Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра электро- и теплоэнергетики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.17 Электромагнитная совместимость в электроэнергетике»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Электроснабжение
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Год набора 2024

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.17 Электромагнитная совместимость в электроэнергетике*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра электро- и теплоэнергетики
наименование кафедры

протокол № 4 от "22" 02 2024 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра электро- и теплоэнергетики _____ В.Ю. Соколов
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:

_____ _____ С.В. Митрофанов
должность *подпись* *расшифровка подписи*

_____ _____ _____
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника _____ С.В. Митрофанов
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ Н.Н. Бигалиева
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству института
_____ С.А. Сильвашко
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Митрофанов С.В., 2024
© ОГУ, 2024

2

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:
- привить бакалавру знания в области электромагнитной совместимости в электроэнергетике.

Задачи:
- познакомить студента с основами электромагнитной совместимости;
- познакомить студента с методами борьбы с помехами различного происхождения;
- познакомить студентов с современной измерительной техникой, удовлетворяющей требованиям электромагнитной совместимости;
- научить студентов грамотно выполнять расчеты в области электромагнитной совместимости;
- научить студента применять знания в области электромагнитной совместимости для энергетических предприятий.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-3 Способен применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования	ПК*-3-В-4 Применяет методы и средства испытаний для оценки электромагнитной обстановки на объекте	**Знать:** схемы включения приборов для оценки электромагнитной обстановки, нормативно-техническую документацию, касающуюся электромагнитной совместимости, основную нормативную и законодательную базу в области электромагнитной совместимости, основные приемы по оценке и устранению помех различного происхождения **Уметь:** применять на практике приборное и метрологическое обеспечение

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		электромагнитной совместимости, оформлять результаты расчетов и измерений в соответствии с существующей современной нормативно-технической документацией, применять на практике методы устранения электромагнитных помех различного происхождения, оценивать электромагнитную обстановку по измеренным параметрам работы электрооборудования **Владеть:** методикой оценки электромагнитной обстановки с помощью приборного оборудования, нормативно-технической документацией для выполнения измерений параметров оборудования и оценки электромагнитной обстановки, методами устранения неблагоприятной электромагнитной установки на объектах электроэнергетики
ПК*-6 Способен проводить энергетическое обследование объектов профессиональной деятельности	ПК*-6-В-1 Применяет на практике приборное и метрологическое обеспечение электромагнитной совместимости для проведения энергетического обследования	**Знать:** методы устранения электромагнитных помех и в создании благоприятной электромагнитной обстановки на предприятии **Уметь:** выполнять расчеты по оценке электромагнитной обстановки на объектах

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		по данным энергетического обследования **Владеть:** методами определения параметров работы электрооборудования для оценки электромагнитной обстановки, приемами работы по оценке электромагнитной обстановки объектов электроэнергетики по заданной методике.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	7 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**17,5**	**17,5**
Лекции (Л)	8	8
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (экзамен)	0,5	0,5
Самостоятельная работа: *- выполнение контрольной работы (КонтрР);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к практическим занятиям)*	**126,5** +	**126,5**
Вид итогового контроля	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение. Электромагнитные помехи.	17	1	-	-	16
2	Ограничение и перенапряжений и фильтрация помех. Качество электроэнергии.	20	2	-	2	16

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
3	Заземляющие устройства электроустановок. Электромагнитная совместимость устройств релейной защиты и автоматики.	18	2	-	-	16
4	Электромагнитные поля. Электромагнитные экраны	20	2	2	-	16
5	Молниезащита. Определение электромагнитной обстановки и электромагнитной совместимости на станциях и подстанциях.	21	1	2	2	16
6	Стандартизация в области ЭМС. Электромагнитная безопасность.	16	-	-	-	16
7	Электромагнитная совместимость воздушных линий и смежных коммуникаций. Статическое электричество.	16	-	-	-	16
8	Оптоволоконные линии связи, проблема геомагнитных бурь в электроэнергетике.	16	-	-	-	16
	Итого:	144	8	4	4	128
	Всего:	144	8	4	4	128

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 Введение. Электромагнитные помехи.

Понятие электромагнитной совместимости. Электромагнитная совместимость технических средств термины и определения согласно ГОСТ Р 50397-2011. Электромагнитная обстановка (ЭМО) согласно ГОСТ Р 51317.2.5-2000. Влияние микропроцессорных систем на полезные сигналы. Электромагнитная помеха. Рецептор. Характеристика электромагнитной совместимости. Обеспечение электромагнитной совместимости. Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики. Проблемы электромагнитной совместимости в электроэнергетике. Классификация электромагнитной обстановки по критериям МЭК. Характерные источники помех. Источники помех на электрических станциях и подстанциях. Классификация электромагнитных помех. Противофазные и синфазные помехи. Способы описания и основные параметры помех. Каналы передачи помех и методы уменьшения помех.

Раздел 2 Ограничение и перенапряжений и фильтрация помех. Качество электроэнергии.

