

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Кудрявцев М.Г.

Должность: Проректор по образовательной деятельности

Дата подписания: 21.03.2026

Уникальный программный ключ:

790a1a8df2525774421adc1fc96453f0e902bfb0

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**
(Университет Вернадского)

Кафедра Цифровых систем и инженерных технологий

Принято Ученым советом
Университета Вернадского
«26» марта 2026 г. протокол № 8



Рабочая программа дисциплины

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Направление подготовки	13.14.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) программы	Электроэнергетика и электро-техника
Квалификация	магистр
Форма обучения	очная, заочная

Балашиха, 2026

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки **13.14.02 Электроэнергетика и электротехника.**

Рабочая программа дисциплины разработана *профессором* кафедры *Цифровых систем и инженерных технологий*, *д.т.н. Литвиным Валерием Ивановичем*

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры Цифровых систем и инженерных технологий ФГБОУ ВО РГУНХ им. В.И. Вернадского **Струков А.Н.**

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций

1.1 Перечень компетенций, формируемых учебной дисциплиной

Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения
ПК-4. Способность получать, систематизировать и обрабатывать данные научных исследований в области производства, передачи и распределения электрической энергии, организовывать работу коллектива при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	
ИД2 ПК4. Управление результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области систем электроснабжения. Формирование новых направлений научных исследований и опытно-конструкторских разработок в электроэнергетике	Знать (З): – нормативную базу по электромагнитной совместимости технических средств, терминологию, основные приемы и методы обеспечения электромагнитной совместимости
	Уметь (У): – проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные; – проводить анализ возможных рисков возникновения и последствий негативных воздействий мощных электромагнитных полей на биологические объекты и устройства контроля и управления; – проводить исследования по проблемам экологической и электромагнитной совместимости электрофизических установок с биологическими, физическими и информационными объектами;
	Иметь опыт (владеть (В)): – методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности; – методами обеспечения электромагнитной совместимости технических средств.

2. Цели и задачи освоения учебной дисциплины, место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина "ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ" относится к блоку Б1.В.ДВ.01.02 как часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины (модули) по выбору. Дисциплина «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ» входит в состав дисциплин, формирующих компетенции в областях, связанных со способностью проведения исследований по проблемам экологической и электромагнитной совместимости электрофизических установок с биологическими, физическими и информационными объектами

Целью изучения дисциплины является изучение способов обеспечения электромагнитной совместимости технических средств.

Задачи:

- изучение терминологии, основных моделей и методов, применяемых для обеспечения электромагнитной совместимости в технических системах;
- овладение способами анализа электромагнитной обстановки, расчета воздействий со стороны электротехнических и электрофизических устройств и установок на устройства контроля и управления, на биологические объекты;
- изучение методологии обеспечения электромагнитной совместимости технических средств на схемотехническом и конструкторском уровне.

3. Объем учебной дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

3.1 Очная форма обучения

Вид учебной работы	3 семестр
Общая трудоемкость дисциплины, зачетных единиц	4
часов	144
Аудиторная (контактная) работа, часов	40,25
в т.ч. занятия лекционного типа	20
занятия семинарского типа	20
Самостоятельная работа обучающихся, часов	99,75
в т.ч. курсовая работа	-
Контроль	4
Вид промежуточной аттестации	экзамен

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Перечень разделов дисциплины с указанием трудоемкости аудиторной (контактной) и самостоятельной работы, видов контролей и перечня компетенций
Очная форма обучения

Наименование разделов и тем	Трудоемкость, часов			Наименование оценочного средства	Код ИДК
	всего	в том числе			
		аудиторной (контактной) работы	самостоятельной работы		
3 семестр (2 курс)					
Раздел 1. Введение в электромагнитную совместимость.	30	10	7	Практическое (расчетное) задание, тест	ИД2 ПК4
Раздел 2. Электромагнитная обстановка и электромагнитные помехи	30	10	7	Практическое (расчетное) задание, тест	ИД2 ПК4
Раздел 3. ЭМС электронно-вычислительной техники.	40	10	7	Практическое (расчетное) задание, тест	ИД2 ПК4
Раздел 4. Обеспечение ЭМС ЭВА на схемотехническом и конструкторско-технологическом уровнях	39,75	10	7	Практическое (расчетное) задание, тест	ИД2 ПК4
Итого за семестр	139,75	40	99,75		
Промежуточная аттестация	4,25	0,25	4	Экзамен (итоговое тестирование)	
ИТОГО по дисциплине	144	40,25	103,75		

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Задача (практическое задание)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.	Комплект задач и заданий
3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
7	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

4.2 Содержание дисциплины по разделам и темам

Раздел 1. Введение в электромагнитную совместимость.

