

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета Бурковский А.В.
«31» августа 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Теория метода конечных элементов для электромехаников»

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Технология проектирования и производства электрических машин для устойчивой работы в заданных условиях с учетом геометрии воздушного зазора

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы  /Кононенко К.Е./

Заведующий кафедрой
Электромеханических
систем и электроснабжения  /Шелякин В.П./

Руководитель ОПОП  /Кононенко К.Е./

Воронеж 2018

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: формировать способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности.

1.2. Задачи освоения дисциплины: изучения методов проведения расчетов электромагнитного поля; освоение основных технических средств, используемых при проведении научных исследований электромагнитного поля; ознакомление учащихся с историей развития теории расчетов электромагнитного поля; ознакомление с современными программными комплексами, используемыми при проведении вычислительных экспериментов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теория метода конечных элементов для электромехаников» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теория метода конечных элементов для электромехаников» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать основные методы расчетов электромагнитного поля.
	уметь проводить вычислительные эксперименты над электромагнитным полем и обрабатывать их результаты.
	владеть основами теории электромагнитного поля и его расчетов.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория метода конечных элементов для электромехаников» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего	Семестры
---------------------	-------	----------

	часов	1
Аудиторные занятия (всего)	62	62
В том числе:		
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	26	26
Самостоятельная работа	190	190
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	288	288
зач.ед.	8	8

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия метода конечных элементов.	Энергетический функционал. Линеаризация потенциалов. Разбиение на сеть конечных элементов.	6	6	30	42
2	Теория электромагнитного поля.	Система уравнений Максвелла. Начальные и граничные условия. Уравнения для потенциалов.	6	4	32	42
3	Особенности расчета полевых задач от режимов работы электрических машин	Выделение главных признаков основных типов электрических машин. Характер распределения магнитного поля в основных режимах работы.	6	4	32	42
4	Статический анализ электромагнитного поля.	Расчет поля машин постоянного тока. Расчет поля синхронного режима синхронной машины.	6	4	32	42
5	Гармонический анализ электромагнитного поля.	Расчет поля машин переменного тока (асинхронных и синхронных в асинхронном режиме работы)	6	4	32	42
6	О параметрах электрических машин.	Активные и индуктивные сопротивления. Их зависимость от температуры и величины магнитного потока.	6	4	32	42
Итого			36	26	190	252

5.2 Перечень лабораторных работ

Создание геометрии модели электрической машины. Задание свойств материалов электрической машины. Моделирование асинхронной машины методом конечных элементов. Моделирование синхронной машины с электромагнитным возбуждением методом конечных элементов. Моделирование бесконтактного двигателя методом конечных элементов. Моделирование синхронной реактивной машины методом конечных элементов. Моделирование электромагнитного поля в трансформаторах.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 1 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Электромагнитное поле электрической машины (тип машины согласуется с ориентировочной темой предстоящей ВКР)»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Построение геометрии модели машины.
- Задание начальных и граничных условий.
- Решение задачи и формулирование основных выводов.

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать основные методы расчетов электромагнитного поля.	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить вычислительные эксперименты над электромагнитным полем и обрабатывать их результаты.	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть основами теории электромагнитного поля и его расчетов.	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, ответы на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
--------------------	--	----------------------------	----------------	---------------	---------------	-----------------

	компетенции					
ПК-2	знать основные методы расчетов электромагнитного поля.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить вычислительные эксперименты над электромагнитным полем и обрабатывать их результаты.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть основами теории электромагнитного поля и его расчетов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

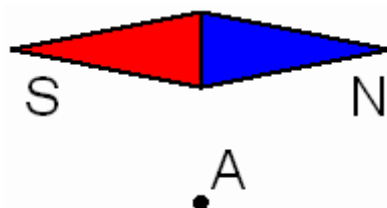
1. Магнит создает вокруг себя магнитное поле. Где будет проявляться действие этого поля наиболее сильно?

- А. Около полюсов магнита.
- Б. В центре магнита.
- В. Действие магнитного поля проявляется равномерно в каждой точке магнита.

