

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Факультет приборостроения, электротехнических
и биотехнических систем
Кафедра электромеханики



УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Тарасенко О.В.

(подпись)

24 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ»

По направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Магистерская программа: «Методы исследования и моделирования процессов в
электромеханических преобразователях энергии»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Численные методы расчета электромагнитных полей» по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника. – 18 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Численные методы расчета электромагнитных полей» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 147 с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами МИНОБРНАУКИ РОССИИ № 1456 от 26.11.2020 г., № 83 от 08.02.2021 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Д-р. тех. наук, проф., заведующий кафедрой электромеханики Яковенко В.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электромеханики «14» 04 2023 г., протокол № 6-1

Заведующий кафедрой электромеханики  Яковенко В.В.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем  Яременко С.П.

© Яковенко В.В., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью дисциплины «Численные методы расчета электромагнитных полей» является получение студентами теоретических знаний по методам расчёта электромагнитных полей в электромеханике, а также овладение практическими навыками электромагнитных расчётов, разработкой соответствующих алгоритмов программ.

Задачи: формирование знаний физических и технических принципов и методов численного и аналитического расчета краевых задач, методов оценки точности решений, методов построения программ для решения задач дисциплины; формирование умений разрабатывать математические модели полей, учитывать электрические и магнитные свойства сред, использовать краевые условия при решении; формирование навыков построения математических моделей для численного решения задач, перехода от аналитической зависимости к дискретным.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Численные методы расчета электромагнитных полей» относится к вариативной части цикла профессиональной подготовки. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются знания основных научных направлений развития науки и техники в области электроэнергетики; методов выбора и создания критериев оценки исследований; методов организации и проведения измерений и исследований, включая современные методы проведения измерительного эксперимента; программ и методов проведения испытаний электротехнических и электроэнергетических устройств и систем, разработку планов; умения анализировать состояние научно-технической проблемы в области электроэнергетики и на этой основе определить цель исследования, методы и средства ее реализации; выбирать и создавать критерии оценки исследований; применять методы организации и проведения измерений и исследований, обрабатывать и проводить анализ результатов измерений; разрабатывать планы, программы и методики для проведения испытаний электротехнических и электроэнергетических устройств и систем; навыки выбора и создания критериев оценки исследований; навыки работы по поиску, обработке, анализе большого объема новой информации и представления ее в качестве отчетов и презентаций; разработки планов, программ и методик проведения испытаний электротехнических и электроэнергетических устройств и систем.

Содержание дисциплины «Численные методы расчета электромагнитных полей» является логическим продолжением содержания дисциплины «Теоретические основы электротехники» и служит основой для выполнения выпускной квалификационной работы магистра.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность задач, обеспечивающих её достижение; УК-2.2. Выбирает наиболее эффективный способ решения задач, учитывая действующие правовые нормы и имеющиеся условия, ресурсы и ограничения; УК-2.3. Разрабатывает план реализации проекта с учетом рисков и возможностей их устранения, планирует необходимые ресурсы; УК-2.4. Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, уточняет зоны ответственности участников проекта, предлагает процедуры и механизмы оценки качества проекта.	знать: - этапы жизненного цикла проекта; - этапы разработки и реализации проекта; - методы разработки и управления проектами.
		уметь: - разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации; - определять целевые этапы, основные направления работ; - объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; - управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.
		владеть: - методиками разработки и управления проектом; - методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта.
ОПК-1. Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ОПК-1.1. Формулирует цели и задачи научного исследования; ОПК-1.2. Определяет последовательность решения задач; ОПК-1.3. Формулирует критерии принятия решения	знать: - методы и средства планирования и организации исследований и разработок;
		уметь: - анализировать новую научную проблематику соответствующей области знаний; - применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок.
		владеть: - проведением анализа новых направлений исследований в соответствующей области знаний; - обоснованием перспектив проведения исследований в соответствующей области знаний.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 з.е.)	144 (4 з.е.)
Обязательная контактная работа (всего) в том числе:	70	20
Лекции	42	10
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	28	10
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
-Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	74	124
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Обзор методов исследования электромагнитных полей в электрических машинах и элементах их конструкции.

Ведение. Обзор методов исследования электромагнитных полей в электрических машинах и элементах их конструкции. Классификация методов исследования и их области применения. Преимущества и недостатки различных методов исследования, ограничения на области применения.

