

Федеральное агентство по образованию
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой энергетики
_____ Н.В.Савина
« ____ » _____ 2007 г.

Электромагнитная совместимость в электроэнергетике
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
для специальностей:

- 140203 «Релейная защита и автоматизация энергетических систем»;
- 140204 «Электрические станции»;
- 140205 «Электроэнергетические системы и сети»
- 140211 «Электроснабжение»

Составитель: Л.А. Гурина

Благовещенск

2007 г.

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
энергетического факультета
Амурского государственного университета

Л.А. Гурина

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике» для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 140203 – “Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем”, 140204 – «Электрические станции», 140205 – «Электроэнергетические системы и сети», 140211 – «Электроснабжение». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007.

Учебно-методический комплекс ориентирован на оказание помощи студентам очной и заочной форм обучения по специальностям 140203 – «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», 140204 – «Электрические станции», 140205 – «Электроэнергетические системы и сети», 140211 – «Электроснабжение» для формирования специальных знаний в области электромагнитной совместимости.

© Амурский государственный университет, 2007

© Л.А. Гурина

Аннотация

Настоящий УМКД предназначен в помощь студентам всех форм обучения электроэнергетических специальностей при изучении дисциплины «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике».

При его написании учитывались рекомендации из положения «Об учебно-методическом комплексе дисциплины». УМКД разрабатывался на основе утвержденных в установленном порядке Государственного образовательного стандарта, типовых учебных планов и рабочей программы дисциплины, а также нормативных документов Министерства образования и науки Российской Федерации по вопросам организации учебно-воспитательного процесса. Исключением стали следующие пункты, которые не предусматриваются рабочей программой дисциплины «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике»:

- методические рекомендации по проведению семинарских и практических занятий;
- методические рекомендации по проведению лабораторных занятий, деловых игр, разбору ситуаций и т.п.;
- методические указания по выполнению курсовых проектов (работ);
- методические указания по выполнению лабораторных работ (практикумов);
- методические указания к практическим занятиям;
- комплекты заданий для лабораторных работ, контрольных работ, домашних заданий.
- перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности выпускников и соответствующее учебно-методическое пособие, раскрывающее особенности и перспективы использования данных программных продуктов.

Содержание

1. Программа дисциплины, соответствующая требованиям государственного образовательного стандарта.....	5
2. Рабочая программа дисциплины.....	10
3. График самостоятельной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля.....	24
4. Краткий конспект лекций.....	26
5. Методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины	41
6. Методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов (материалы по контролю качества образования).....	41
7. Контрольные вопросы к зачету (экзамену).....	41
8. Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.....	43

1. Программа дисциплины, соответствующая требованиям государственного образовательного стандарта.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Департамента образовательных программ и стандартов профессионального образования

_____ Л.С. Гребнев

« ____ » _____ 2001 г.

**ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Рекомендуется Минобразованием Российской Федерации для направления подготовки бакалавров по направлению 551700 - ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является подготовка специалистов в области электромагнитной совместимости (ЭМС) в электроэнергетике.

В процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи: излагаются общие вопросы ЭМС, источники и значения электромагнитных помех (ЭМП), каналы и механизмы передачи ЭМП, методы и средства защиты от ЭМП, технико-экспериментального определения помехоустойчивости, принципы обеспечения ЭМС, нормативная база и стандартизация в области ЭМС.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать общие принципы обеспечения ЭМС;
- уметь для различных объектов электроэнергетики высокого и сверхвысокого напряжения составить схемы замещения источников ЭМП, каналов и механизмов передачи и воздействий ЭМП на различные приемники объектов электроэнергетики;
- уметь изменять уровень ЭМП и применять на практике различные методы и средства защиты от ЭМП на объектах электроэнергетики.

3. Объем дисциплины и виды учебных работ.

Виды учебных работ	Всего часов	Семестр
Общая трудоемкость дисциплины	72	8
Аудиторные занятия	34	8
Лекции	34	8
Самостоятельная работа	38	8
Расчетные занятия	38	8
Виды итогового контроля	Зачет Экзамен	

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№	Раздел дисциплины	Лекции	ЛР
1	Общие вопросы ЭМС	*	
2	Источники и значения ЭМП	*	
3	Каналы, механизмы передачи и ослабления ЭМП	*	
4	Методы и средства защиты от ЭМП	*	
5	Экспериментальное определение помехоустойчивости, общие принципы обеспечения ЭМС	*	
6	Стандартизация в области ЭМС	*	

4.2. Содержание разделов дисциплин.

4.2.1. Общие вопросы ЭМС.

Электромагнитная совместимость, электромагнитное влияние. Допустимый интервал и уровень помех. Помехоподавление. Противофазные и синфазные помехи. Земля и масса.

4.2.2 Источники и значения ЭМП.

Источники узкополосных помех, широкополосных импульсных помех, широкополосных переходных помех, классы окружающей среды.

4.2.3. Каналы, механизмы передачи и ослабления ЭМП.

Гальваническая, емкостная, индуктивная связь. Электромагнитная связь линий. Электромагнитная связь излучением. Заземление экранов кабелей. Идентификация механизмов связи.

4.2.4. Методы и средства защиты от ЭМП.

Пассивные помехозащитные устройства: фильтры, разрядники для защиты от перенапряжений оптрона и световодные линии, разделительные трансформаторы.

Электромагнитные экраны: природа экранирующего действия, ближняя и дальняя зоны, экранирование статических, квазистатических полей, электромагнитных волн; вспомогательные элементы экранов.

Теория электромагнитных экранов.

4.2.5. Экспериментальное определение помехоустойчивости, общие принципы обеспечения ЭМС, стандартизация в области ЭМС.

Общие принципы обеспечения ЭМС.

Имитация помех, поступающих по проводам. Имитация квазистатических полей и электромагнитных волн.

Общие принципы обеспечения ЭМС (подавление помех, вызываемых отключением индуктивностей, создаваемых универсальными коллекторными двигателями, создаваемых разрядами статического электричества; зонная концепция молниезащиты, проблемы ЭМС в лабораториях высокого напряжения; экология электромагнитных полей).

4.2.6. Стандартизация в области ЭМС.

Нормативная база, стандарты в области ЭМС. Организации, занимающиеся вопросами ЭМС.