2. При каком условии магнитное поле появляется вокруг проводника?

- А. Когда в проводнике возникает электрический ток.
- Б. Когда проводник складывают вдвое.
- В. Когда проводник нагревают.

3. На рисунке показано расположение магнитной стрелки. Как в точке А направлен вектор магнитной индукции?



- А. Вверх.
- Б. Вниз.
- В. Направо.
- Г. Налево.

4. Укажите фундаментальное свойство магнитного поля?

- А. Его силовые линии всегда имеют источники: они начинаются на положительных зарядах и оканчиваются на отрицательных.
- Б. Магнитное поле не имеет источников. Магнитных зарядов в природе нет.
- В. Его силовые линии всегда имеют источники: они начинаются на отрицательных зарядах и оканчиваются на положительных.

5. Выберите рисунок, где изображено магнитное поле.

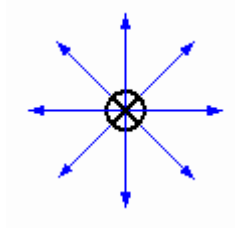


Рис. 1

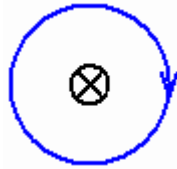
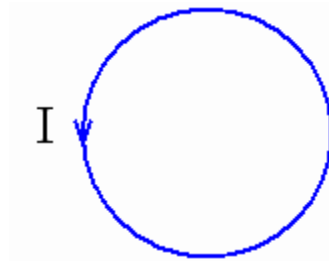


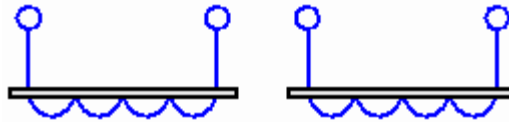
Рис. 2

6. По проволочному кольцу протекает ток. Укажите направление вектора магнитной индукции.



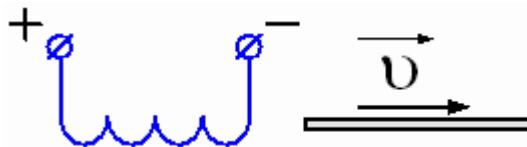
- А. Вниз.
- Б. Вверх.
- В. Направо.

7. Как ведут себя катушки с сердечниками, изображенные на рисунке.



- А. Не взаимодействуют.
- Б. Поворачиваются.
- В. Отталкиваются.

8. Из катушки с током убрали железный сердечник. Как изменится картина магнитной индукции?



- А. Густота магнитных линий многократно возрастет.
- Б. Густота магнитных линий многократно уменьшится.
- В. Картина магнитных линий не изменится.

9. Каким способом можно изменить полюса магнитного катушки с током?

- А. Ввести в катушку сердечник.
- Б. Изменить направление тока в катушке.
- В. Отключить источник тока.

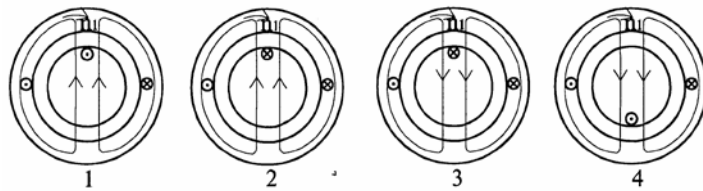
Г. Увеличить силу тока.

10. Какое понятие помогает вдвое сократить количество решаемых уравнений поля?

- А. Векторный магнитный потенциал.
- Б. Скалярный магнитный потенциал.
- В. Тензоры натяжения в магнитном поле.

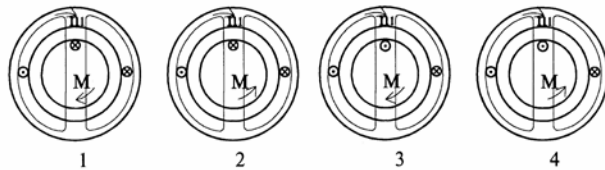
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. На рисунке приведены четыре варианта направлений магнитных линий поля, созданного трехфазной обмоткой статора, и ЭДС в проводнике обмотки ротора при условии, что ток в катушке статора в данный момент максимален (асинхронная машина работает в режиме



двигателя). Укажите правильный вариант.