Цели – сформировать у студентов систему профессиональных знаний, умений и навыков об электромагнитной совместимости в электроэнергетике.

Задачи – познакомить обучающихся с общими вопросами электромагнитной совместимости в электроэнергетике

Перечень учебных элементов раздела:

Основные понятия, термины, задачи и проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств (ТС). Методы и средства обеспечения ЭМС технических средств. Федеральный Закон РФ об электромагнитной совместимости. Направления обеспечения ЭМС ТС. Задачи обеспечения ЭМС на различных этапах конструирования и уровнях проектирования электронных технических средств. Нормативно-техническая документация обеспечения ЭМС ТС. Прогнозирование электромагнитной обстановки (ЭМО). Прогнозирование воздействия помех на параметры электронной аппаратуры (ЭА) и устойчивости ЭА к помеховым воздействиям. Задачи моделирования ЭМС ТС. Математические и физические основы моделирования. Испытания и измерения ЭМС ЭА. Технические методы и средства обеспечения ЭМС ЭА.

Раздел 2. Электромагнитная обстановка и электромагнитные помехи

Цели - сформировать у студентов систему профессиональных знаний, умений и навыков об электромагнитной обстановке и электромагнитных помехах в электроэнергетике.

Задачи - познакомить обучающихся с электромагнитной обстановкой и электромагнитными помехами в электроэнергетике.

Перечень учебных элементов раздела:

Электромагнитная обстановка. Классификация источников электромагнитных помех (ЭМП). Естественные электромагнитные помехи. Шумы. Шумы космического происхождения. Электрическое и магнитное поля Земли. Атмосферные явления. Электрический разряд в газовых промежутках. Молниевые разряды. Разряды статического электричества. Внутренние (собственные) шумы. Шумовая температура. Искусственные электромагнитные помехи. Источники искусственных электромагнитных помех. Детерминированные и случайные ЭМП. Широкополосные и

узкополосные помехи. Спектральные характеристики источников промышленных электромагнитных помех. Описание электромагнитных помех в частотной и временной областях. ЭМС-номограмма. Спектральные характеристики шумовых сигналов. Нормативная терминология описания электромагнитных помех и электромагнитной совместимости. Нормативная терминология помехоустойчивости цифровых интегральных цепей. Допустимые уровни радиопомех. Природа электромагнитных влияний и пути их передачи. Внешние и внутренние ЭМП.

Раздел 3. ЭМС электронно-вычислительной техники.

Цели - сформировать у студентов систему профессиональных знаний, умений и навыков о ЭМС электронно-вычислительной техники.

Задачи – познакомить обучающихся с ЭМС электронно-вычислительной техники.

Перечень учебных элементов раздела:

Задачи электромагнитной совместимости электронно-вычислительной аппаратуры (ЭВА). Анализ ЭМО в рабочей среде в электронно-вычислительной аппаратуры. Физические представления и модели помеховых взаимосвязей в ЭВА. Особенности прогнозирования ЭМО на этапе проектирования ЭВА. Компоненты электронных устройств их характеристики и собственные шумы. Пассивные компоненты. Активные компоненты. Элементы электрического соединения. Собственные шумы компонентов и методы их описания. Предельная чувствительность микросистемных устройств (МЭУ) ЭВА. Внутрисистемные помехи ЭВА. Особенности ЭМС МЭУ. Виды паразитных связей на плате блока ЭВА. Приемы оценочных расчетов. Помеховые сигналы и связи, возникающие в межблочных линиях связи ЭВА. Оценка передачи влияния ЭМП через электрическую составляющую электромагнитного поля. Емкостная связь. Методы расчета и оценок емкости систем заряженных тел. Метод конформных преобразований. Расчет емкости системы протяженных проводников. Оценка передачи влияния ЭМП через магнитную составляющую электромагнитного поля. Индуктивная связь. Методы расчета индуктивности. Электромагнитная связь линий в зоне индукции. Метод расчета. Кондуктивная связь через общие участки проводника. Гальваническая связь. Понятия «земля» и «масса». Противофазные и синфазные помехи. Гальваническая связь через цепи питания. Гальваническая связь через контур заземления. «Обратные перекрытия» как частный случай гальванической связи. Рекомендации по заземлению экранов кабелей.