5. Лабораторный практикум не предусмотрен.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

6.1. Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике: Пер. с нем. И.П. Кужекина; под ред. Б.К. Максимова/ М.: Энергоатомиздат, 1995.

2. Шваб А. Электромагнитная совместимость: Пер. с нем. В.Д. Мазина и С.А. Спектора. 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. Кужекина И.П. М.: Энергоатомиздат, 1998.

б) дополнительная литература:

1. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи. /В.И. Кравченко, Е.А., Болотов, Н.И. Летунова; под ред. В.И. Кравченко. – М.: Радио и связь, 1987.

2. Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

6.2. Средства обеспечения дисциплины.

Расчетные компьютерные программы MathCAD, EMTP.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированные аудитории.

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины по усмотрению кафедры.

Программа составлена в соответствии с Государственным стандартом высшего профессионального образования по направлению ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА подготовки бакалавров.

Программу составил

Максимов Б.К., профессор МЭИ (ТУ)

Программа одобрена на заседании Учебно-методического совета по направлению 551700 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА от «15» декабря 2000 г.

Протокол №3

Председатель Учебно-методического совета по направлению 551700 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

В.В. Жуков

Председатель Совета УМО по образованию в области энергетики

Е.В. Аметистов

2. Программа дисциплины, соответствующая требованиям государственного образовательного стандарта.

Федеральное агентство по образованию РФ
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УНР
_____ Е.С. Астапова

«__» _____ 200__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине *«Электромагнитная совместимость в электроэнергетике»*
для специальностей:

140203	«Релейная защита и автоматизация энергетических систем»;
140204	«Электрические станции»;
140205	«Электроэнергетические системы и сети»
140211	«Электроснабжение»

Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Курс 4	Курс 4
Лекции – 45 час.	Лекции – 12 час.
СРС – 27 час.	СРС – 60 час.
Зачет – 8 семестр (специальность 140203)	Экзамен – 8 семестр
Экзамен – 8 семестр	
Всего часов - 72	Всего часов - 72

Составитель: *Гурина Л.А, доцент, канд. техн. наук*
Факультет *Энергетический*
Кафедра *Энергетики*

2006

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 650900 «Электроэнергетика». В рамках данного направления на кафедре Энергетики реализуется подготовка дипломированного специалиста по специальностям: 140203, 140204, 140205, 140211.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

«_____» _____ 200__ г., протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ Н.В. Савина

Рабочая программа одобрена на заседании УМС специальностей 140203, 140204, 140205, 140211.

«_____» _____ 200__ г., протокол № _____

Председатель УМСС _____

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

_____ Г.Н.Торопчина

«_____» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель УМС факультета

«_____» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

_____ Н.В. Савина

«_____» _____ 200__ г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Государственный образовательный стандарт подготовки дипломированного специалиста по направлению «Электроэнергетика» включает изучение дисциплины «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике» в разделе ОПД.Ф.08 «Электроэнергетика».

1.1. Цель преподавания дисциплины

Предметом изучения дисциплины «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике» является проблемы электромагнитного взаимодействия устройств электроснабжения и разнородных информационных технологий.

Целью дисциплины является изучение принципов обеспечения надежного и безотказного функционирования электроэнергетических объектов при наличии электромагнитных влияний.

Основой для изучения дисциплины являются курсы «Высшая математика», «Физика», «ТОЭ», «Математические модели и методы в расчетах на ЭВМ», «Основы научных исследований», «Электроэнергетические системы и сети», «Изоляция и перенапряжения».

1.2. Задачи изучения дисциплины

В процессе изучения предмета решаются следующие задачи: излагается нормативная база и стандартизация в области электромагнитной совместимости, общие вопросы электромагнитной совместимости, источники и значения электромагнитных помех, каналы и механизмы передачи электромагнитных помех, методы и средства защиты от электромагнитных помех, определения помехоустойчивости, принципы обеспечения электромагнитной совместимости.

Изучение дисциплины «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике» в соответствии с квалификационной характеристикой выпускников, предназначено для студентов всех форм обучения по

электроэнергетическим специальностям для приобретения знаний об общих принципах обеспечения электромагнитной совместимости и умений применять на практике различные методы и средства защиты от электромагнитных помех на объектах электроэнергетики.

1.3. Перечень дисциплин, освоение которых необходимо при изучении данной дисциплины

Высшая математика: решение систем алгебраических уравнений, графы, дифференциальные уравнения, функции комплексного переменного, теория вероятностей и математическая статистика, теория случайных процессов
Физика: электричество и магнетизм, уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме, материальные уравнения, квазистационарные токи.
Теоретические основы электротехники: законы электрических цепей, уравнения электромагнитного поля, теория электромагнитного поля, электростатическое поле, стационарное электрическое поле, магнитное поле, аналитические и численные методы расчета электрических и магнитных полей, переменное электромагнитное поле, эффект и эффект близости, электромагнитное экранирование.
Математические модели и методы в расчетах на ЭВМ: моделирование и вейвлет-анализ случайных процессов.
Основы научных исследований: постановка эксперимента и обработка его результатов, транспортная задача.
Изоляция и перенапряжения: молниезащита воздушных линий; изоляция электрооборудования станций и подстанций, закрытых и открытых распределительных устройств; элегазовая изоляция; молниезащита оборудования станций и подстанций; защита изоляции электрооборудования от внутренних перенапряжений; экологические аспекты электроустановок высокого напряжения.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Федеральный компонент

ОПД.Ф.09

Основные определения; электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики; источники помех; чувствительные к помехам элементы; каналы передачи помех; уровни помех; помехоустойчивость; методы испытаний и сертификации элементов вторичных цепей на помехоустойчивость; влияние полей, создаваемых устройствами электроэнергетики, на биологические объекты; нормы по допустимым напряженностям электрических и магнитных полей промышленной частоты для персонала и населения; Закон РФ об электромагнитной совместимости.

2.2. Наименование тем, их содержание и объем в часах.

Тема 1.

Введение. Общие сведения об электромагнитной совместимости технических средств на объектах электроэнергетике при управлении ЭЭС (2 часа).

Тема 2.

Стандартизация в области ЭМС, основные определения (4 часа).