2. На рисунке приведены четыре варианта направлений тока в проводнике обмотки ротора и электромагнитного момента при условии, что ток в катушке статора в данный момент



максимален (асинхронная машина работает в режиме двигателя). Укажите правильный вариант.

3. Трехфазная асинхронная машина имеет следующие данные: число витков фазы статора $W_1 = 68$; ротора $W_2 = 27$; обмоточный коэффициент обмотки статора $K_{об,1} = 0,866$, ротора $K_{об,2} = 0,954$. Частота питающей сети 50 Гц, вращающийся магнитный поток $\Phi_M = 2,7 \cdot 10^{-2}$ Вб. Определить действующие значения ЭДС, индуцированных в обмотках статора E_1 и ротора E_2 двигателя при неподвижном роторе. Укажите правильный ответ.

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. $E_1 = 353$ В; $E_2 = 154,4$ В. | 3. $E_1 = 250$ В; $E_2 = 109,3$ В. |
| 2. $E_1 = 373$ В; $E_2 = 165,6$ В. | 4. $E_1 = 272$ В; $E_2 = 118,1$ В. |

4. Трехфазная асинхронная машина имеет следующие данные: число витков фазы статора $W_1 = 68$; ротора $W_2 = 27$; обмоточный коэффициент обмотки статора $K_{об,1} = 0,866$, ротора $K_{об,2} = 0,954$. Частота питающей сети 50 Гц, вращающийся магнитный поток $\Phi_M = 2,7 \cdot 10^{-2}$ Вб. Определить действующие значения ЭДС, индуцированных в обмотках статора E_1 и ротора E_2 двигателя при неподвижном роторе. Укажите правильный ответ.

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. $E_1 = 353$ В; $E_2 = 154,4$ В. | 3. $E_1 = 250$ В; $E_2 = 109,3$ В. |
| 2. $E_1 = 373$ В; $E_2 = 165,6$ В. | 4. $E_1 = 272$ В; $E_2 = 118,1$ В. |

5. Принимая синусоидальное распределение индукции в воздушном зазоре, определить основной магнитный поток асинхронной машины при соединении обмоток статора

звездой, если число последовательно соединенных витков фазы статора $W_1 = 336$, обмоточный коэффициент $K_{об,1} = 0,96$. Напряжение сети $U_c = 380$ В, частота $f = 50$ Гц. Известно также, что падение напряжения на сопротивлениях статорной обмотки составляет 4% от фазного напряжения. Укажите правильный ответ.

1. $2,7 \cdot 10^{-3}$ Вб. 2. $2,9 \cdot 10^{-3}$ Вб. 3. $5 \cdot 10^{-3}$ Вб. 4. $5,4 \cdot 10^{-3}$ Вб.

6. Почему ротор в турбогенераторах выполняется массивным из стальной поковки? Укажите наиболее правильный ответ.

1. Из технологических соображений (производство такого ротора наиболее дешево).
2. Для обеспечения необходимой механической прочности.
3. Для уменьшения магнитного сопротивления машины.
4. Для уменьшения потерь в стали.

7. Почему сердечник статора синхронной машины обязательно набирают из тонких изолированных листов электротехнической стали, а сердечник ротора может быть и массивным, как например, в турбогенераторах? Укажите неправильный ответ.

1. Сердечник статора перемagnичивается с частотой тока в сети.
2. Магнитный поток в сердечнике ротора во много раз меньше, чем в сердечнике статора.
3. Магнитный поток неподвижен относительно сердечника ротора, так как обмотка возбуждения, расположенная на роторе, подключена к источнику постоянного тока.
4. Для уменьшения потерь в сердечнике статора на вихревые токи.

8. Какими мероприятиями обеспечивается синусоидальность напряжения на зажимах синхронного генератора? Укажите неправильный ответ.