Тема 2. Особенности моделирования магнитного поля переменных токов в области электрических машин.

Аналитические методы исследования электромагнитных полей в электрических машинах переменного тока. Использование интегральных и дифференциальных соотношений для анализа электромагнитных полей. Граничные условия.

Тема 3. Метод конечных разностей и метод конечных элементов, основные понятия, преимущества и недостатки.

Численные методы исследования стационарных электромагнитных полей. Метод конечных разностей и метод конечных элементов, основные понятия, преимущества и недостатки.

Тема 4. Аналитические методы исследования электромагнитных полей в электрических машинах переменного тока.

Определение параметров и характеристик электрических машин переменного тока на базе результатов исследования электромагнитного поля в активном объеме машины.

Тема 5. Электромагнитный расчет проводимости пазового рассеяния при наличии магнитных клиньев.

Разбор магнитных клиньев и примеры его расчета.

Тема 6. Электромагнитный расчет поля в массивном ферромагнитном роторе асинхронной машины в режиме пуска.

Расчет поля в массивном ферромагнитном роторе. Способы и программное обеспечение расчета.

Тема 7. Особенности расчетов магнитного поля в электрических машинах.

Использование программного пакета ELCUT для исследования электромагнитного поля в активном объеме электрической машины.

Тема 8. Общие сведения о полевых задачах и методах расчета полей.

Построение расчетной модели, граничные условия и источники поля.

Тема 9. Применение полевых методов в электромагнитных расчетах электрических машин.

Получение параметров машины переменного тока на основе численного моделирования магнитного поля.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Обзор методов исследования электромагнитных полей в электрических машинах и элементах их конструкции.	4	2
2	Особенности моделирования магнитного поля переменных токов в области электрических машин.	6	
3	Метод конечных разностей и метод конечных элементов, основные понятия, преимущества и недостатки.	6	2
4	Аналитические методы исследования электромагнитных полей в электрических машинах переменного тока.	4	
5	Электромагнитный расчет проводимости пазового рассеяния при наличии магнитных клиньев.	4	1
6	Электромагнитный расчет поля в массивном ферромагнитном роторе асинхронной машины в режиме пуска.	4	1
7	Особенности расчетов магнитного поля в электрических машинах.	4	1
8	Общие сведения о полевых задачах и методах расчета полей.	4	1
9	Применение полевых методов в электромагнитных расчетах электрических машин.	6	2
ИТОГО:		42	10

4.4. Практические занятия

№	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Расчет магнитных полей в линейных однородных средах	4	2
2	Методы численного решения задач Лапласа и Пуассона	4	2
3	Исследования электромагнитных полей в электрических машинах переменного тока	4	2
4	Решение задач методом конечных разностей	4	2
5	Расчет магнитного поля в электрических машинах.	4	2
6	Полевые методы в электромагнитных расчетах	4	
	Итого:	28	10

4.5. Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№	Название темы	Вид СР	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Обзор методов исследования электромагнитных полей в электрических машинах и элементах их конструкции.	Подготовка к практическим занятиям	8	13
2	Особенности моделирования магнитного поля переменных токов в области электрических машин.	Подготовка к практическим занятиям	9	14
3	Метод конечных разностей и метод конечных элементов, основные понятия, преимущества и недостатки.	Подготовка к практическим занятиям	9	14
4	Аналитические методы исследования электромагнитных полей в электрических машинах переменного тока.	Подготовка к практическим занятиям	8	14
5	Электромагнитный расчет проводимости пазового рассеяния при наличии магнитных клиньев.	Подготовка к практическим занятиям	8	14
6	Электромагнитный расчет поля в массивном ферромагнитном роторе асинхронной машины в режиме пуска.	Подготовка к практическим занятиям	8	14
7	Особенности расчетов магнитного поля в электрических машинах.	Подготовка к практическим занятиям	8	13

8	Общие сведения о полевых задачах и методах расчета полей.	Подготовка к практическим занятиям	8	14
9	Применение полевых методов в электромагнитных расчетах электрических машин.	Подготовка к практическим занятиям	8	14
	ИТОГО:		74	124

