

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



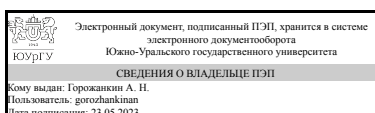
А. Е. Бычков

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ФД.04 Электромагнитная совместимость в электрических системах для направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
уровень Магистратура  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Электрические станции, сети и системы электроснабжения

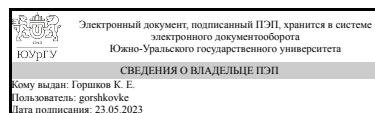
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 147

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



А. Н. Горожанкин

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



К. Е. Горшков

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование у магистрантов знаний, навыков и умений в области электромагнитной совместимости в электроэнергетике, выбору средств защит от электромагнитных воздействий, испытанию оборудования на помехоустойчивость, применению знаний в практической деятельности. Задачи изучения дисциплины следующие: 1. Ознакомление с основными источниками электромагнитных помех на объектах энергетики; классификацией электромагнитных помех. 2. Знакомство со способами защиты от электромагнитных помех. 3. Изучение практических возможностей оценки электромагнитной обстановки на объектах энергетики; знакомство с методами расчета и моделирования электромагнитных полей.

## Краткое содержание дисциплины

Термины и определения в области электромагнитной совместимости. Электромагнитное поле, его характеристики, расчет, моделирование. Источники, классификация электромагнитных полей и помех на объектах энергетики. Нормативные документы в области учета электромагнитной совместимости при проектировании объектов энергетики и выбора средств защиты микропроцессорной аппаратуры релейной защиты и автоматики. Способы передачи электромагнитных помех. Способы защиты от электромагнитных помех: экранирование; электрические фильтры; гальванические развязки; защита расстоянием и т. д. Вопросы электромагнитной совместимости при сертификации продукции и проектировании объектов энергетики. Оценка электромагнитной обстановки на действующих объектах энергетики.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	Знает: Методы расчета электромагнитных полей Умеет: Применять методы расчета ЭМП от действующих объектов энергетики Имеет практический опыт: Работы с нормативно-технической документацией в области ЭМС

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.01 Иностранный язык в профессиональной деятельности, ФД.02 Системы возбуждения синхронных генераторов, ФД.08 Водородные установки, ФД.09 Экология использования возобновляемых источников энергии, 1.О.03 Суперкомпьютерное моделирование технических устройств и процессов,	Не предусмотрены

ФД.11 Разработка анимаций с применением программы Solidworks, ФД.10 Применение программы Ansys для решения инженерных задач	
--	--

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
ФД.08 Водородные установки	<p>Знает: Основы руководства объектом профессиональной деятельности, Принципы работы устройств на основе водорода Умеет: Распределять поручения по проектированию сегментов проекта, Определять наиболее эффективные типы устройств на основе водорода в условиях конкретного региона Имеет практический опыт: Проектного руководства в области водородной энергетики, Базовых расчетов устройств на основе водорода</p>
1.О.01 Иностранный язык в профессиональной деятельности	<p>Знает: Лексико-грамматический минимум в объеме, необходимом для осуществления письменной и устной коммуникации в профессионально деловой и научной сферах; основную профессиональную терминологию на иностранном языке; правила ведения деловой корреспонденции на иностранном языке; правила переработки информации (аннотация, реферат); правила перевода специальных и научных текстов; социокультурную специфику международного профессионально-делового общения, Научную терминологию иностранного языка применительно к области профессиональных исследований. Умеет: Понимать устную речь (монолог, диалог) профессионально-делового характера; участвовать в международных переговорах, дискуссии, научной беседе, выражая определенные коммуникативные намерения; продуцировать монологическое высказывание по профилю научной специальности/темы, аргументировано излагая свою позицию и используя вспомогательные средства (графики, таблицы, диаграммы, мультимедиа, презентации и т.д.); писать деловые письма; соотносить языковые средства с нормами речевого поведения, которых придерживаются носители иностранного языка; составлять аннотации, рефераты, тезисы, Извлекать необходимую профессиональную информацию из иноязычных источников. Имеет практический опыт: Чтения научной литературы в оригинале (изучающее, ознакомительное, просмотровое, поисковое), предполагающее разную степень понимания и смысловой компрессии прочитанного;</p>

