

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР

\_\_\_\_\_ Е.В. Коновалова

15 июня 2023 г., протокол УМС №5

## МОДУЛЬ ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН

### Электромагнитные поля и волны рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	<b>Радиоэлектроники и электроэнергетики</b>
Учебный план	b130302-Энерг-23-2.plx 13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА Направленность (профиль): Электроэнергетические системы и сети
Квалификация	<b>Бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Общая трудоемкость	<b>2 ЗЕТ</b>

Часов по учебному плану	72	Виды контроля в семестрах: зачеты с оценкой 4
в том числе:		
аудиторные занятия	48	
самостоятельная работа	24	

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
	уп	рп		
Неделя	17 4/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	32	32
Практические	16	16	16	16
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	48	48	48	48
Сам. работа	24	24	24	24
Итого	72	72	72	72

Программу составил(и):

*старший преподаватель, Семенова Лариса Леонидовна*

Рабочая программа дисциплины

**Электромагнитные поля и волны**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

составлена на основании учебного плана:

13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль): Электроэнергетические системы и сети

утвержденного учебно-методическим советом вуза от 15.06.2023 протокол № 5.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Радиоэлектроники и электроэнергетики**

Зав. кафедрой Рыжаков Виталий Владимирович, к. ф.-м.н

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Целью освоения дисциплины «Электромагнитные поля и волны» является получение студентами основополагающих знаний об одной из основных форм материи – электромагнитном поле. В курсе вводятся в рассмотрение основные представления об электромагнитном поле, являющиеся обобщением эмпирических фактов, излагается теория электромагнитного поля на основе уравнений Максвелла, приводятся формы уравнений Максвелла для различных частных случаев, их решения, анализ и физические интерпретации. Отдельно рассматриваются системы, в которых электромагнитное поле существует в виде электромагнитных волн.
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Метрология
2.1.2	Теоретические основы электротехники
2.1.3	Высшая математика
2.1.4	Физика
2.1.5	Информатика
2.1.6	Инженерная математика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Электромагнитная совместимость в электрических сетях
2.2.2	Компьютерное моделирование электрических цепей и устройств
2.2.3	Переходные процессы в электроэнергетических системах
2.2.4	Электрические машины
2.2.5	Техника высоких напряжений
2.2.6	Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения
2.2.7	Электроэнергетические системы и сети

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>ПК-1.1:</b>	<b>Определяет понятия, элементы, устройства, законы, правила и методы электротехники</b>
<b>ОПК-4.3:</b>	<b>Применяет знания основ теории электромагнитного поля, цепей с распределенными параметрами и электрических машин</b>
<b>ОПК-1.1:</b>	<b>Использует информационно-коммуникационные технологии при решении задач профессиональной деятельности</b>
<b>ОПК-1.4:</b>	<b>Использует методы компьютерного моделирования физических процессов, систем и устройств при обработке и передаче сигналов и информации, техники инженерной и компьютерной графики</b>
<b>ПК-4.16:</b>	<b>Разрабатывает и представляет презентационные материалы по проекту на объект профессиональной деятельности, по результатам выполнения работ</b>
<b>ПК-5.4:</b>	<b>Проводит схематизацию и разрабатывает схемы, классифицирующие и поясняющие создание и применение объектов электроэнергетических систем и сетей, подстанций электрических сетей, систем электроснабжения объектов капитального строительства, содержание сферы профессиональной деятельности</b>
<b>ПК-5.12:</b>	<b>Определяет правила применения, функциональные возможности систем автоматизированного проектирования, программных, технических средств и инструментов для формирования и ведения информационных моделей и оформления, публикации и выпуска технической и проектной документации и их разделов на объекты электроэнергетических систем и сетей, подстанций электрических сетей, систем электроснабжения объектов капитального строительства</b>

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	основные экспериментальные факты, доказывающие существование электромагнитного поля как одной из форм материи;
3.1.2	векторный состав электромагнитного поля;
3.1.3	источники электромагнитного поля;
3.1.4	уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме;
3.1.5	граничные условия на поверхности металла и диэлектрика;
3.1.6	особенности возбуждения электромагнитных полей в ограниченных и неограниченных объемах;
3.1.7	структуру полей в резонаторах