4.7. Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект лекций, методические указания к лабораторным работам, методические указания по курсовому проектированию, методические указания к самостоятельному изучению дисциплины, размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- вопросы к практическим занятиям;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного/письменного экзамена (включает в себя ответы на теоретические вопросы). Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

Шкала оценивания (экзамен)	Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено

хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.	
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.	не зачтено

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Кокотушкин, Г. А. Численные методы алгебры и приближения функций : метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Численные методы" / Г. А. Кокотушкин, А. А. Федотов, П. В. Храпов. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 58 с. - ISBN --. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : URL : https://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0006.html

2. Гарифуллин, М. Ф. Численные методы интегрирования дифференциальных уравнений / Гарифуллин М. Ф. - Москва : Техносфера, 2020. - 192 с. - ISBN 978-5-94836-597-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365978.html>

б) дополнительная литература:

1. Сарина, М. П. Электричество и магнетизм : учеб. пособие / Сарина М. П. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 128 с. - ISBN 978-5-7782-2583-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778225831.html>

2. Персова, М. Г. Численные методы в уравнениях математической физики : учеб. пособие / Персова М. Г. , Соловейчик Ю. Г. , Вагин Д. В. , Домников П. А. , Кошкина Ю. И. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - 60 с. - ISBN 978-5-7782-2971-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778229716.html>

в) методические рекомендации:

1. Расчет и моделирование линейных электрических цепей с применением ПК [Электронный ресурс] / Гаврилов Л.П. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2018. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913592729.html>

г) Интернет-ресурсы:

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

4. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

5. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

6. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

8. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

9. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Защита в системах электрооборудования» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx

Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

9. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

оценочных средств по учебной дисциплине

«Численные методы расчета электромагнитных полей»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компет	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность задач, обеспечивающих её достижение; УК-2.2. Выбирает наиболее эффективный способ решения задач, учитывая действующие правовые нормы и имеющиеся условия, ресурсы и ограничения; УК-2.3. Разрабатывает план реализации проекта с учетом рисков и возможностей их	Тема 1. Обзор методов исследования электромагнитных полей в электрических машинах и элементах их конструкции.	2
				Тема 2. Особенности моделирования магнитного поля переменных токов в области электрических машин	2
				Тема 3. Метод конечных разностей и метод конечных элементов, основные понятия, преимущества и	2

			устранения, планирует необходимые ресурсы; УК-2.4. Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, уточняет зоны ответственности участников проекта, предлагает процедуры и механизмы оценки качества проекта.	Тема 4. Аналитические методы исследования электромагнитных полей в электрических машинах переменного тока	2
				Тема 5. Электромагнитный расчет проводимости пазового рассеяния при наличии магнитных клинцев	2
				Тема 6. Электромагнитный расчет поля в массивном ферромагнитном роторе асинхронной машины в	2
				Тема 7. Особенности расчетов магнитного поля в электрических машинах	2
2	ОПК-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ОПК-1.1. Формулирует цели и задачи научного исследования; ОПК-1.2. Определяет последовательность решения задач; ОПК-1.3. Формулирует критерии принятия решения.	Тема 2. Особенности моделирования магнитного поля переменных токов в области электрических машин	2
				Тема 4. Аналитические методы исследования электромагнитных полей в электрических машинах переменного	2
				Тема 6. Электромагнитный расчет поля в массивном ферромагнитном роторе асинхронной машины в	2
				Тема 8. Общие сведения о полевых задачах и методах расчета полей	2
				Тема 9. Применение полевых методов в расчетах электрических машин	2

**Показатели и критерии оценивания компетенций,
описание шкал оценивания**

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	УК-2	УК-2.1. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность задач, обеспечивающих её достижение; УК-2.2. Выбирает наиболее эффективный способ решения задач, учитывая действующие правовые нормы и имеющиеся условия, ресурсы и ограничения; УК-2.3. Разрабатывает план реализации проекта с учетом рисков и возможностей их устранения, планирует необходимые ресурсы; УК-2.4. Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, уточняет зоны ответственности участников проекта, предлагает процедуры и	знать: - этапы жизненного цикла проекта; - этапы разработки и реализации проекта; - методы разработки и управления проектами. уметь: - разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации; - определять целевые этапы, основные направления работ; - объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; - управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла. владеть: - методиками разработки и управления проектом;	Тема 1. Обзор методов исследования электромагнитных полей в электрических машинах и элементах их конструкции. Тема 2. Особенности моделирования магнитного поля переменных токов в области электрических машин. Тема 3. Метод конечных разностей и метод конечных элементов, основные понятия, преимущества и недостатки. Тема 4. Аналитические методы исследования электромагнитных полей в электрических машинах переменного тока. Тема 5. Электромагнитный расчет проводимости пазового рассеяния при	вопросы к практическим работам, вопросы к экзамену