Основные понятия, электромагнитные помехи, помехоэмиссия и помехоустойчивость, показатели качества электрической энергии.

Тема 3.

Общие вопросы ЭМС (5 часов)

Виды электромагнитных помех, электромагнитная обстановка и уровни ЭМС.

Тема 4.

Математические модели электромагнитных влияний (6 часов).

Гармонические воздействия и способы их описания, периодические негармонические воздействия и способы их описания, непериодические воздействия и способы их описания.

Тема 5.

Источники помех (6 часов)

Гармонические составляющие в кривой выпрямленного напряжения в режиме холостого хода, состав гармонических составляющих в кривой первичного тока.

Тема 6.

Каналы передачи электромагнитных помех и способы их ослабления (8 часов)

Моделирование механизмов связи, связь через общее полное сопротивление, механизмы связи, помехи в кабелях, обусловленные электромагнитным воздействием.

Тема 7.

Теория электромагнитных экранов (8 часов).

Природа экранирующего действия и электромагнитные экраны, дифференциальные уравнения Максвелла, эквивалентная глубина проникновения поля, экран из двух параллельных пластин в магнитном поле, цилиндрический экран в продольном поле, помехозаграждение.

Тема 8.

Технические средства и организационные мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости (6 часов).

Разряды статического электричества, защита сети электропитания, грозозащита - концепция грозозащитных зон, устранение электромагнитного излучения, устранение влияния выпрямительных устройств.

2.5. Самостоятельная работа студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов очной формы обучения

1. Нормы по допустимым напряженностям электрических и магнитных полей промышленной частоты для персонала и населения.
2. Влияние полей, создаваемых устройствами электроэнергетики, на биологические объекты.
3. Электрические и магнитные поля промышленной частоты.

4. Электромагнитная обстановка на рабочих местах и в быту.
5. Аппаратные средства для анализа и контроля электрических и магнитных полей промышленной частоты в электрических сетях.
6. Проблема наведенных напряжений в электрических сетях.
7. Экологические аспекты электромагнитной совместимости.
8. Защита человека от воздействия электромагнитных полей.
9. Мероприятия по обеспечению безопасности человека от воздействия электромагнитных полей.
10. Современное состояние исследования ЭМС в сетях низкого напряжения.

2.6. Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний.

К промежуточной форме контроля знаний относится:

- блиц-опрос на лекциях по пройденному материалу;
- Выступление с докладом по темам, указанным в пункте 2.5.

Содержание самостоятельной работы студентов заочной формы обучения

1. Нормы по допустимым напряженностям электрических и магнитных полей промышленной частоты для персонала и населения.
2. Влияние полей, создаваемых устройствами электроэнергетики, на биологические объекты.
3. Электрические и магнитные поля промышленной частоты.
4. Электромагнитная обстановка на рабочих местах и в быту.
5. Аппаратные средства для анализа и контроля электрических и магнитных полей промышленной частоты в электрических сетях.
6. Проблема наведенных напряжений в электрических сетях.
7. Экологические аспекты электромагнитной совместимости.
8. Защита человека от воздействия электромагнитных полей.
9. Мероприятия по обеспечению безопасности человека от воздействия электромагнитных полей.
10. Современное состояние исследования ЭМС в сетях низкого напряжения.

11. Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики.
12. Синфазные и противофазные напряжения ЭМП.
13. Источники помех.
14. Помехи в кабелях, обусловленные электромагнитным влиянием.
15. Помехозаграждение.
16. Технические средства и организационные мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости.

2.7. Вопросы к зачету, экзамену.

1. Стандартизация в области в ЭМС. Электромагнитные помехи.
2. Стандартизация в области в ЭМС. Помехоэмиссия и помехоустойчивость.
3. Стандартизация в области в ЭМС. Показатели качества электрической энергии.
4. Электромагнитная обстановка и уровни ЭМС.
5. Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики.
6. Основные типы и возможные диапазоны значений электромагнитных помех.
7. Способы описания и основные параметры помех.
8. Синфазные и противофазные напряжения ЭМП.
9. Уровень и интервал помех.
10. Комплексное представление гармонических влияний.
11. Периодические негармонические воздействия и способы их описания.
12. Разложение периодических негармонических колебаний в ряд Фурье.
13. Непериодические воздействия и способы их описания.
14. Источники помех.
15. Гармонические составляющие в кривой выпрямленного напряжения в режиме холостого хода.
16. Состав гармонических составляющих в кривой первичного тока.
17. Моделирование механизмов связи.
18. Связь через общее полное сопротивление.

19. Магнитная связь.
20. Пути ослабления индуктивной связи (стратегия разомкнутой цепи).
21. Пути ослабления индуктивной связи (экранирование).
22. Гальваническая связь.
23. Емкостная связь.
24. Электромагнитная связь линий.
25. Помехи в кабелях, обусловленные электромагнитным влиянием.
26. Природа экранирующего действия и электромагнитные экраны.
27. Дифференциальные уравнения Максвелла. Эквивалентная глубина проникновения поля.
28. Экран из двух параллельных пластин.
29. Цилиндрический экран в продольном поле.
30. Помехозаграждение. Газонаполненные разрядники.
31. Помехозаграждение. Варисторы.
32. Помехозаграждение. Кремниевые лавинные диоды.
33. Помехозаграждение. Фильтры.
34. Технические мероприятия по обеспечению ЭМС при разрядах статического электричества.
35. Технические мероприятия по обеспечению ЭМС при защите сети электропитания.
36. Технические мероприятия по устранению электромагнитного излучения.
37. Современное состояние исследования ЭМС в сетях низкого напряжения.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Литература

Основная

1. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К., Кужекин И.П., Жуков А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике./ Под редакцией А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 2003.

2. Горюнов А.К., Таджибаев А.И., Халилов Ф.К. Электромагнитная совместимость в сетях низкого напряжения и меры борьбы с ее нарушениями: Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Петербургский энергетический институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов Министерства энергетики Российской Федерации, 2004.

3. Гурина Л.А. Электромагнитные помехи и методы защиты от них: Учебное пособие. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2006.

Дополнительная

4. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике: Пер. с нем. И.П. Кужекина; под ред. Б.К. Максимова/ М.: Энергоатомиздат, 1995.