1. Обмотка возбуждения подключается к источнику постоянного тока.
2. Обмотка статора (якоря) выполняется распределенной с укороченным шагом.
3. В явнополюсных машинах выбирается определенная форма полюсных наконечников (воздушный зазор под краями полюсных наконечников увеличивается).
4. В неявнополюсных машинах выбирается определенное отношение обмотанной части полюса ко всему полюсному делению ротора.

9. Какая реакция якоря возникает в синхронном явнополюсном генераторе при установившемся трехфазном коротком замыкании, если активное сопротивление обмотки якоря мало и им можно пренебречь? Укажите правильный ответ.

1. Продольная размагничивающая.
2. Продольная намагничивающая.
3. Поперечная размагничивающая.
4. Продольная и поперечная намагничивающие.

10. Как проявляется поперечная реакция якоря в синхронной машине? Укажите неправильный ответ.

1. Размагничивает машину с ненасыщенной магнитной цепью.

2. Размагничивает машину с насыщенной магнитной цепью.
3. Искажает магнитное поле в зазоре машины с ненасыщенной магнитной цепью.
4. Искажает магнитное поле в зазоре машины с насыщенной магнитной цепью.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. В качестве объекта исследования выберем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А типа 4АА63А2У3. Согласно справочным данным двигатель типа 4АА63А2У3 имеет параметры и размеры, указанные в таблице.

Таблица – Основные параметры и размеры двигателя 4АА63А2У3

Параметр или размер	Значение
Номинальная мощность, кВт	0,37
Номинальное линейное напряжение, В	380
Синхронная частота вращения, об/мин	3000
Номинальное скольжение, %	8,3
Номинальный КПД, %	70
Номинальный коэффициент мощности, %	86
Номинальный ток, А	0,94
Номинальный момент, Н·м	1,28
Пусковой ток, А	4,23
Пусковой момент, Н·м	2,56
Внешний диаметр сердечника статора, мм	100
Внутренний диаметр сердечника статора, мм	54
Длина сердечника статора, мм	56
Односторонний воздушный зазор между статором и ротором, мм	0,3
Число пазов статора	24

Продолжение таблицы

Число пазов ротора	18
Число эффективных проводников в пазу	126
Число параллельных ветвей обмотки	1
Число пазов на полюс и фазу	4
Форма паза статора	Рисунок 21
Высота паза статора, h_c , мм	9,0

Большая ширина паза статора, b_{1c} , мм	6,3	
Меньшая ширина паза статора, b_{2c} , мм	4,8	
Ширина шлица паза статора, m_c , мм	1,8	
Высота шлица паза статора, e_c , мм	0,5	
Форма паза ротора	Рисунок 21	
Высота паза ротора, h_p , мм	10,5	
Большая ширина паза ротора, b_{1p} , мм	4,4	
Меньшая ширина паза ротора, b_{2p} , мм	1,9	
Ширина шлица паза ротора, m_p , мм	1,0	
Высота шлица паза ротора, e_p , мм	0,5	

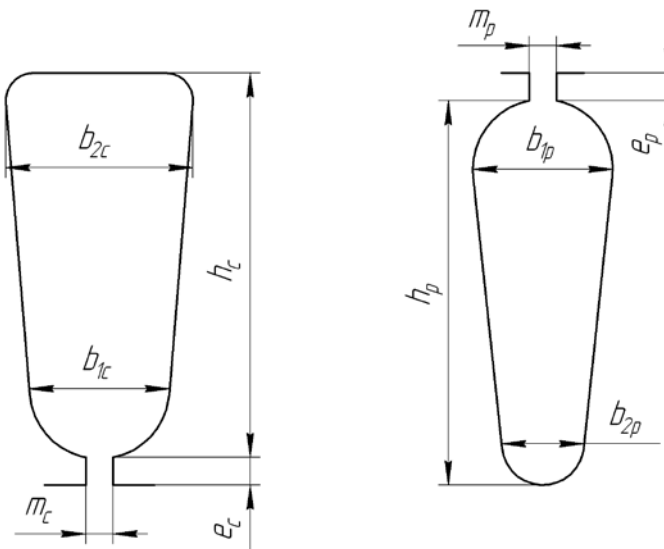


Рисунок 2.1 – Форма пазов статора и ротора исследуемого двигателя

Начертить геометрию и задать свойства материалов. Использовать любой доступный пакет МКЭ.