	стратегиями организации письменной речи; поиска и критического осмысления информации, полученной из зарубежных источников, аргументированного изложения собственной точки зрения; стратегий организации коммуникативной и научно-исследовательской деятельности, исходя из своих образовательных и профессиональных потребностей; публичной речи (сообщения, презентации), Стратегиями информационного поиска на иностранном языке.
ФД.09 Экология использования возобновляемых источников энергии	Знает: Назначение, классификацию, конструкции и физические основы работы энергоустановок на базе ВИЭ Умеет: Самостоятельно разбираться в методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи Имеет практический опыт: Современных методов исследований
ФД.10 Применение программы Ansys для решения инженерных задач	Знает: Пакет программ Ansys и его функциональную базу Умеет: Моделировать посредством программы Ansys электромеханические узлы типовых промышленных устройств Имеет практический опыт: Работы с программным пакетом Ansys
1.О.03 Суперкомпьютерное моделирование технических устройств и процессов	Знает: Базовые понятия параллельных вычислений Умеет: Решать задачи на параллельных вычислительных системах с применением специализированных программных пакетов Имеет практический опыт: Применения технологий современных высокопроизводительных вычислений
ФД.11 Разработка анимаций с применением программы Solidworks	Знает: Методы создания анимации типовых технологических процессов с применением программы Solidworks, Пакет программ Solidworks и его функциональную базу Умеет: Осуществлять анимацию электромеханических узлов с целью наибольшей наглядности, Моделировать посредством программы Solidworks электромеханические узлы типовых промышленных устройств Имеет практический опыт: Создания анимации типовых технологических процессов с применением программы Solidworks, Работы с программным пакетом Solidworks
ФД.02 Системы возбуждения синхронных генераторов	Знает: Схемы замещения элементов энергосистемы Умеет: Разрабатывать схемы замещения Имеет практический опыт: Анализа электромагнитных процессов в схемах

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего	Распределение по семестрам
--------------------	-------	----------------------------

	часов	в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75	
Выполнение практических работ	25,75	25,75	
Подготовка к зачету	10	10	
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Понятия и проблемы электромагнитной совместимости	2	2	0	0
2	Электромагнитная обстановка	10	6	4	0
3	Улучшение электромагнитной обстановки	10	4	6	0
4	Моделирование электромагнитной обстановки	8	2	6	0
5	Учет электромагнитной обстановки	2	2	0	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Основные понятия. Проблема электромагнитной совместимости в энергетике.	2
2	2	Классификация источников ЭМП. Факторы влияющие на качество электроэнергии.	2
3	2	Природа электромагнитных влияний и пути их передачи	2
4	2	Источники электромагнитных помех	2
5	3	Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики	2
6	3	Компоновка распределительных устройств	2
7	4	Моделирование в современных программных комплексах (ANSYS; Matlab; Simulink) электромагнитной обстановки на объектах энергетики.	2
8	5	Вопросы проектирования объектов энергетики с учетом требований электромагнитной совместимости.	2

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Измерение напряжённости электрического и магнитного поля	4

		промышленной частоты от установок высокого напряжения.	
2	3	Изучение и оценка электромагнитной обстановки вблизи подстанции и качества электроэнергии. Способы защиты.	6
3	4	Особенности моделирования электромагнитных полей в ANSYS	6

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Выполнение практических работ	Коржов, А. В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике Текст учеб. пособие для самостоят. работы студентов А. В. Коржов ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 69, [1] с. ил.	3	25,75
Подготовка к зачету	Коржов, А. В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике Текст учеб. пособие для самостоят. работы студентов А. В. Коржов ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 69, [1] с. ил.	3	10