5. Шваб А. Электромагнитная совместимость: Пер. с нем. В.Д. Мазина и С.А. Спектора. 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. Кужекина И.П. М.: Энергоатомиздат, 1998.

6. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов по спец. «Радиотехника». – М.: Высш. шк., 2000.

7. Висящев А.Н. Качество электрической энергии и электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах. Иркутск, 1997.

8. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Изд-во стандартов, 1998.

9. Курбацкий В.Г. Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость в электрических сетях: Учебное пособие. – Братск: БрГТУ, 1999.

10. Курбацкий В.Г. Влияние тяговых нагрузок на качество электроэнергии в распределительных сетях// Промышленная энергетика, 1991. - № 4. – С. 12-14.

11. Толстов Г.П. Ряды Фурье. – М.: Наука, 1980.

3.2. Наглядные пособия

1. Лазерные пленки к проектоскопу, слайды к медиапроектору.

Таблица 1

Учебно-методическая карта дисциплины

№ недели	№ темы	Наименование вопросов изучаемых на лекции	Занятия (номера)		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Практич. (семина.)	Лабораторные		Содержание	Час	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Содержание вопросов изучаемых на лекции приведены в подразделе 2.2.	Практические занятия не предусмотрены	Лабораторные занятия не предусмотрены	Слайды к медиапроектору «Электромагнитные помехи, помехоэмиссия и помехоустойчивость, показатели качества электрической энергии»	Нормы по допустимым напряженностям электрических и магнитных полей промышленной частоты для персонала и населения.	2	Блиц-опрос на лекции
	2							
2	2					Влияние полей, создаваемых устройствами электроэнергетики, на биологические объекты.	2	Блиц-опрос на лекции

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3				Слайды для медиапроектора «Виды электромагнитных помех, электромагнитная обстановка и уровни ЭМС»	Электрические и магнитные поля промышленной частоты.	2	Выступление с докладом на лекции
	3							
2	3,4				Слайды для медиапроектора по теме «Математические модели электромагнитных влияний»	Электромагнитная обстановка на рабочих местах и в быту.	3	Блиц-опрос на лекции
1	4				Слайды для медиапроектора по теме «Математические модели электромагнитных влияний»	Аппаратные средства для анализа и контроля электрических и магнитных полей промышленной частоты в электрических сетях.	3	Выступление с докладом на лекции
	4							
2	4,5				Слайд «Источники помех»	Проблема наведенных напряжений в электрических сетях.	3	Выступление с докладом на лекции

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5				Слайды «Способы описания гармонических влияний»			
	5							
2	5,6				Слайд «Моделирование механизмов связи»	Экологические аспекты электромагнитной совместимости.	3	Выступление с докладом на лекции
1	6				Слайды «Механизмы связи»			
	6							
2	6					Защита человека от воздействия электромагнитных полей.	3	Блиц-опрос на лекциях
1	6,7				Слайд «Природа экранирующего действия и электромагнитные экраны»			
	7							
2	7					Мероприятия по обеспечению безопасности человека от воздействия электромагнитных полей.	3	Выступление с докладом на лекции

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7				Слайды «Виды экранов»			
	7,8							
2	8				Слайды «Технические средства по обеспечению электромагнитной совместимости»	Современное состояние исследования ЭМС в сетях низкого напряжения	3	Выступление с докладом на лекции
1	8				Слайды «Организационные мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости»			
	8							

3. График самостоятельной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля.

Таблица 2

№	Содержание	Объем в часах	Формы контроля	Сроки (понеделные)
1	2	3	4	5
1	Нормы по допустимым напряженностям электрических и магнитных полей промышленной частоты для персонала и населения	2	Блиц-опрос на лекции	1
2	Влияние полей, создаваемых устройствами электроэнергетики, на биологические объекты	2	Блиц-опрос на лекции	2
3	Электрические и магнитные поля промышленной частоты	2	Выступление с докладом на лекции	3
4	Электромагнитная обстановка на рабочих местах и в быту	3	Блиц-опрос на лекции	4
5	Аппаратные средства для анализа и контроля электрических и магнитных полей промышленной частоты в электрических сетях	3	Выступление с докладом на лекции	5
6	Проблема наведенных напряжений в электрических сетях	3	Выступление с докладом на лекции	6

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
7	Экологические аспекты электромагнитной совместимости	3	Выступление с докладом на лекции	8
8	Защита человека от воздействия электромагнитных полей.	3	Блиц-опрос на лекции	10
9	Мероприятия по обеспечению безопасности человека от воздействия электромагнитных полей.	3	Выступление с докладом на лекции	12
10	Современное состояние исследования ЭМС в сетях низкого напряжения	3	Выступление с докладом на лекции	14

Примечание. Список литературы, необходимый для изучения вопросов, заданных на самостоятельную работу, приведен в рабочей программы дисциплины.

4. Краткий конспект лекций

Тема 1. Введение. Общие сведения об электромагнитной совместимости технических средств на объектах электроэнергетики при управлении ЭЭС (2 часа)

Непрерывное развитие электроэнергетических систем влечет за собой внедрение в автоматизированные системы управления все более совершенной электронной и микропроцессорной техники на различных объектах энергетики. Поэтому становятся все более актуальными проблемы электромагнитного взаимодействия устройств электроснабжения и технических средств, предназначенных для сбора, передачи и обработки информации, требуемой для обеспечения надежной и безотказной работы электроэнергетических объектов.

В связи с этим появилась необходимость исследования вопросов электромагнитной совместимости технических средств различного функционального назначения с учетом постоянно усложняющейся электромагнитной обстановки в среде их функционирования.

Тема 2. Стандартизация в области ЭМС, основные определения (4 часа)

Основные понятия, электромагнитные помехи, помехоэмиссия и помехоустойчивость, показатели качества электрической энергии.

Понятие электромагнитной совместимости характеризует способность любого объекта, связанного с электромагнитными процессами, нормально функционировать с другими объектами.

Задача обеспечения электромагнитной совместимости технических средств разделяется на два взаимосвязанных направления. Первое направление обеспечивает регламентированный нормативными документами уровень электромагнитных полей, создаваемых техническим объектом, а второе обеспечивает нормальное функционирование объекта в окружении других объектов любого функционального назначения, характеризуемых регламентируемыми уровнями собственных электромагнитных полей.