<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	проводить взаимные преобразования интегральных и дифференциальных уравнений Максвелла;
3.2.2	выбирать формы уравнений Максвелла, оптимальные для решаемой задачи;
3.2.3	рассчитывать энергию и поток энергии электромагнитного поля;
3.2.4	проводить расчет коэффициентов разложения поля по собственным модам резонатора при заданной конфигурации возбуждающего тока;
3.2.5	рассчитывать добротность резонатора
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	математическим аппаратом теории линейных дифференциальных уравнений в частных производных для решения уравнений Максвелла;
3.3.2	математическим аппаратом теории линейных обыкновенных дифференциальных уравнений для решения уравнений Максвелла для гармонических полей;
3.3.3	математическим аппаратом теории интегральных уравнений для решения уравнений Максвелла;
3.3.4	математическим аппаратом теории функций комплексных переменных при использовании записи уравнений электромагнитного поля в комплексной форме;
3.3.5	приемами преобразований уравнений, записанных в прямоугольной, цилиндрической и сферической системах координат.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
	<b>Раздел 1. Уравнения электромагнитного поля</b>					
1.1	Электромагнитное поле как одна из форм материи. Макроскопические и квантовые свойства поля. Векторы электромагнитного поля. Источники электромагнитного поля. Уравнение непрерывности. Дифференциальная и интегральная форма уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Сторонний электрический ток. Закон полного тока. Однородные и неоднородные комплексные волновые уравнения или уравнения Гельмгольца. Комплексный коэффициент распространения. Коэффициент фазы и коэффициент затухания. Фазовая и групповая скорости распространения волн. Скорость переноса энергии волн /Лек/	4	4	ОПК-4.3 ПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1 Э2	
1.2	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	4	3	ОПК-4.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1 Э2	
	<b>Раздел 2. Основные теоремы и принципы в теории электромагнитного поля</b>					

2.1	Условия излучения на бесконечности. Теорема единственности. Лемма Лоренца. Теорема эквивалентности. Теорема взаимности. Принцип двойственности для гармонических полей. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Полная комплексная мощность. Интегральные соотношения для электромагнитного поля. Теорема эквивалентных поверхностных токов. Лемма Лоренца в дифференциальной и интегральной формах записи. Теорема единственности. Теорема взаимности для свободного неограниченного пространства. Импедансные граничные условия. Условие излучения А.Зоммерфельда. Принцип предельного поглощения. Принцип Гюйгенса и интеграл Кирхгофа. /Лек/	4	5	ОПК-4.3 ПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	
2.2	Практическое занятие №1. Решение типовых задач /Пр/	4	2	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ПК-5.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
2.3	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	4	3	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ОПК-4.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1 Э2	
	<b>Раздел 3. Плоские волны в однородной изотропной среде</b>					
3.1	Плоская волна как предельный случай сферической волны. Решение системы уравнений Максвелла для плоской однородной волны. Свойства плоской волны. Структура поля, взаимная ориентация векторов поля, коэффициент фазы, фазовая скорость, скорость распространения энергии, характеристическое сопротивление. Плоские однородные волны в однородной изотропной среде без потерь. Плоская однородная волна в однородной среде с потерями. Свойства волн. Коэффициенты фазы и ослабления, фазовая скорость и длина волны в средах с малыми и большими тангенсами угла потерь. Дисперсионные свойства поглощающей среды. Поляризация волн. Линейно поляризованные волны. Волны с круговой и эллиптической поляризацией. /Лек/	4	5	ОПК-4.3 ПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	

3.2	Практическое занятие №2. Решение типовых задач /Пр/	4	3	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ПК-5.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
3.3	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	4	5	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ОПК-4.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1 Э2	
<b>Раздел 4. Излучение электромагнитных волн</b>						
4.1	Общее решение внешней граничной задачи возбуждения свободного неограниченного пространства сторонними электрическим и магнитным токами. Случаи объемного, поверхностного и линейного распределения токов на излучателях. Точечные источники возбуждения волн и уравнение функции Грина в методе наложения. Решение неоднородного уравнения Гельмгольца для точечного источника в свободном пространстве методом Фурье. Функция Грина неограниченного трехмерного свободного пространства. Представление функции Грина в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат. /Лек/	4	5	ОПК-4.3 ПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	
4.2	Практическое занятие №3. Решение типовых задач /Пр/	4	3	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ПК-5.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
4.3	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	4	2	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ОПК-4.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1 Э2	
<b>Раздел 5. Волновые явления у границы раздела двух сред</b>						
5.1	Поведение векторов на границе раздела двух сред. Граничные условия для нормальных и касательных составляющих векторов электромагнитного поля. Граничные условия на поверхности идеального проводника Электромагнитное поле на границе раздела двух сред. Законы Снеллиуса. Угол Брюстера. Скин-эффект. Граничные условия Леонтовича /Лек/	4	4	ОПК-4.3 ПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	
5.2	Практическое занятие №4. Решение типовых задач /Пр/	4	2	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ПК-5.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
5.3	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	4	3	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ОПК-4.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1 Э2	