2. Используя задание п.1 посчитать режим идеального холостого хода в части насыщения участков магнитной цепи.

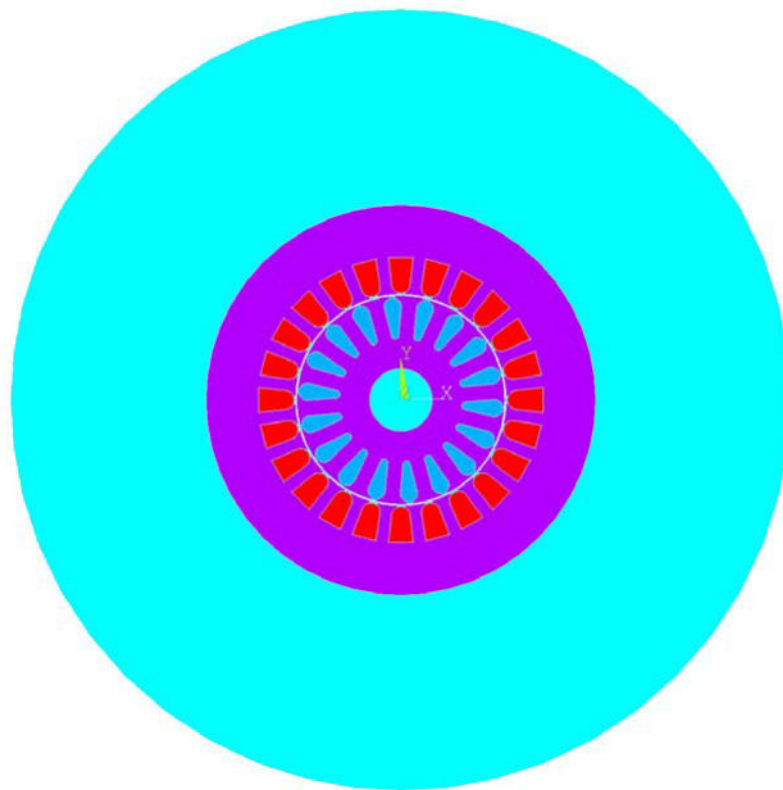
3. Пользуясь справочными данными п.1 рассчитать номинальный режим.

4. Определить электромагнитный вращающий момент в режиме пуска в разных положениях ротора. Поворачивая ротор на 1 градус 10 раз.

5. Пользуясь данными п.3 видоизменить пазовую зону и найти максимум электромагнитного вращающего момента.

6. Пользуясь данными п.4 видоизменить пазовую зону и найти максимум электромагнитного вращающего момента в начальный момент пуска.

7. Вид геометрической модели двигателя представлен на рисунке.



– воздух;

– обмотка статора;

– магнитопровод;

– клетка ротора.

Рисунок – Геометрия модели асинхронного двигателя

Как изменится электромагнитный вращающий момент в номинальном режиме если менять магнитную проницаемость вала? Приведите пример.

8. При двумерном анализе магнитного поля наиболее удобным является разбиение геометрии на конечные элементы, имеющие 4 или 3 вершины и 8 узлов (рисунок). Элементы данного типа позволяют моделировать кривые намагничивания электротехнических сталей и кривые размагничивания постоянных магнитов при магнитостатическом или гармоническом анализе поля. В результате расчета поля становятся известными значения индукции и напряженности магнитного поля в каждом узле элемента.