В середине XX века с резким ростом общего числа радиоэлектронной аппаратуры и появлением нового класса устройств электронной техники различного функционального назначения возникла необходимость регламентации частотных диапазонов, выделяемых для функционирования электронных устройств сначала на государственном, а затем и на международном уровне. Появилась нормативно-правовая база, узаконивающая разделение частотного диапазона между пользователями электронной аппаратуры.

Российская Федерация является членом Международного комитета радиочастот (МККР) и следует требованиям международных договоров по координированному разделению частот.

Организационные мероприятия, регламентирующие частотные характеристики электромагнитных помех, заключены в системе нормативных документов, заканчивающихся техническими условиями на изделие электронной аппаратуры.

Согласно Федеральному закону о техническом регулировании (от 1 июля 2003) нормативные документы, регулирующие электромагнитную совместимость технического средства, будут называться Техническим регламентом. Технические условия на изделие электронной аппаратуры должны удовлетворять требованиям государственного стандарта (ГОСТ) России.

Стандарты по электромагнитной совместимости разделены:

- на стандарты для радиоэлектронной аппаратуры, предназначенной для связи и вещания;
- на стандарты по промышленным радиопомехам для остальной электронной аппаратуры бытового и промышленного назначения, включающей электрические и электронные технические средства.

Основой нормативно-правовой базы обеспечения электромагнитной совместимости технических средств является техническое законодательство.

Проект Федерального закона РФ об электромагнитной совместимости

(1997) устанавливал правовые основы деятельности в области обеспечения ЭМС в РФ, в котором устанавливались постатейно следующие положения:

1. законодательная терминология;
2. сфера действия закона, разграничивающая технические средства по принадлежности к различным областям деятельности.
3. взаимодействие закона с положениями Международных договоров и соглашений;
4. номенклатура явлений, относящихся к категории электромагнитных помех, которая включает искусственные, кондуктивные помехи, помехи естественного происхождения, указывает на соответствующие нормативные документы, как на источник, регламентирующий допустимые уровни ЭМП
5. необходимость регулирования вопросов обеспечения электромагнитной совместимости для защиты интересов пользователей электронной аппаратуры и биологических объектов;
6. полномочия федеральных органов исполнительной власти в области обеспечения электромагнитной совместимости;
7. требования по электромагнитной совместимости к техническим средствам;
8. нормативные документы;
9. законодательная обязанность сертификации технических средств;
10. алгоритмы сертификации новых технических средств на ЭМС;
11. запрещение реализации технических средств и передачу электрической энергии без соответствующего сертификата на соответствие электромагнитной совместимости.

Основным государственным стандартом в области ЭМС технических средств является ГОСТ Р 50397-92. Однако, этот стандарт имеет недостаточное значение для практического применения терминов. В этой связи большое значение имеет основной терминологический стандарт в области ЭМС МЭК 50-161-90. Ряд терминов и определений, важных для практических применений в области ЭМС, установлен в ГОСТ 13109-97, ГОСТ 14777-76, ГОСТ 23611-79,

ГОСТ 23875-88, ГОСТ Р 51317.2.4-2000, ГОСТ Р 51317.2.5-2000, ГОСТ Р 51317.4.3-99, ГОСТ Р 51317.6.1-99, ГОСТ Р 51318.22-99, ГОСТ Р 51700-2000 [1-4, 27-38]. Приведем некоторые определения важнейших терминов в области ЭМС в указанных выше документах.

Тема 3. Общие вопросы ЭМС (5 часов)

Виды электромагнитных помех, электромагнитная обстановка и уровни ЭМС.

Знание электромагнитной обстановки применительно к различным местам размещения технических средств, т.е. видов электромагнитных помех, воздействующих на технические средства и их характеристик (прежде всего уровней помех, а также временных и спектральных параметров, частот возникновения, величин внутреннего сопротивления источников помех и т.д.), имеет большое значение, т.к. позволяет обоснованно определить уровни ЭМС для ЭМП различных видов и устанавливать предельные уровни помехоэмиссии и помехоустойчивости, обеспечивающие ЭМС ТС в конкретных условиях эксплуатации.

Установленная в международных и отечественных стандартах ЭМС система классификации представляет принятую на международном уровне для решения практических задач ЭМС классификацию разнообразных электромагнитных явлений и процессов, связанных с ними ЭМП, и различных мест размещения ТС.

С целью классифицировать ЭМП, характеризующих ЭМО в местах размещения ТС, в ГОСТ Р 51317.2.5-2000 установлены категории и виды ЭМП.

Категории ЭМП:

1. НЧ ЭМП (кондуктивные и излучаемые), вызываемые различными источниками, кроме электростатических разрядов;
2. ВЧ ЭМП (кондуктивные и излучаемые), вызываемые различными источниками, кроме электростатических разрядов;
3. электростатические разряды.

Излучаемые ЭМП распространяются в пространстве, окружающем ТС, в то время как кондуктивные помехи распространяются в различных проводящих средах, прежде всего, в силовых линиях СЭС.

Виды ЭМП, характеризующие ЭМО в местах размещения ТС, представлены в таблице

Таблица

Виды ЭМП

Категория ЭМП	Вид ЭМП
1	2
НЧ кондуктивные ЭМП	Гармоники, интергармоники напряжения электропитания Напряжения сигналов, передаваемых в СЭС
	Колебания напряжения электропитания
	Провалы, кратковременные перерывы напряжения электропитания и временные перенапряжения
	Отклонение напряжения электропитания
	Изменение частоты в СЭС
	Наведенные низкочастотные напряжения
	Постоянные составляющие в сетях электропитания
НЧ излучаемые ЭМП	Магнитные поля
	Электрические поля
ВЧ кондуктивные ЭМП	Наводимые напряжения или токи
	Апериодические и колебательные переходные процессы
ВЧ излучаемые ЭМП	Магнитные поля
	Электрические поля
	Электромагнитные поля, в том числе, вызываемые переходными процессами
Электростатические разряды	

Для количественной оценки величин, характеризующих ЭМС, пользуются логарифмическим масштабом электрических величин в

относительных единицах, что позволяет наглядно представить соотношение величин, отличающихся на много порядков, а также умножать эти значения простым сложением этих логарифмов.