Раздел 4. Обеспечение ЭМС ЭВА на схмотехническом и конструкторско-технологическом уровнях.

Цели - сформировать у студентов систему профессиональных знаний, умений и навыков об обеспечении ЭМС ЭВА на схмотехническом и конструкторско-технологическом уровнях.

Задачи - познакомить обучающихся с обеспечением ЭМС ЭВА на схмотехническом и конструкторско-технологическом уровнях.

Перечень учебных элементов раздела:

Основные способы борьбы с помехами. Основы проектирования электронных узлов с учетом ЭМС. Выбор печатных плат. Приемы преодоления внутренних гальванических влияний в пределах печатной платы. Приемы преодоления кондуктивных (квазистатических полевых) связей в пределах печатной платы. Взаимное влияние параллельных проводящих проводников (дорожек) в пределах печатной платы. Одностороннее и двухстороннее влияния. Взаимное влияние перпендикулярных проводящих дорожек при многослойном монтаже. Подход к оценке. Отражение сигналов в линиях связи и приемы согласования линий связи, МЭУ и узлов ЭВА. Внутреннее влияние за счет паразитного излучения и методы его преодоления. Рекомендации по уменьшению взаимного влияния сигнальных контуров на печатной плате. Рекомендации по уменьшению паразитного излучения высокоинтегральных схем. Экранирование. Назначение и физические основы экранирования. Теория электромагнитных экранов. Способы расчета. Экспериментальное определение помехоустойчивости ЭВА. Нормативные документы. Методики проведения испытаний на помехоустойчивость. Виды испытательных сигналов. Имитаторы помех.

5. Оценочные материалы по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине представлены в виде фонда оценочных средств.

6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания, количество страниц
1	Электромагнитная совместимость : учебное пособие / В. М. Попов, В. А. Афонькина, Е. Н. Епишков, Е. И. Кривошеева. — Челябинск : ЮУрГАУ, 2022. — ISBN 978-5-88156-915-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/363866 (дата обращения: 02.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей..

6.2 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины *

Печатные учебные издания в библиотечном фонде

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания, количество страниц	Количество экземпляров в библиотеке
	Основная	
1	Электромагнитная совместимость радиоэлектронной аппаратуры : учебное пособие : в 2 частях / Р. Г. Галеев, А. С. Волошин, И. В. Говорун [и др.]. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2023 — Часть 1 — 2023. — 82 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/400577 (дата обращения: 02.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	-
2	Тимиргазин, Р. Ф. Электромагнитная совместимость : учебное пособие / Р. Ф. Тимиргазин. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — ISBN 978-5-9795-1649-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/165037 (дата обращения: 02.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей. .	-
	Дополнительная	
3	Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике/ под ред. Дьякова А.Ф. —М.: Изд. дом МЭИ, 2011 . – 544 с.	3
4	Белов Л. А. Обеспечение электромагнитной совместимости в радиопередающих устройств – М. : Изд. дом МЭИ, 2011 . – 72 с	-
6	Яковлев В. Н., Пантелеев В. И., Суров В. П. Электромагнитная совместимость электрооборудования электроэнергетики и транспорта – М. : Изд. дом МЭИ, 2010 . – 588 с.	3

Электронные учебные издания в электронно-библиотечных системах (ЭБС)

№ п/п	Автор, название, место издания, год издания, количество страниц	Ссылка на учебное издание в ЭБС
-------	---	---------------------------------