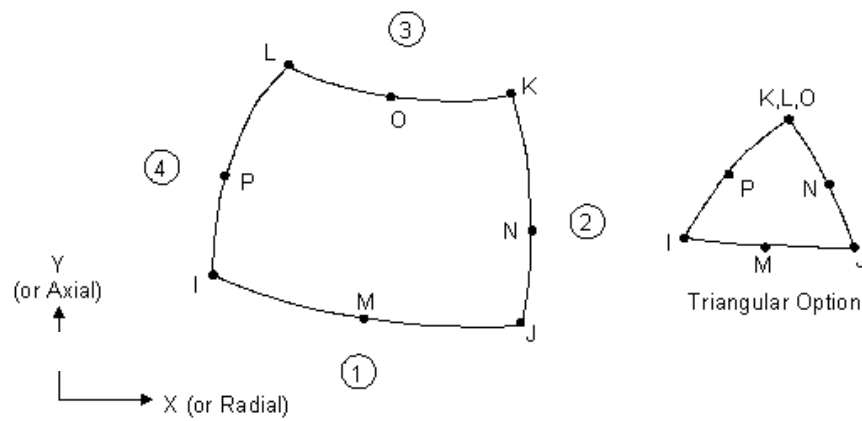


Рисунок – Вид конечного элемента

Какой вид конечного элемента целесообразно использовать при расчетах поля в электрических машинах с малой величиной воздушного зазора?

9. В каком режиме работы асинхронного двигателя силовые линии поля имеют такое распределение? Смотреть рисунок ниже.

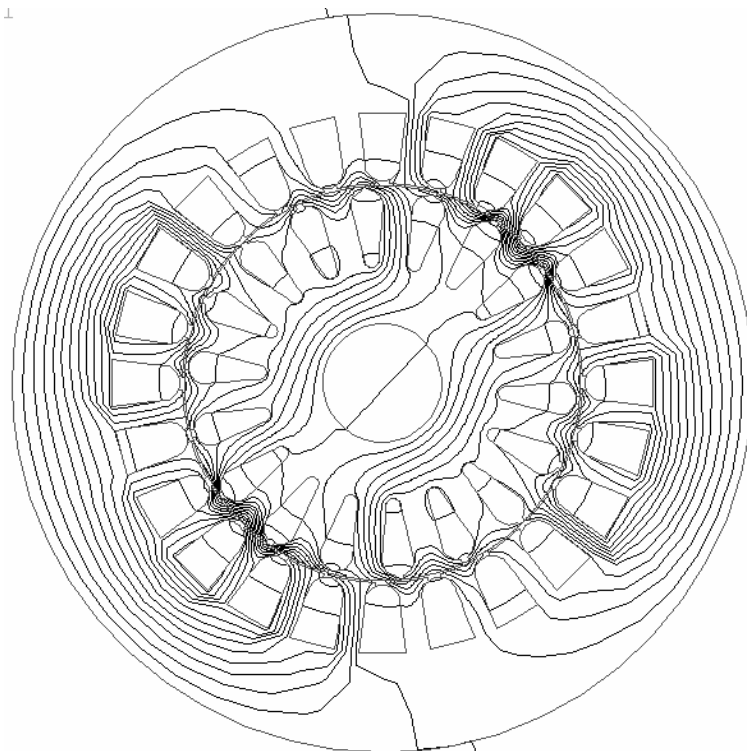


Рисунок к заданию 9

10. Чем отличается от предыдущего режим работы асинхронного двигателя распределение поля в котором показано на следующем рисунке?