Различают два вида логарифмических относительных величин: уровень и меру сигнала.

Уровень – логарифм относительной величины с постоянной базой – знаменателем.

Мера сигнала – логарифм отношения величин для обозначения измеряемых свойств объекта (степени передачи, коэффициентов усиления, ослабления).

Тема 4. Математические модели электромагнитных влияний (6 часов)

Гармонические воздействия и способы их описания, периодические негармонические воздействия и способы их описания, непериодические воздействия и способы их описания.

Для оценивания электромагнитной обстановки на объектах электроэнергетики и при подавлении электромагнитного влияния в системах диспетчерского управления необходимо математическое описание помехового воздействия.

Если электромагнитные помехи появляются преимущественно в форме дискретных частот или шума, их следует рассматривать в частотной области, если как импульсы или переходные помехи – во временной.

Гармонические колебания – основной вид возмущений и реакций в ЭЭС. Периодические помехи описываются с помощью разложения в ряды Фурье.

Для математического описания импульсных помех при изучении электромагнитной обстановки исследуют спектр последовательности периодически повторяющихся прямоугольных импульсов.

Непериодические воздействия анализируют как совокупность гармонических колебаний.

Непериодический сигнал рассматривается как предел периодического колебания, имеющего ту же форму импульсов на периоде T , при частоте $f = \frac{1}{T} \rightarrow 0$.

Тема 5. Источники помех (6 часов)

Гармонические составляющие в кривой выпрямленного напряжения в режиме холостого хода, состав гармонических составляющих в кривой первичного тока.

Источники электромагнитных влияний могут быть естественного и искусственного происхождения. В зависимости от того, возникнут ли электромагнитные влияния при преднамеренном производстве и применении электромагнитных волн или они являются паразитными и имеют мало общего с первичной функцией источника, различают функциональные и нефункциональные источники помех. К функциональным источникам можно отнести радио- телепередатчики, генераторы высокой частоты, устройства радиоуправления, а к нефункциональным – сварочное оборудование, выпрямители тока, атмосферные разряды.

В реальных условиях выработки, преобразования, распределения электроэнергии возникает искажение формы кривой тока и напряжения. Эти искажения возникают при генерации электроэнергии, передаче электроэнергии по сетям и, главным образом, при потреблении, связанном в основном с преобразованием переменного тока в постоянный и наоборот.

Форма кривой тока в тяговой сети электрической железной дороги искажается из-за наличия двухполупериодных выпрямительных агрегатов на электроподвижном составе.

Источниками искажения тока и напряжения в системах электроснабжения железной дороги постоянного тока являются преобразовательные агрегаты тяговых подстанций.

Расчет линейной цепи с несинусоидальным напряжением и тока, в том числе и расчет электромагнитных влияний, сводится к решению системы линейных

дифференциальных уравнений, составленных на основании законов Кирхгофа. Но, если разложить периодические несинусоидальные ток и напряжение на сумму синусоидальных величин (гармонических составляющих), то возможен расчет для каждой гармоники, т.е. решение системы линейных алгебраических уравнений с последующим сложением и получением результата для всех гармоник.

Тема 6. Каналы передачи электромагнитных помех и способы их ослабления (8 часов)

Моделирование механизмов связи, связь через общее полное сопротивление, механизмы связи, помехи в кабелях, обусловленные электромагнитным воздействием.

Все модели, описывающие связь электромагнитного поля с автоматическими и автоматизированными системами технологического управления электротехническими объектами, могут быть построены с применением **теории антенн**. Основу этой теории составляют уравнения Максвелла, представленные в форме, наиболее часто используемой для реализации численных методов расчёта. Данная теория основана на том основном принципе, что любой ток является источником поля (задача излучения) и любое поле может быть источником тока (задача приема), который, в свою очередь, является источником излучаемого поля.

Теория поля является одной из наиболее общих и строгих из используемых теорий для решения задач определения параметров механизмов связи и поэтому содержит мало допущений:

- электропроводящее тело имеет размеры, много меньше длины волны;
- тело обладает абсолютной проводимостью.

Другой широко используемой теорией является **теория длинных линий (ТЛ)**.

Частным случаем двух достаточно общих теорий является **теория цепей**, основанная на законах Кирхгофа и Ленца.

Большинство механизмов передачи помех представляют на основе теории цепей.

При анализе путей передачи возмущений от источника к приемнику их следует разделить на две группы - механизм связи образуется посредством прямого электрического контакта между источником и приемником или посредством электромагнитного поля (отдельно электрической или отдельно магнитной составляющей, или их совместным воздействием). Таким образом, может быть сделано первое разделение (классификация) способов передачи помех: гальванические (кондуктивные) связи и связи излучением (полевые связи).

Однако, если возмущение влияет на приемник посредством гальванической связи, его воздействие на чувствительные цепи может происходить по-разному в зависимости от типа сопротивления (активное или реактивное, собственное или взаимное), по которому протекает ток.

Иногда при передаче возмущения происходит комбинация различных физических механизмов воздействия, поэтому будем в дальнейшем использовать понятие **связь через полное сопротивление**, понимая при этом, что при очень низких частотах или при чисто активном характере сопротивления данный способ взаимодействия может быть назван связью через активное сопротивление.

Способы взаимосвязи без гальванического контакта будем подразделять на три категории в зависимости от того, могут ли электрическая и магнитная составляющие магнитного поля рассматриваться отдельно или необходимо совместное рассмотрение электромагнитных составляющих.

Таким образом, может быть предложена следующая классификация способов передачи возмущений:

1. Связь через общее сопротивление (в том числе через активное);
2. Индуктивная, или магнитная связь;
3. Емкостная, или электрическая связь;
4. Связь излучением, или электромагнитная связь.

Тема 7. Теория электромагнитных экранов (8 часов)

Природа экранирующего действия и электромагнитные экраны, дифференциальные уравнения Максвелла, эквивалентная глубина проникновения поля, экран из двух параллельных пластин в магнитном поле, цилиндрический экран в продольном поле, помехозаграждение.

Природа действия электромагнитного экрана заключается в том, что электромагнитное поле проникает в стенку экрана и возбуждает в ней заряды или индуцирует токи, собственные поля которых накладываются на первичное поле, частично или полностью компенсируя его.