1	Электромагнитная совместимость : учебное пособие / В. М. Попов, В. А. Афонькина, Е. Н. Епишков, Е. И. Кривошеева. — Челябинск : ЮУрГАУ, 2022. — ISBN 978-5-88156-915-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/363866 (дата обращения: 02.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей..	-
2	Электромагнитная совместимость радиоэлектронной аппаратуры : учебное пособие : в 2 частях / Р. Г. Галеев, А. С. Волошин, И. В. Говорун [и др.]. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2023 — Часть 1 — 2023. — 82 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/400577 (дата обращения: 02.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	-
3	Тимиргазин, Р. Ф. Электромагнитная совместимость : учебное пособие / Р. Ф. Тимиргазин. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — ISBN 978-5-9795-1649-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/165037 (дата обращения: 02.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей. .	-

6.3 Перечень электронных образовательных ресурсов

№ п/п	Электронный образовательный ресурс	Доступ в ЭОР (сеть Интернет, локальная сеть, авторизованный/свободный доступ
1	Вестник ВИЭСХ	http://vestnik.viesh.ru/
2	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru
3	ЭБС «Лань»	http://e.lanbook.com/
	ЭБС «eLIBRARY»	http://elibrary.ru/
4	Видеоканал ФГБОУ ВО РГАЗУ	http://www.youtube.com/rgazu
5	ИНФРА-М	https://infra-m.ru

6.4 Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы и лицензионное программное обеспечение

Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы, цифровые электронные библиотеки и другие электронные образовательные ресурсы

1. Договор о подключении к Национальной электронной библиотеке и предоставлении доступа к объектам Национальной электронной библиотеки №101/НЭБ/0502-п от 26.02.2020 5 лет с пролонгацией

2. Договор на оказание услуг по предоставлению доступа к электронным изданиям издательства «Лань» №527/21 от 11.05.2021

3. Соглашение о бесплатном тестовом доступе к Polpred.com. Обзор СМИ 27.04.2016 бессрочно

4. Соглашение о бесплатном тестовом доступе к Polpred.com. Обзор СМИ 02.03.2020 бессрочно

5. Информационно-справочная система «Гарант» — URL: <https://www.garant.ru/>
Информационно-справочная система Лицензионный договор № 261709/ОП-2 от 25.06.2021

6. «Консультант Плюс». — URL: <http://www.consultant.ru/> свободный доступ

7. Электронно-библиотечная система AgriLib <http://ebs.rgazu.ru/> (свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014620472 от 21.03.2014).

Доступ к электронной информационно-образовательной среде, информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Система дистанционного обучения Moodle www.portfolio.rgazu.ru (свободно распространяемое)
2. Право использования программ для ЭВМ Mirapolis HCM в составе функциональных блоков и модулей: Виртуальная комната. Стандартная лицензия до 1000 пользователей на 1 месяц (Лицензионный договор № 77/03/22 – К от 25 апреля 2022)
3. Инновационная система тестирования – программное обеспечение на платформе 1С (Договор № К/06/03 от 13.06.2017)
4. Образовательный интернет – портал Российского государственного университета народного хозяйства имени В.И.Вернадского (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-51402 от 19.10.2012).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. OpenOffice – свободный пакет офисных приложений (свободно распространяемое)
2. linuxmint.com <https://linuxmint.com/> (свободно распространяемое)
3. Электронно-библиотечная система AgriLib <http://ebs.rgazu.ru/> (свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014620472 от 21.03.2014)
4. Официальная страница ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет» <https://vk.com/rgazuru> (свободно распространяемое)
5. Портал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный заочный университет» (свободно распространяемое) <https://zen.yandex.ru/id/5fd0b44cc8ed19418871dc31>
6. Антивирусное программное обеспечение Dr. WEB Desktop Security Suite (Сублицензионный договор №13740 на передачу неисключительных прав на программы для ЭВМ от 01.07.2021).