Мероприятия по снижению помех. Пассивные помехоподавляющие устройства. Фильтры. Ограничители перенапряжения. Экраны. Фильтрация помех. Классификация электрических фильтров. Параметры и характеристики фильтров. Схемы фильтров. Сетевые помехоподавляющие фильтры. Ограничители перенапряжений. Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). Элементы УЗИП. Ограничение перенапряжений с помощью нелинейного сопротивления. Разрядники. Варисторы. Полупроводниковые ограничители. Комбинированные устройства ограничения перенапряжений. Зонная концепция защиты приемников электроэнергии от перенапряжений. Классификация УЗИП по группам. Деление электропроводки по категориям. Нормы качества электроэнергии согласно ГОСТ 32144-2013. Отклонения напряжения. Влияние отклонений на потребителя. Колебания напряжения и их влияние на потребителей. Провал напряжения и его влияние на потребителя. Импульс напряжения. Несинусоидальность напряжения. Несимметрия напряжений. Отклонение частоты. Виновники ухудшения качества электроэнергии. Контроль качества электроэнергии согласно ГОСТ 30804.4.30-2013. Показатели качества электроэнергии (ПКЭ). Проблема комплексного определения ПКЭ. Приборы для определения показателей качества электроэнергии.

Раздел 3 Заземляющие устройства электроустановок. Электромагнитная совместимость устройств релейной защиты и автоматики.

Определения. Заземляющее устройство (ЗУ) подстанции. Искусственный и естественные заземлители. Назначение ЗУ электроустановок высокого напряжения. Выравнивание потенциалов. Допустимое напряжение прикосновения. Потенциал ЗУ. Вынос потенциала. Работа потенциала при несимметричных коротких замыканиях. Неэквипотенциальность ЗУ. Проектирование ЗУ. Эксплуатация ЗУ. Диагностика ЗУ. Задачи диагностики ЗУ. Приборы измерения параметров заземляющих устройств. Расчет ЗУ. Расчет простейших заземлителей.Релейная защита и автоматика. Электромеханические реле. Микропроцессорная релейная защита. Требования к релейной защите. Нормирование устройств релейной защиты по электромагнитной совместимости. Влияние помех на цифровые технические средства. Уровни помех на реальном объекте. Восприимчивость цифровых технических средств к помехам. Электромагнитная совместимость электронных схем. Паразитные параметры элементов схем. Проектирование электронных узлов.

Раздел 4 Электромагнитные поля. Электромагнитные экраны.

Определение. Классификация электромагнитных полей (ЭМП). Параметры поля. Международная классификация электромагнитных волн по частотам. Ближняя и дальняя зона ЭМП. Основные источники ЭМП. Измерители ЭМП. Напряженности поля на объектах электроэнергетики. Влияние полей на технические средства. Влияние ЭМП на человека. Экранирование. Электромагнитный экран. Режимы работы экрана. Электростатическое экранирование. Магнитостатическое экранирование. Электромагнитное экранирование. Расчет эффективности электромагнитных экранов. Экранирование кабелей. Заземление экранов кабелей.

Раздел 5 Молниезащита. Определение электромагнитной обстановки и электромагнитной совместимости на станциях и подстанциях

Природа молний. Процесс развития наземной молнии. Воздействие ударов молнии. Вторичные проявления молнии. Нормативные документы по молниезащите. Комплекс средств молниезащиты. Внешняя молниезащита. Искусственные и естественные молниеприемники. Классификация молниеприемников. Заземлители. Основные характеристики разряда молнии. Защита от прямых ударов молнии. Зоны защиты молниеотводов. Зонная концепция защиты от вторичных проявлений молнии. Источники помех на станциях и подстанциях. Виды воздействий. Экспериментально-расчетный характер методики. Методика определения ЭМО. Напряжения и токи промышленной частоты при КЗ на шинах РУ. Импульсные помехи при коммутациях силового оборудования и коротких замыканиях на шинах РУ. Импульсные излучаемые помехи. Импульсные помехи при ударах молнии. Методика определения импульсных помех. Электромагнитные поля радиочастотного диапазона. Разряды статического электричества. Магнитные поля промышленной частоты. Импульсные магнитные поля. Меры безопасности при определении ЭМО. Периодичность определения ЭМО. Аппаратные средства мониторинга помех во вторичных цепях электрических станций и подстанций.

Раздел 6 Стандартизация в области ЭМС. Электромагнитная безопасность

Федеральный закон о государственном регулировании в области обеспечения электромагнитной совместимости технических средств. Классификация воздействий. Стандарты. Информационная безопасность. Электромагнитные каналы утечки. Защита. Электромагнитное оружие. Электромагнитный импульс ядерного взрыва.

Раздел 7 Электромагнитная совместимость воздушных линий и смежных коммуникаций. Статическое электричество

Классификация воздушных линий (ВЛ). Влияние ВЛ на смежные коммуникации. Режимы работы ВЛ. Емкостное влияние ВЛ на смежные коммуникации. Защита от емкостного влияния. Индуктивное влияние ВЛ. Защита от индуктивного влияния. Кондуктивное влияние ВЛ. Блуждающие токи. Защита от кондуктивного влияния. Проблема статического электричества. Физиологический эффект. Причины возникновения статического электричества. Трибоэлектризация. Образование электростатиче-

ского заряда. Механизмы отказов технических средств вследствие статического заряда. Защита от статического электричества. Устойчивость технических средств к электростатическим разрядам.