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Практическая работа №1: Оценка напряжённости электрического и магнитного поля промышленной частоты от установок высокого напряжения	1	20	Защита отчета по практической работе осуществляется студентами индивидуально (или коллективно). Отчет должен быть составлен и оформлен по установленному шаблону в соответствии с требованиями кафедры. В процессе защиты оцениваются следующие показатели и начисляются баллы: а) полнота содержания отчета: 3 балла – если в отчете приведены все	зачет

					<p>требуемые описания, схемы, изображения, формулы, выражения, таблицы, построены все графики и диаграммы, сделаны необходимые выводы; 2 балла – если отсутствуют некоторые пояснения, формулы или выкладки; в остальных случаях 0 баллов;</p> <p>б) правильность и обоснованность выводов в отчете: 1 балл – если выводы, сформулированные студентом, не требуют внесения исправлений или корректировок со стороны преподавателя, иначе 0 баллов;</p> <p>в) качество оформления отчета: 1 балл – если отчет оформлен аккуратно с соблюдением всех требований, иначе 0 баллов;</p> <p>г) ответ на вопрос преподавателя: 5 баллов – если дан правильный развернутый ответ; 4 балла – если ответ недостаточно развернут; 3 балла – если ответ не верен, но студент смог правильно ответить на дополнительный/наводящий вопрос; в остальных случаях 0 баллов.</p> <p>Отчет считается защищенным, если студент набрал не менее 6 баллов (60%).</p>		
2	3	Текущий контроль	<p>Практическая работа №2: Изучение электромагнитной обстановки вблизи подстанции и способов защиты</p>	1	20	<p>Защита отчета по практической работе осуществляется студентами индивидуально (или коллективно). Отчет должен быть составлен и оформлен по установленному шаблону в соответствии с требованиями кафедры. В процессе защиты оцениваются следующие показатели и начисляются баллы:</p> <p>а) полнота содержания отчета: 3 балла – если в отчете приведены все требуемые описания, схемы, изображения, формулы, выражения, таблицы, построены все графики и диаграммы, сделаны необходимые выводы; 2 балла – если отсутствуют некоторые пояснения, формулы или выкладки; в остальных случаях 0 баллов;</p> <p>б) правильность и обоснованность выводов в отчете: 1 балл – если выводы, сформулированные студентом, не требуют внесения исправлений или корректировок со стороны преподавателя, иначе 0 баллов;</p> <p>в) качество оформления отчета: 1 балл – если отчет оформлен аккуратно с</p>	зачет

						<p>соблюдением всех требований, иначе 0 баллов;</p> <p>г) ответ на вопрос преподавателя: 5 баллов – если дан правильный развернутый ответ; 4 балла – если ответ недостаточно развернут; 3 балла – если ответ не верен, но студент смог правильно ответить на дополнительный/наводящий вопрос; в остальных случаях 0 баллов.</p> <p>Отчет считается защищенным, если студент набрал не менее 6 баллов (60%).</p>	
3	3	Текущий контроль	<p>Практическая работа №3:          Моделирование электромагнитной обстановки на объектах энергетики с применением ЭВМ</p>	1	20	<p>Защита отчета по практической работе осуществляется студентами индивидуально (или коллективно). Отчет должен быть составлен и оформлен по установленному шаблону в соответствии с требованиями кафедры. В процессе защиты оцениваются следующие показатели и начисляются баллы:</p> <p>а) полнота содержания отчета: 3 балла – если в отчете приведены все требуемые описания, схемы, изображения, формулы, выражения, таблицы, построены все графики и диаграммы, сделаны необходимые выводы; 2 балла – если отсутствуют некоторые пояснения, формулы или выкладки; в остальных случаях 0 баллов;</p> <p>б) правильность и обоснованность выводов в отчете: 1 балл – если выводы, сформулированные студентом, не требуют внесения исправлений или корректировок со стороны преподавателя, иначе 0 баллов;</p> <p>в) качество оформления отчета: 1 балл – если отчет оформлен аккуратно с соблюдением всех требований, иначе 0 баллов;</p> <p>г) ответ на вопрос преподавателя: 5 баллов – если дан правильный развернутый ответ; 4 балла – если ответ недостаточно развернут; 3 балла – если ответ не верен, но студент смог правильно ответить на дополнительный/наводящий вопрос; в остальных случаях 0 баллов.</p> <p>Отчет считается защищенным, если студент набрал не менее 6 баллов (60%).</p>	зачет
4	3	Промежуточная аттестация	Зачет	-	40	<p>Баллы начисляются за выполненные задания в билете. Билет содержит четыре задания. За каждое задание</p>	зачет