Прикладное ПО			
1.	Mathcad	Лицензионное ПО	10
2.	Mathlab	Mathworks: [сайт] – 1994 – . – URL: http://www.mathworks.com/ (дата обращения: 12.04.2024). – Текст: электронный.	Демо-версия
3.	Scilab Studio	Scilab: [сайт] – 2025 – . – URL: http://www.scilab.org/ (дата обращения: 12.04.2024). – Текст: электронный.	Свободно распространяемое
4.	Smath Studio	Smath Studio: [сайт] – 2025 - . – URL: https://smath.com/ Текст: электронный	Свободно распространяемое
5.	SimInTech	SimInTech: [сайт] – 2025 - URL: https://simintech.ru/ (дата обращения: 12.01.2025). Текст: электронный.	Свободно распространяемое

6.5 Перечень учебных аудиторий, оборудования и технических средств обучения

Предназначение помещения (аудитории)	Наименование корпуса, № помещения (аудитории)	Перечень оборудования (в т.ч. виртуальные аналоги) и технических средств обучения*
<i>Для занятий лекционного типа</i>	501 лекционная аудитория. Инженерный корпус (Учебный лабораторный корпус) 143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1	Проектор SANYO PLC-XW250 Экран настенный SimSCREEN
	401 лекционная аудитория. Инженерный корпус (Учебный лабораторный корпус) 143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1	Проектор SANYO PLC-XW250 Экран настенный рулонный SimSCREEN
<i>Для занятий семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), групповых консультаций, индивидуальной работы, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации</i>	515 Лаборатория электрических машин (электромеханических преобразователей). 410 Лаборатория Электроснабжения и электронной аппаратуры	Комплект типового лабораторного оборудования по электрическим машинам, системам электроснабжения
<i>Для самостоятельной работы</i>	320 аудитория для самостоятельной работы	Персональный компьютер на базе процессора Intel Pentium G620
	217 аудитория для самостоятельной работы	Персональный компьютер на базе процессора Intel Core 2 Duo
	412 учебная аудитория	Персональный компьютер на базе процессора Intel Core i5
	413 учебная аудитория	Персональный компьютер на базе процессора Intel Core 2 Duo
	508 учебная аудитория	Персональный компьютер на базе процессора Intel Core i5

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**
(Университет Вернадского)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Направление подготовки	13.14.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) программы	Электроэнергетика и электротехника
Квалификация	магистр
Форма обучения	очная

Балашиха, 2025

1.Описание показателей и критериев оценивания планируемых результатов обучения по учебной дисциплине

Индикаторы достижения компетенций	Уровень освоения	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
код и наименование ИДК ИД2 ПК4. Управление результатами научно- исследовательских и опытно-конструкторских работ в области систем электро-снабжения. Формирование новых направлений научных исследований и опытно-конструкторских разработок в электроэнергетике	Пороговый (удовлетворительно)	Знает: – нормативную базу по электромагнитной совместимости технических средств, терминологию, основные приемы и методы обеспечения электромагнитной совместимости- Умеет: – проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные; – проводить анализ возможных рисков возникновения и последствий негативных воздействий мощных электромагнитных полей на биологические объекты и устройства контроля и управления; – проводить исследования по проблемам экологической и электромагнитной совместимости электрофизических установок с биологическими, физическими и информационными объектами; Владеет: – методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности; – методами обеспечения электромагнитной совместимости технических средств.	Практическое задание, тест (зачетные вопросы)
	Продвинутый (хорошо)	Знает твердо:): – нормативную базу по электромагнитной совместимости технических средств, терминологию, основные приемы и методы обеспечения электромагнитной совместимости. Умеет уверенно: – проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные; – проводить анализ возможных рисков возникновения и по-	Практическое задание, тест (зачетные вопросы)

		следствий негативных воздействий мощных электромагнитных полей на биологические объекты и устройства контроля и управления; – проводить исследования по проблемам экологической и электромагнитной совместимости электрофизических установок с биологическими, физическими и информационными объектами; Владеет уверенно: – методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности; – методами обеспечения электромагнитной совместимости технических средств.	
	Высокий (отлично)	Имеет сформировавшиеся систематические знания: по: – нормативную базу по электромагнитной совместимости технических средств, терминологию, основные приемы и методы обеспечения электромагнитной совместимости; Имеет сформировавшееся систематическое умение– проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные; – проводить анализ возможных рисков возникновения и последствий негативных воздействий мощных электромагнитных полей на биологические объекты и устройства контроля и управления; – проводить исследования по проблемам экологической и электромагнитной совместимости электрофизических установок с биологическими, физическими и информационными объектами; Показал сформировавшееся систематическое владение: – методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности; – методами обеспечения электромагнитной совместимости технических средств.	Практическое задание, тест (зачетные вопросы)