Раздел 8 Оптоволоконные линии связи, проблема геомагнитных бурь в электроэнергетике

Оптоволоконные линии связи. Структура оптоволоконных кабелей. Принцип работы. Достоинства и недостатки. Геомагнитные бури (ГМБ) в электроэнергетике. Природа возникновения ГМБ. Проблема ГМБ в электроэнергетике. Проявления ГМБ в электроэнергетике. Спектральный состав электромагнитного поля ГМБ. Последствия протекания геомагнитных индуктивных токов.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Измерение показателей качества электроэнергии	2
2	5	Определение электромагнитной обстановки	2
		Итого:	4

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	4	Расчет электромагнитного поля вокруг линий электропередач	2
2	5	Расчет молниезащиты	2
		Итого:	4

4.5 Контрольная работа (7 семестр)

Расчет магнитного поля вокруг и вблизи линий высоковольтных электропередач.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

5.1.1 Куликова, Л. В. Основы электромагнитной совместимости : учебник : [16+] / Л. В. Куликова, О. К. Никольский, А. А. Сошников. – Изд. 4-е, стер. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 405 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=600138 (дата обращения: 15.05.2024). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-1175-9. – DOI 10.23681/600138. – Текст : электронный.

5.1.2 Овсянников, А. Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : учебник : [16+] / А. Г. Овсянников, Р. К. Борисов ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 196 с. : ил., табл. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575557 (дата обращения: 15.05.2024). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3367-6. – Текст : электронный.

5.2 Дополнительная литература

5.2.1 Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике [Текст]: учеб. для вузов / А. Ф. Дьяков [и др.]; под ред. А. Ф. Дьякова. - М. : ИД МЭИ, 2009. - 456 с. - Прил.: с. 446-452. - Библиогр.: с. 453-454. - ISBN 978-5-383-00336-7.

5.2.2 Привалов, Е. Е. Основы электробезопасности: учебное пособие : в 3 частях : [16+] / Е. Е. Привалов. – Москва; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – Часть 1. Влияние электрического тока и электромагнитного поля электроустановок на человека. – 155 с.: ил., схем., табл. – Режим доступа: по

подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436754 (дата обращения: 15.05.2024). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-7616-5. – DOI 10.23681/436754. – Текст : электронный.

5.2.3 Цицикян, Г. Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике [Текст] : монография / Г. Н. Цицикян. - СПб. : Элмор, 2007. - 184 с. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5-7399-0141-3.

5.2.4 Управление качеством электроэнергии [Текст] / И. И. Карташев [и др.] ; под ред. Ю. В. Шарова. - М. : Изд. дом МЭИ, 2006. - 320 с. : ил.. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5-903072-13-5.

5.2.5 Гуревич, В. И. Защита оборудования подстанций от электромагнитного импульса: учебно-практическое пособие / В. И. Гуревич. – Москва : Инфра-Инженерия, 2016. – 299 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444165 (дата обращения: 15.05.2024). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0104-3. – Текст : электронный.

5.2.6 Веремеев, А. А. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / А. А. Веремеев, С. В. Митрофанов, А. С. Сташкевич; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 70665 Кб). - Оренбург : ОГУ, 2019. - 128 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/116142_20200113.pdf - ISBN 978-5-7410-2414-0.

5.3 Периодические издания

«Энергосбережение» - журнал;
«Электротехника» - журнал;
«Электрические станции» – журнал;
«Новости электротехники» – журнал.
«Известия РАН. Энергетика» - журнал.

5.4 Интернет-ресурсы

http://standartgost.ru/0/722-elektromagnitnaya_sovmestimost - электромагнитная совместимость Госты.

http://www.toroid.ru/esovm.html - книги по электромагнитной совместимости

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС[1]
2. Пакет офисных приложений LibreOffice[2]
3. Программная система для организации видео-конференц-связи Webinar.ru
4. Свободно распространяемое программное обеспечение SMathStudio // https://ru.smath.com/обзор/SMathStudio/резюме.
5. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2023]. – Режим доступа в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\GarantClient\garant.exe

[1] Для Рабочих станций в редакции «Стандартная» или ОС Astra Linux

2 Включает в себя текстовый процессор для всех видов документов Writer, табличный процессор Calc, программу для создания презентаций Impress, векторный графический редактор для создания блок-схем и диаграмм Draw, редактор формул Math, компонент, предназначенный для создания баз данных Base.

6. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2023]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\!CONSULT\cons.exe

7. http://edu.garant.ru/garant/study/ - Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей.

8. Свободно распространяемое ПО FEMM, студенческая версия ELCUT.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория, оснащенная следующим оборудованием:

- измеритель параметров заземляющих устройств MRU-20;
- измеритель показателей качества электроэнергии Ресурс UF-2;
- измеритель магнитного поля ВЕ-50.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

К рабочей программе прилагаются:

- фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.