Обсуждение результатов
6	Расчет электромагнитного поля в бесконтактных машинах постоянного тока.	2	-	Обсуждение результатов
<b>Моделирование электромагнитного поля в машинах переменного тока.</b>		<b>24</b>	-	
7	Моделирование однослойных обмоток.	2	-	Обсуждение результатов
8	Моделирование двухслойных обмоток.	2	-	Обсуждение результатов
9,10	Моделирование пускового режима асинхронной машины.	4	-	Обсуждение результатов
11,12	Моделирование номинального режима асинхронной машины.	4	-	Обсуждение результатов
13	Моделирование режима идеального холостого хода асинхронной машины.	2	-	Обсуждение результатов
14,15	Моделирование пускового режима синхронной машины с электромагнитным возбуждением.	4	-	Обсуждение результатов
16	Моделирование номинального режима синхронной машины с электромагнитным возбуждением.	2	-	Обсуждение результатов
17	Моделирование режима идеального холостого хода синхронной машины с электромагнитным возбуждением.	2	-	Обсуждение результатов
18	Итоговая контрольная работа.	2	-	Контр. раб.

#### 4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
<b>Моделирование электромагнитного поля</b>		<b>18</b>		
<b>Тема 1. Основные понятия метода конечных элементов</b>				
4	Создание геометрии электрической машины	2		отчет
5	Задание обмоток и токовых нагрузок.	2		отчет
<b>Тема 2. Теория электромагнитного поля</b>				
6	Определение электромагнитного момента вращения через	2		отчет

	тензоры натяжений в магнитном поле.			
<b>Тема 3. Особенности расчета полевых задач в зависимости от режимов работы электрических машин</b>				
7	Разбиение на сетку конечных элементов и задание скалярных параметров.	2		отчет
8	Моделирование электромагнитного поля в режиме холостого хода машины постоянного тока.	2		отчет
9	Моделирование электромагнитного поля в пусковом режиме машины постоянного тока.	2		отчет
<b>Тема 5. Гармонический анализ электромагнитного поля (низкочастотный)</b>				
10	Моделирование электромагнитного поля синхронного реактивного двигателя.	2		отчет
11	Моделирование электромагнитного поля в режиме холостого хода асинхронной машины.	2		отчет
12	Моделирование электромагнитного поля в пусковом режиме асинхронной машины.	2		отчет
<b>Тема 7. Практическая реализация метода конечных элементов</b>				
13	Моделирование электромагнитного поля в номинальном режиме асинхронной машины.	2		отчет
14	Моделирование электромагнитного поля в режиме холостого хода синхронной машины.	2		отчет
15	Моделирование электромагнитного поля в пусковом режиме синхронной машины.	2		отчет
16	Моделирование электромагнитного поля в номинальном режиме синхронной машины.	2		отчет
17	Самостоятельное моделирование электрической машины по теме магистерской диссертации (демонстрация приобретенный навыков).	2		оценка

#### 4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
<b>1 семестр</b>		<b>Экзамен</b>	<b>198</b>
2	Работа с учебником		6
	Выполнение курсового проекта.		6
3	Работа с конспектом лекций, с учебником		6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
4	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
5	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
6	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
7	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
8	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
9	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
10	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6

	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
11	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
12	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
13	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
14	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	6
15	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	6
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	8
16	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	8
	Выполнение курсового проекта.	оценка % выполнения	8
17	Работа с конспектом лекций, с учебником		8
	Подготовка к лабораторной работе	проверка отчета	4

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	<b>В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:</b>
5.1	<b>Информационные лекции;</b> лекции-визуализации; лекции-беседы; лекции-дискуссии.
5.2	<b>лабораторные работы:</b> – выполнение лабораторных работ в соответствии с индивидуальным графиком, – защита выполненных работ.
5.3	<b>самостоятельная работа студентов:</b> – изучение теоретического материала; – подготовка к лекциям, лабораторным работам; – работа с учебно-методической литературой; – выполнение курсового проекта; – подготовка к текущему контролю успеваемости, к экзамену.
5.4	<b>консультации</b> по всем вопросам учебной программы.

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

<b>6.1</b>	<b>Контрольные вопросы и задания</b>
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: – 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 примерные варианты контрольных работ, вопросы к зачету. Фонд оценочных средств представлен в учебно – методическом комплексе дисциплины.
<b>6.2</b>	<b>Темы письменных работ</b>
6.2.1	Входной контроль остаточных знаний по дисциплинам: «ТОЭ», «Высшая математика».
6.2.2	Контрольная работа по теме «Основные понятия метода конечных элементов».
6.2.3	Контрольная работа по теме «Особенности расчета полевых задач».
6.2.4	Контрольная работа по теме «Статический анализ электромагнитного поля».
6.2.5	Контрольная работа по теме «Гармонический анализ электромагнитного поля».