		механизмы оценки качества проекта..	- методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта.	наличии магнитных клиньев. Тема 6. Электромагнитный расчет поля в массивном ферромагнитном роторе асинхронной машины в режиме пуска. Тема 7. Особенности расчетов магнитного поля в электрических машинах.	
2.	ОПК – 1	ОПК-1.1. Формулирует цели и задачи научного исследования; ОПК-1.2. Определяет последовательно сть решения задач; ОПК-1.3. Формулирует критерии принятия решения..	знать: - методы и средства планирования и организации исследований и разработок; уметь: - анализировать новую научную проблематику соответствующ ей области знаний; - применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторск их разработок. владеть: - проведением анализа новых направлений исследований в соответствующ ей области знаний;	Тема 2. Особенности моделирования магнитного поля переменных токов в области электрических машин. Тема 4. Аналитические методы исследования электромагнитн ых полей в электрических машинах переменного тока. Тема 6. Электромагнитн ый расчет поля в массивном ферромагнитном роторе асинхронной машины в режиме пуска. Тема 8. Общие сведения о полевых задачах и методах расчета полей Тема 9. Применение	вопросы к практическим работам, вопросы к экзамену

			- обоснованием перспектив проведения исследований в соответствующей области знаний.	полевых методов в электромагнитных расчетах электрических машин.	
--	--	--	---	--	--

**Фонды оценочных средств по дисциплине
«Численные методы расчета электромагнитных полей»**

Оценочные средства для текущей аттестации (практические занятия):

Вопросы к практическим занятиям:

1. Расчет магнитного поля приставного электромагнита с П-образным сердечником.
2. Анализ магнитного поля электрической машины.
3. Разбор магнитных клиньев и примеры его расчета.
4. Расчет переходных процессов в электрической цепи, содержащей катушку с сердечником
5. Расчет поля в массивном ферромагнитном роторе.
6. Расчет магнитного поля рассеяния дефекта магнитной среды методом численного решения интегральных уравнений Фредгольма второго рода
7. Расчет магнитного поля в нелинейной ферромагнитной среде путем численного решения интегрального уравнения Фредгольма
8. Построение расчетной модели, граничные условия и источники поля.
9. Использование программного пакета ELCUT для исследования электромагнитного поля в активном объеме электрической машины.
10. Метод конечных разностей и метод конечных элементов, основные понятия, преимущества и недостатки.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству текущего контроля (практические занятия):

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом, дает полное и логически стройное изложение содержания при ответе в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает свои ответы, хорошо владеет умениями самостоятельно обобщать и излагать материал и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в ответах, трактовках и определениях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.

удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки и непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме, показывает неусвоение отдельных существенных деталей. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 40% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в определении понятий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Оценочные средства для итоговой аттестации (экзамен):

Вопросы к экзамену:

1. Методы исследования электромагнитных полей в электрических машинах и элементах их конструкции.
2. Классификация методов исследования и их области применения.
3. Методы исследования электромагнитных полей в электрических машинах переменного тока.
4. Определение параметров и характеристик электрических машин переменного тока.
5. Метод конечных разностей и метод конечных элементов.
6. Электромагнитный расчет поля в массивном ферромагнитном роторе асинхронной машины.
7. Особенности расчетов магнитного поля в электрических машинах.
8. Применение полевых методов в электромагнитных расчетах
9. Электромагнитный расчет проводимости пазового рассеяния.
10. Использование программного пакета ELCUT для исследования электромагнитного поля.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен):

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом, дает полное и логически стройное изложение содержания при ответе в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает свои ответы, хорошо владеет умениями самостоятельно обобщать и излагать материал и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в ответах, трактовках и определениях или незначительное количество ошибок. При

	этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки и непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме, показывает неусвоение отдельных существенных деталей. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 40% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в определении понятий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)