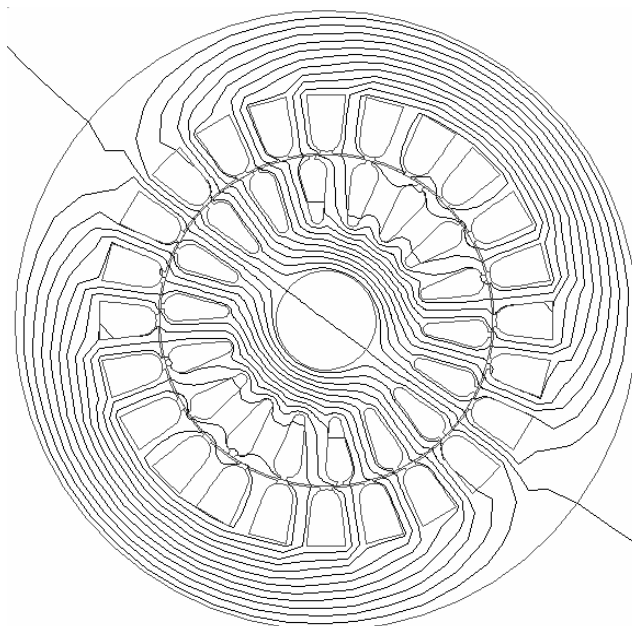


Рисунок к заданию 10

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Введение в метод конечных элементов. Уравнение Лапласа.
2. Элементы первого порядка.
3. Уравнение Пуассона. Моделирование источника.
4. Практическая реализация граничных условий.
5. Структура данных при программировании МКЭ.
6. Объединение элементов.
7. Представление электромагнитных полей. Уравнения Максвелла.
8. Уравнения для потенциалов.
9. Стационарные функционалы для потенциалов.
10. Функционал для уравнения Гельмгольца.
11. Стационарные функционалы для полей.
12. Формулировка задач для потенциалов в задачах с трансляционной симметрией.
13. Задача для скалярного магнитного потенциала.
14. Задача для векторного магнитного потенциала.
15. Формулировка осесимметричных задач для потенциалов.
16. Распространение волн в однородных волноводах.
17. Трехмерные скалярные задачи Лапласа и Гельмгольца.
18. Треугольные элементы для скалярного уравнения Гельмгольца.
19. Симплексные координаты. Интерполяция на симплексах.
20. Плоские треугольные элементы.

21. Матрицы для треугольных элементов второго порядка.
22. Использование треугольных элементов высоких порядков.
23. Элементы высоких порядков для расчета волноводов.
24. Осесимметричные скалярные поля.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия метода конечных элементов.	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, защита курсового проекта.
2	Теория электромагнитного поля.	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, защита курсового проекта.
3	Особенности расчета полевых задач от режимов работы электрических машин	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, защита курсового проекта.
4	Статический анализ электромагнитного поля.	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, защита курсового проекта.
5	Гармонический анализ электромагнитного поля.	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, защита курсового проекта.
6	О параметрах электрических машин.	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, защита курсового проекта.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется

проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Кононенко А.В. Математическое моделирование асинхронных двигателей [электронный ресурс]. Кононенко А.В., Кононенко К.Е. учеб. пособие. – Воронеж, 2014, - 125 с. № Гос. Регистрации 0321403443.

Жилкин В.А. Введение в метод конечного элемента : учебное пособие / Жилкин В.А.. — Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2014. — 288 с. — ISBN 978-5-906109-10-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/80067.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

Клунникова Ю.В. Метод конечных элементов для моделирования устройств и систем : учебное пособие / Клунникова Ю.В., Малюков С.П., Аникеев М.В.. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. — 85 с. — ISBN 978-5-9275-3277-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/95789.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

Приступ А.Г. Моделирование магнитных полей в программе FEMM : учебно-методическое пособие / Приступ А.Г., Червяков А.В.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 92 с. — ISBN 978-5-7782-1936-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45400.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
- SMath Studio;
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader
- Internet explorer;
- FEMM 4.2;
- Компас-График LT

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

8.2.3 Информационные справочные системы

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru>
- Единая система конструкторской документации. URL: https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktorskoy_dokumentatsii
- Федеральный институт промышленной собственности. Информационно-поисковая система. URL: www1.fips.ru
- Национальная электронная библиотека. URL: elibrary.ru
- Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>
- All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>
- Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
- Marketelectro. Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>

- Библиотека Адрес ресурса: WWER <http://lib.wwer.ru/>
- Каталог электротехнического оборудования. URL: <https://electro.mashinform.ru;>
- Электродвигатели. <http://www.elecab.ru/dvig.shtml>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Компьютерный класс для магистров.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Теория метода конечных элементов для электромехаников» проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков использования метода конечных элементов при решении профессиональных задач. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов;

	- работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	
3			