	<b>Раздел 6. Общие сведения об электромагнитных волнах</b>					
6.1	Волновые уравнения и уравнения Гельмгольца для векторов монохроматического поля. Фазовые и групповые скорости волн. Дисперсия. Поляризация волн. Интерференционные и дифракционные явления. Строгая постановка дифракционных задач. Метод разделения переменных. Дифракция электромагнитных волн на бесконечном идеально проводящем круглом цилиндре. Дифракция электромагнитных волн на клине и шаре /Лек/	4	4	ОПК-4.3 ПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	
6.2	Практическое занятие №5. Решение типовых задач /Пр/	4	2	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ПК-5.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
6.3	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	4	3	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ОПК-4.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1 Э2	
	<b>Раздел 7. Направляемые волны в линиях передачи</b>					
7.1	Направляемые электромагнитные волны. Понятие о линиях передачи. Типы регулярных линий передачи. Классификация направляемых волн: волны Т, Е, Н, гибридные волны. Решение уравнений Гельмгольца для направляемых волн. Связь поперечных составляющих векторов поля с продольными. Постоянная распространения, критическая частота (критическая длина волны), длина волны в линии передачи, фазовая скорость, характеристическое сопротивление. Общие свойства волн типа Т, Е, и Н. Скорость распространения энергии. Дисперсия. Понятие об одноволновом и многоволновом режимах работы. Мощность, переносимая электромагнитной волной в линии передачи. Затухание волн в регулярных линиях. /Лек/	4	5	ОПК-4.3 ПК-1.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2	
7.2	Практическое занятие №6. Решение типовых задач /Пр/	4	4	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ПК-5.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
7.3	Повторение пройденного материала, подготовка к устному опросу. /Ср/	4	3	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ОПК-4.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1 Э2	
	<b>Раздел 8. Промежуточная аттестация</b>					

8.1	/Контр.раб./	4	2	ОПК-1.1 ОПК-1.4 ПК-4.16 ПК -5.4 ПК-5.12	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Э1 Э2	
8.2	Защит с оценкой /ЗачётСОц/	4	0	ОПК-4.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1 Э2	

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### 5.1. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Представлены отдельным документом

### 5.2. Оценочные материалы для диагностического тестирования

Представлены отдельным документом

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

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Потапов Л. А.	Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие для вузов	Москва: Юрайт, 2020, электронный ресурс	1
Л1.2	Муромцев Д. Ю., Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А.	Электродинамика и распространение радиоволн	Санкт-Петербург: Лань, 2021, электронный ресурс	1
Л1.3	Седов В.М., Гайнутдинов Т.А.	Электромагнитные поля и волны: учебное пособие	Москва: Горячая линия - Телеком, 2020, электронный ресурс	2

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Аполлонский С. М.	Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: рекомендовано Учебно-методическим объединением по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 140400 - "Техническая физика" и 220100 - "Системный анализ и управление"	Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2017	15
Л2.2	Замотринский В. А., Соколова Ж. М., Падусова Е. В., Шантана Л. И.	Электромагнитные поля и волны: Учебное пособие	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012, электронный ресурс	1



	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.3	Боков, Л. А., Мандель, А. Е., Соколова, Ж. М., Шангина, Л. И.	Электромагнитные поля и волны. Сборник задач и упражнений: учебное пособие	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014, электронный ресурс	1

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Ищук, А. А.	Учебно-методическое пособие по дисциплине «Электромагнитные поля и волны»: учебно-методическое пособие	Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2020, электронный ресурс	1
Л3.2	Абышев С. В., Трефилов Н. А., Шпак А. В.	Электромагнитные поля и волны: сборник задач для практических занятий: Практикум	Москва: РТУ МИРЭА, 2022, электронный ресурс	1

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
Э2	КиберЛенинка - научная электронная библиотека

### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Microsoft Word 2010
6.3.1.2	Microsoft Excel 2010
6.3.1.3	Microsoft PowerPoint 2010
6.3.1.4	MathCad
6.3.1.5	MatLAB

### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Гарант-информационно-правовой портал. <a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>
6.3.2.2	КонсультантПлюс –надежная правовая поддержка. <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

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

7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (практических занятий), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (доска, экран (стационарный или переносной), проектор). Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------