2. Описание шкал оценивания

2.1 Шкала оценивания на этапе текущего контроля

Форма текущего контроля	Отсутствие усвоения (ниже порогового)*	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
Выполнение практического задания.	не выполнено или все задания выполнены неправильно	Выполнено более 50% задания, но менее 70%	Выполнено более 70% задания, но есть ошибки	все задания выполнены без ошибок

* Студенты, показавшие уровень усвоения ниже порогового, не допускаются к промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 Шкала оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет и экзамен в виде итогового теста, курсовая работа)

Форма промежуточной аттестации	Отсутствие усвоения (ниже порогового)	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
Выполнение итоговых тестов (не менее 15 вопросов на вариант)	Менее 51%	51-79%	80-90%	91% и более

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

(в соответствии пунктом 4 рабочей программы дисциплины)

КОМПЛЕКТ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

по дисциплине Электромагнитная совместимость в электроэнергетике

Студенту предлагаются варианты простых и комплексных практических заданий по основным разделам дисциплины. Комплексное практическое задание формируется по принципу сочетания тем дисциплины. Выполнению практического задания должно предшествовать изучение лекционного материала, решение заданий на практических занятиях и в процессе самостоятельной работы. Для успешного выполнения заданий студенту необходимо ознакомиться с литературой, список которой дан в разделе 6 рабочей программы «Перечень основной и дополнительной литературы».

ЗАДАЧИ (примеры):

Задания 1-3 (Базовый уровень):

1. Описание и анализ: Опишите основные источники электромагнитных помех в электрической сети высокого напряжения (ВЛ 110 кВ и выше). Для каждого источника укажите типы излучаемых помех (проводимые, излучаемые), их частотный диапазон и возможные последствия. Проведите сравнение эффективности различных методов защиты от этих помех.

2. Расчет: Расчет уровня электромагнитного поля на расстоянии 50 метров от воздушной линии электропередачи (ВЛ) 330 кВ, используя упрощенную модель. Укажите все сделанные предположения и ограничения. Результат представьте в виде отчета с графическим отображением результатов расчета. Предложите меры по снижению уровня электромагнитного поля в данном случае.

3. Выбор оборудования: Выберите подходящее оборудование для измерения электромагнитных полей в диапазоне частот от 10 кГц до 1 ГГц. Обоснуйте свой выбор, указав технические характеристики необходимого оборудования, а также методологию измерений. Укажите, какие стандарты нужно использовать для проведения измерений и оценки результатов.

Задания 4-6 (Средний уровень):

4. Моделирование: С помощью специализированного программного обеспечения (например, CST Studio Suite, ANSYS HFSS) смоделируйте распространение электромагнитных волн в районе подстанции 220 кВ. Укажите используемые модели и параметры. Проанализируйте влияние различных конструктивных элементов подстанции на уровень электромагнитных полей. Определите критические зоны с повышенным уровнем электромагнитного поля.

5. Проектирование: Разработайте проект экранирования трансформаторной подстанции 110 кВ для снижения уровня излучаемых электромагнитных помех. Укажите используемые материалы, их параметры, конструктивные решения, а также методику оценки эффективности экранирования. Представьте результаты в виде чертежей и расчетных обоснований.

6. Анализ случая: Проанализируйте описание конкретного случая несовместимости электромагнитных полей (например, влияние электромагнитных полей от ВЛ на работу медицинских приборов). Определите причины несовместимости, предложите методы решения проблемы и оцените их эффективность.

Задания 7-10 (Продвинутый уровень):

7. Исследование: Проведите исследование влияния высоковольтных линий электропередачи на окружающую среду с точки зрения электромагнитной совместимости. Укажите методы исследования, используемые источники информации, а также анализ полученных результатов. Сформулируйте выводы и рекомендации.

8. Разработка методики: Разработайте методику оценки уровня электромагнитных помех, создаваемых оборудованием РЗА (релейная защита и автоматика) на подстанции. Учитывайте специфику различных типов оборудования и используемые частотные диапазоны. Предложите конкретные рекомендации по снижению уровня помех.