При этом несущественно, находится ли первичное поле внутри или снаружи экрана.

Мерой экранирующего действия является коэффициент экранирования, который определяется отношением напряженности поля внутри экрана к напряженности внешнего поля, которое имеет место при отсутствии экрана.

Различают постоянные и переменные поля, при этом последние подразделяются на квазистационарные (медленно меняющиеся) и электромагнитные (быстро меняющиеся).

В технике связи, электронной, микроэлектронной, микропроцессорной технике часть пространства экранируется от электромагнитного поля при помощи металлической оболочки. Электростатическое поле полностью экранируется тонкой металлической фольгой.

Экранирующее действие экрана из немагнитного металла в переменном поле определяется наведенными в толще стенок экрана токами и возбужденным этими токами электромагнитным полем. Экранирующее действие увеличивается при увеличении частоты токов и толщины стенок экрана.

Общий метод решения рассмотренных задач состоит в том, что стенки экрана и окружающее их пространство рассматривается как область, в которой исследуется и рассчитывается электромагнитное поле. При этом применяются уравнения Максвелла в области, частью которой является металлическая

оболочка экрана.

Кроме общих методов выполнения экранов, иногда возникает необходимость использования заграждений для снижения уровня помех ниже некоторого приемлемого уровня, определяемого помехоустойчивостью или электрической прочностью оборудования.

Обычно это происходит тогда, когда приемные цепи проходят через границу зон с различной ЭМО.

Заграждающие устройства можно разделить на три группы:

1. гальваническое разделение;
2. ограничение перенапряжений;
3. фильтры.

Тема 8. Технические средства и организационные мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости (6 часов)

Разряды статического электричества, защита сети электропитания, грозозащита - концепция грозозащитных зон, устранение электромагнитного излучения, устранение влияния выпрямительных устройств.

В процессе проектирования и создания устройств необходимо обеспечивать ЭМС, т.е. путем реализации соответствующих мероприятий гарантировать, что при вводе в эксплуатацию устройства не потребуются дорогостоящие дополнительные работы по совершенствованию, а при дальнейшей эксплуатации не возникнут ограничения функционирования, выходы их строя, повреждения и опасные режимы, вызванные недостаточной ЭМС.

Это обеспечивается

- использованием промышленных элементов, показатели которых (помехоустойчивость, эмиссия помех) соответствуют ожидаемым параметрам окружающей среды;
- целесообразным выбором и размещением измерительных, управляющих и регулирующих приборов, соединений между ними и коммуникационных

элементов с учетом имеющихся в устройстве электроэнергетических элементов;

- проектированием здания (его конструкции, расположения помещений, экранирование помещений и здания, кабельных трасс);

- реализацией ряда дополнительных технических и организационных мероприятий.

При этом технические мероприятия направлены на выполнение удовлетворяющих условиям ЭМС системы электропитания, прокладки кабелей и заземления, грозозащиты, ограничения коммутационных перенапряжений, защиты от создающих помехи полей и от влияния разрядов статического электричества, а также на подавление помех, создаваемых выпрямителями и электромагнитными устройствами.

Разряды статического электричества возникают, как правило, при выравнивании потенциалов тела человека, предметов и компонентов, заряженным статическим электричеством с заземленным окружением.

Различают прямые разряды (напр., разряд с тела человека при касании клавиатуры компьютера), а также косвенные разряды (разряд с тела человека через тележку с измерительными приборами и т.д.).

В первом случае незаземленные части (входы полупроводниковых приборов) через гальваническую связь могут получать напряжение относительно земли до нескольких киловольт и выйти из строя, во втором, магнитные и электрические поля, связанные с косвенным разрядом, индуцируют в соседних, неэкранированных приборах напряжения и токи помех, которые тоже могут приводить к необратимым последствиям.

Наиболее часто встречающаяся форма возникновения электростатических зарядов — электризация трением. Электризация трением проявляется, как правило, вследствие контакта тела человека с его одеждой, стулом, полом, рабочими средствами и предметами, а также при соприкосновении деталей, панелей, приборов с другими устройствами. На действующих объектах энергетики для устройств АСТУ наиболее вероятными источниками

статического электричества является персонал, обслуживающий эти устройства.

Воздействие на сеть, вызываемое коммутируемыми блоками питания, коммутационной аппаратурой, выпрямителями силовой электроники, является примером передающихся по проводам помех. Несинусоидальный ток, потребляемый одним единственным мощным потребителем, может исказить форму кривой напряжения сети и этим причинить вред многочисленным средним и малым потребителям. Большое количество маломощных потребителей, если их действие происходит синхронно (телевизионные приемники), может вызвать заметное влияние на сеть.

Содержащиеся в несинусоидальных токах гармоники I_v вызывают на пропорциональных частоте реактивных сопротивлениях $\omega_v L = v\omega_1 L$ падение напряжения, и поэтому даже небольшой ток при высокой частоте может вызвать заметной падение напряжения.

Дальнейшее усиление воздействия на сеть происходит, если параллельно потребителю включены емкости C_p для компенсации реактивной мощности. Они образуют совместно с реактивностью сети заграждающий контур, в котором при резонансе не только возникают очень сильные перенапряжения, но и в сеть через емкость могут течь очень большие токи.

Согласно нормативным документам («Общие условия электроснабжения потребителей») с одной стороны, электростанции обязаны поддерживать напряжение и частоту возможно более постоянными так, чтобы потребители могли нормально функционировать, с другой стороны установки потребителей должны эксплуатироваться так, чтобы были исключены помехи другим потребителям и воздействия на оборудование электростанций.

Выработка и контроль за определенным качеством напряжения вменяется в обязанность эксплуатационникам сетей, которые по меньшей мере должны сдерживать подпитку высшими гармониками, производимыми анонимными малыми потребителями. При наличии заведомо мощных генераторов, создающих гармоники, следует стремиться обеспечить ЭМС с учетом

экономических и технических интересов всех участников. Предложены следующие технические мероприятия:

- в сети: обеспечение малого внутреннего сопротивления сети; компенсация реактивной мощности, в зависимости от нагрузки через исполнительный орган с тиристорным управлением; использование пассивных и активных помехоподавляющих контуров;

- у потребителя: повышение частоты пульсаций у выпрямителей; ограничение пусковых токов; составление расписания работы и разнесения во времени работы оборудования, генерирующего гармоники; использование пассивных и активных подавляющих контуров.