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспе- ченность
<b>7.1.1. Основная литература</b>				
7.1.1.0	Кононенко А.В.	Математическое моделирование асинхронных двигателей: учеб. пособие. / А.В. Кононенко, К.Е. Кононенко – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 95 с.	2014 элек- трон- ное	1,0
7.1.1.1	Сипайлов Г.А., Кононенко Е.В., Хорьков К.А.	Электрические машины (специальный курс): Учеб. для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа - 287 с.	1987 печат.	1,0
7.1.1.2	Сильвестр П., Феррари Р.	Метод конечных элементов для радиоинженеров и инженеров электриков – пер. с англ. – М.: Мир – 229 с.	1986 печат.	0,5
7.1.1.3	Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф.	ANSYS для инженеров: Справ. Пособие – М.: Машиностроение – 512 с.	2004 печат.	0,5
<b>7.1.2. Дополнительная литература</b>				
7.1.2.1	Иванов- Смоленский А.В.	Электромагнитные силы и преобразование энергии в электрических машинах машины: Учебное пособие для вузов – М.: Высшая школа - 312 с.	1989 печат.	0,25
7.1.2.2	Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.	Численные методы. – 4-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 636 с.	2006 печат.	0,25
7.1.2.3	Кирьянов Д.В.	MathCAD 13. – СПб.: БХВ-Петербург – 608 с.	2006 печат.	0,25
<b>7.1.3 Методические разработки</b>				
<a href="#">7.1.3.1</a>				
<a href="#">7.1.3.2</a>				
<a href="#">7.1.3.3</a>				
<b>7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы</b>				
7.1.4.1	Методические указания к выполнению лабораторных работ <b>представлены на сайте:</b> <a href="http://vorstu.ru/kafedrry/faem/kaf/emses/">http://vorstu.ru/kafedrry/faem/kaf/emses/</a>			
7.1.4.2	<b>Программные комплексы:</b> -MathCAD; - ANSYS.			
7.1.4.3	<b>Мультимедийные видеофрагменты:</b> – Современные технические средства расчета электромагнитного поля.			
7.1.4.4	<b>Мультимедийные лекционные демонстрации:</b> Презентации (авторские) по расчету электромагнитного поля.			

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

<b>8.1</b>	<b>Специализированная лекционная аудитория</b> , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
<b>8.2</b>	<b>Дисплейный класс</b> , оснащенный программным обеспечением для проведения лабораторного практикума
<b>8.3</b>	<b>Натурные лекционные демонстрации:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Презентация «Расчет электромагнитного поля в машине постоянного тока».</li><li>- Презентация «Расчет электромагнитного поля в асинхронной машине».</li><li>- Презентация «Расчет электромагнитного поля в синхронной машине».</li></ul>

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
Карта обеспеченности рекомендуемой литературой  
дисциплины «Моделирование электромагнитного поля»

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания.	Обеспеченность
<b>1. Основная литература</b>				
7.1. 1.0	Кононенко А.В.	Математическое моделирование асинхронных двигателей: учеб. пособие. / А.В. Кононенко, К.Е. Кононенко – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 95 с.	2014 электронное	1,0
Л1. 1	Сипайлов Г.А., Кононенко Е.В., Хорьков К.А.	Электрические машины (специальный курс): Учеб. для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа - 287 с.	1987 печат.	1,0
Л1. 2	Сильвестр П., Феррари Р.	Метод конечных элементов для радиоинженеров и инженеров электриков – пер. с англ. – М.: Мир – 229 с.	1986 печат.	0,5
Л1. 3	Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф.	ANSYS для инженеров: Справ. Пособие – М.: Машиностроение – 512 с.	2004 печат.	0,5
<b>2. Дополнительная литература</b>				
Л2. 1	Иванов-Смоленский А.В.	Электромагнитные силы и преобразование энергии в электрических машинах: Учебное пособие для вузов – М.: Высшая школа - 312 с.	1989 печат.	0,25
Л2. 2	Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.	Численные методы. – 4-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 636 с.	2006 печат.	0,25
Л2. 3	Кириянов Д.В.	MathCAD 13. – СПб.: БХВ-Петербург – 608 с.	2006 печат.	0,25
<b>3. Методические разработки</b>				
Л3. 1				

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