9. Сравнительный анализ: Проведите сравнительный анализ различных методов подавления электромагнитных помех в силовых трансформаторах. Оцените их эффективность,

стоимость и технические сложности реализации. Сформулируйте рекомендации по выбору оптимального метода в зависимости от конкретных условий.

10. Проектирование системы EMC: Разработайте проект системы электромагнитной совместимости для новой подстанции 330 кВ, учитывая все нормативные требования. Опишите все этапы проектирования, начиная с анализа источников помех и заканчивая выбором и расчетом средств защиты. Представьте результаты в виде проекта, содержащего схемы, чертежи, расчеты и обоснования.

КОМПЛЕКТ ТЕСТОВ для промежуточной аттестации (экзамена) по дисциплине

Экзамен проводится в виде итогового теста. Для выполнения теста отводится 20 минут.

Примерные задания итогового теста

1. Определение: Что такое электромагнитная совместимость (ЭМС) и почему она важна в электроэнергетике?
2. Источники помех: Перечислите три основных источника электромагнитных помех в электрических сетях и кратко опишите механизм их возникновения.
3. Типы помех: В чем разница между проводимыми и излучаемыми электромагнитными помехами? Приведите примеры каждого типа в контексте электроэнергетики.
4. Стандарты ЭМС: Назовите хотя бы один международный стандарт, регламентирующий требования к электромагнитной совместимости в электроэнергетике.
5. Защита от помех: Опишите два основных метода защиты оборудования от электромагнитных помех.
6. Экранирование: Каковы основные принципы эффективного экранирования электромагнитных полей? Какие материалы обычно используются для экранирования?
7. Заземление: Почему правильное заземление является важным аспектом обеспечения ЭМС?
8. Фильтры: Какие типы фильтров используются для подавления электромагнитных помех в электроэнергетике? В чем их принцип работы?
9. Измерения ЭМС: Какие приборы используются для измерения электромагнитных полей в контексте ЭМС? Какие параметры измеряются?
10. Гармонические составляющие: Почему гармонические составляющие тока в электросети представляют собой проблему с точки зрения ЭМС? Как можно минимизировать их влияние?

Для подготовки к (экзамену) тестированию студент использует контрольные вопросы:

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные нормативные документы, регламентирующие обеспечение ЭМС.
2. Какие основные типы передачи помех вы знаете?
3. Укажите основные способы и модели, применяемые для описания помеховых воздействий.
4. Перечислите основные методы борьбы с помехами.
5. Какие типы экранов вы знаете, перечислите их достоинства и недостатки?
6. Какие способы оценки электромагнитной обстановки вы знаете?
7. Какие способы уменьшения влияния проводников на печатной плате вы знаете?
8. Какие нормативные акты регламентируют экспериментальное исследование ЭМС?
9. Какие инструментальные средства используются для экспериментального исследования ЭМС?
10. Перечислите основные факторы, определяющие ЭМС РЭА на платах печатного монтажа.
11. Что такое синфазная и противофазная помехи? Какие помехи представляют опасность с точки зрения ЭМС?

Контрольные вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов

1. Основные понятия, термины, задачи и проблемы электромагнитной совместимости технических средств. Нормативная база.
2. Естественные электромагнитные помехи. Шумы. Классификация и описание шумов.
3. Описание электромагнитных помех в частотной и временной областях. ЭМС-номограмма. Спектральные характеристики шумовых сигналов.
4. Физические представления и модели помеховых взаимосвязей в ЭВА.
5. Компоненты электронных устройств их характеристики и собственные шумы. Пассивные компоненты. Активные компоненты. Элементы электрического соединения.
6. Методы и аппаратура экспериментального исследования ЭМО на внутрисистемном уровне. Задачи анализа и особенности ЭМО на внутрисистемном уровне.
7. Приемы преодоления внутренних гальванических влияний в пределах печатной платы.
8. Приемы преодоления кондуктивных (квазистатических полевых) связей в пределах печатной платы.
9. Экранирование. Назначение и физические основы экранирования.
10. Экспериментальное определение помехоустойчивости ЭВА. Методики проведения испытаний на помехоустойчивость.