Все мероприятия, в основном, сводятся к тому, чтобы сделать возможно меньшим отношение внутреннего сопротивления сети и полного сопротивления потребителей и, соответственно отношение мощности КЗ сети P_k и максимальной мощности приборов $P_{II\max}$ - возможно большим.

Опасность, связанная с грозовыми разрядами и коммутациями в сети, устраняется реализацией внешней и внутренней защиты.

Существует различие между внутренней и внешней грозозащитой. Задачей внешней грозозащиты является отвод тока молнии в землю таким образом, чтобы внутри помещения не возникало больших разностей потенциалов и сильных электромагнитных полей и помех. Практически это достигается заземленной системой проводников, сооруженных наподобие клетки Фарадея, по которой ток молнии протекает по многим параллельным путям с учетом фундамента и металлических элементов фасада здания.

Наличие системы заземления является основным условием для внутренней грозозащиты. Последняя защищает электрические установки и электронные приборы внутри зданий от частичных токов молнии и повышения потенциала в системе заземления, а также от связанных с ударами молний электромагнитных полей.

Под внутренней грозозащитой понимают ряд мероприятий, которые способствуют защите от перенапряжений в силовой сети. К внутренней грозозащите относятся:

- выравнивание напряжения между металлическим оборудованием, системой трубопроводов, оболочками кабелей, металлическими фундаментами оборудования путем соединения их проводами и присоединения к заземлению;
- выравнивание потенциалов при помощи экранирующих проводников – металлических труб, кабельных перемычек, металлических коробов и закрытых кабельных коробов, в которых прокладываются провода управления, сигнальные линии и линии передачи данных между зданиями и пространственно разделенными устройствами;
- выравнивание напряжения между сетевыми, телефонными и измерительными линиями передачи данных, управления, регулирования, и землей через ограничивающие перенапряжения устройства.

Организационные мероприятия, способствующие обеспечению ЭМС, направлены на то, чтобы рассмотренные технические мероприятия реализовать при планировании, проектировании и создании приборов и длительно обеспечивать достигнутое качество в отношении ЭМС в стадии использования, обслуживания, ввода и эксплуатацию устройства.

Организационные мероприятия включают в себя предписания такие, как ношение экранирующей защитной одежды вблизи интенсивных источников излучения, порядок обращения с электронными деталями, блоками и приборами.

Среди эксплуатационных и профилактических мероприятий, относящихся также к организационным, есть и такие, как осмотр и измерение сопротивления заземления соединений в заземляющем устройстве, которой может повлиять на ЭМС, проверка устройств разделения различных потенциалов, эффективности фильтров, устройств защиты от перенапряжений и экранов, предусмотренных по условиям обеспечения ЭМС.

Кроме того, организационные мероприятия направлены на предотвращение неконтролируемого оснащения при расширении или реконструкции устройства компонентами, кабелями и проводами, которые могут создавать помехи или резко понижать эффективность мероприятий по обеспечению ЭМС.

5. Методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины.

1. Презентации, слайды;
2. Схемы, таблицы, рисунки под медиапроектор;
3. Лазерные пленки к проектоскопу;

6. Методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов (материалы по контролю качества образования)

В процессе изучения дисциплины предусмотрены следующие виды промежуточного контроля знаний студентов:

- пятиминутный опрос студентов на каждой лекции;
- студенты, не посещающие лекционные и практические занятия, представляют рефераты по пропущенным темам.

К промежуточным формам контроля знаний относятся:

- блиц-опрос на лекциях по пройденному материалу;
- контрольные работы;
- выполнение рефератов с последующей их защитой;
- выступление с докладом.

7. Комплекты экзаменационных билетов для каждого из предусмотренных экзаменов по дисциплине и контрольные вопросы к зачету.

1. Стандартизация в области в ЭМС. Электромагнитные помехи.
2. Стандартизация в области в ЭМС. Помехоэмиссия и помехоустойчивость.
3. Стандартизация в области в ЭМС. Показатели качества электрической энергии.

4. Электромагнитная обстановка и уровни ЭМС.
5. Электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики.
6. Основные типы и возможные диапазоны значений электромагнитных помех.
7. Способы описания и основные параметры помех.
8. Синфазные и противофазные напряжения ЭМП.
9. Уровень и интервал помех.
10. Комплексное представление гармонических влияний.
11. Периодические негармонические воздействия и способы их описания.
12. Разложение периодических негармонических колебаний в ряд Фурье.
13. Непериодические воздействия и способы их описания.
14. Источники помех.
15. Гармонические составляющие в кривой выпрямленного напряжения в режиме холостого хода.
16. Состав гармонических составляющих в кривой первичного тока.
17. Моделирование механизмов связи.
18. Связь через общее полное сопротивление.
19. Магнитная связь.
20. Пути ослабления индуктивной связи (стратегия разомкнутой цепи).
21. Пути ослабления индуктивной связи (экранирование).
22. Гальваническая связь.
23. Емкостная связь.
24. Электромагнитная связь линий.
25. Помехи в кабелях, обусловленные электромагнитным влиянием.
26. Природа экранирующего действия и электромагнитные экраны.
27. Дифференциальные уравнения Максвелла. Эквивалентная глубина проникновения поля.
28. Экран из двух параллельных пластин.
29. Цилиндрический экран в продольном поле.
30. Помехозаграждение. Газонаполненные разрядники.

31. Помехозаграждение. Варисторы.
 32. Помехозаграждение. Кремниевые лавинные диоды.
 33. Помехозаграждение. Фильтры.
 34. Технические мероприятия по обеспечению ЭМС при разрядах статического электричества.
 35. Технические мероприятия по обеспечению ЭМС при защите сети электропитания.
 36. Технические мероприятия по устранению электромагнитного излучения.
 37. Современное состояние исследования ЭМС в сетях низкого напряжения.
- На основе вопросов, представленных в данном пункте составляются экзаменационные билеты.

8. Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.

Таблица

Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава

Вид учебной нагрузки	ППС
Лекции	Гурина Л.А., доц., канд. техн. наук
Экзамен	Гурина Л.А.
Зачет	Гурина Л.А.