					<p>может быть начислено максимум 10 баллов. Критерии оценивания выполненного задания: 10 баллов – если задание выполнено верно; 8 баллов – если имеются недочеты, не влияющие на конечный результат; 6 баллов – если допущены ошибки в вычислениях, но ход решения при этом верный; 4 балла – если допущены не грубые ошибки в формулах и выражениях, но ход решения при этом верный; 2 балла – если есть грубые ошибки; в остальных случаях 0 баллов. Мероприятие засчитывается, если студент набрал не менее 24 баллов (60%). Если прохождение мероприятия является обязательным, то для студентов, набравших меньшее число баллов, мероприятие не засчитывается и расчёт итогового рейтинга по дисциплине не производится.</p>
--	--	--	--	--	---

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	<p>Зачет проводится в письменной форме по билетам. В аудитории, где проводится зачет, одновременно присутствует не более 10-15 человек. Каждому студенту выдается билет, в котором содержится четыре задания. Для выполнения заданий дается не более 1,5 аст. часа. Дисциплина считается освоенной, если итоговый рейтинг по дисциплине составил не менее 60%. При этом в ведомость выставляется оценка «зачтено». В противном случае проставляется – «не зачтено».</p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ			
		1	2	3	4
ОПК-2	Знает: Методы расчета электромагнитных полей	+	+	+	+
ОПК-2	Умеет: Применять методы расчета ЭМП от действующих объектов энергетики	+	+	+	+
ОПК-2	Имеет практический опыт: Работы с нормативно-технической документацией в области ЭМС	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Дзюба, М. А. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике [Текст] программа, контрол. задания и метод. указания по специальности 140211 "Электроснабжение" М. А. Дзюба ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы электроснабжения ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2010. - 13, [1] с. электрон. версия

2. Коржов, А. В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике [Текст] учеб. пособие для самостоят. работы студентов А. В. Коржов ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 69, [1] с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Ионкин, П. А. Теоретические основы электротехники Т. 2 Нелинейные цепи и основы теории электромагнитного поля Для электротехн. спец. вузов: В 2 т. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1976. - 383 с. ил.

2. Нейман, Л. Р. Теоретические основы электротехники Т. 1. Ч. 1 Основные понятия и законы теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей. Ч. 2.. Теория линейных электрических цепей Учебник для электротехн. и электроэнер. спец. вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. - 533 с. ил.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*  
Не предусмотрены

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Коржов. А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебное пособие для самостоятельной работы студентов / А.В. Коржов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.– 67 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Коржов. А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебное пособие для самостоятельной работы студентов / А.В. Коржов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.– 67 с.

**Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дьяков, А.Ф. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: учебник для вузов. [Электронный ресурс] / А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов, И.П. Кужекин. — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2016. — 543 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/72336">http://e.lanbook.com/book/72336</a> — Загл. с экрана.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Жижеленко, И.В. Электромагнитная совместимость в электрических сетях. [Электронный ресурс] / И.В. Жижеленко, М.А. Короткевич. — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2012. — 197 с. — Режим доступа:

Перечень используемого программного обеспечения:

1. PTC-MathCAD(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -Информационные ресурсы ФГУ ФИПС(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	143 (1)	Доска, компьютер преподавателя, оборудование лаборатории ЭМС.
Экзамен	378 (1)	Доска