

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Электромагнитная совместимость и помехоустойчивость информационных систем БЗ.ДВ.5

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Белашов В.Ю.

**Рецензент(ы):**

Шерстюков О.Н.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Шерстюков О. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 624214

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Белашов В.Ю. Кафедра радиофизики Отделение радиофизики и информационных систем, Vasilij.Belashov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Б3.ДВ5.1 "Электромагнитная совместимость и помехоустойчивость информационных систем" являются знакомство с основными понятиями и определениями электромагнитной теории в контексте электромагнитной совместимости (ЭМС), с физическими принципами ЭМС и помехоустойчивости информационных систем (ИС), причинами появления проблемы ЭМС, методами улучшения условий ЭМС и помехоустойчивости ИС, нормами на параметры ЭМС, математическим и компьютерным моделированием проблем ЭМС.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.5 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина Б3.ДВ5.1. Для освоения дисциплины необходимы знания, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин: математического анализа (Б2.Б6); теории вероятностей и математической статистики (Б2.Б11); векторного анализа (Б2.Б9); электродинамики (Б3.Б3); статистической радиофизики (Б3.Б10); основ радиоэлектроники (Б3.Б11).

Дисциплина "Электромагнитная совместимость и помехоустойчивость информационных систем" входит в цикл Б3.ДВ5.1 "Дисциплины по выбору" подготовки бакалавров по направлению 011800.62 - "Радиофизика".

Изучается на 4 курсе, во 2 семестре.

Дисциплина служит основой для последующего изучения дисциплины "Адаптивные радиосистемы" (Б3.ДВ4.1).

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способность приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способность овладеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-14 (общекультурные компетенции)	способность получить и использовать в своей деятельности знание иностранного языка
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

причины возникновения проблем ЭМС и помехоустойчивости ИС;  
к каким последствиям приводит не соблюдение условий ЭМС;  
основы теории ЭМС и помехоустойчивости ИС;  
меры улучшения условий ЭМС и помехоустойчивости ИС.

2. должен уметь:

решать электродинамические задачи применительно к проблематике ЭМС;  
анализировать и синтезировать помеховую обстановку;  
ориентироваться в критериях оценки ЭМС и помехоустойчивости;  
применять полученные знания при разработке радиоэлектронных систем.

3. должен владеть:

методами решения задач электродинамики в области ЭМС и помехоустойчивости;  
методами компьютерного моделирования электромагнитных полей;  
навыками работы с учебной и научной литературой.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

определять причины возникновения проблем ЭМС и помехоустойчивости ИС;  
определять к каким последствиям приводит не соблюдение условий ЭМС для аппаратуры информационных систем;  
использовать основы теории ЭМС и помехоустойчивости ИС;  
использовать меры улучшения условий ЭМС и помехоустойчивости ИС.  
ориентироваться в критериях оценки ЭМС и помехоустойчивости;  
применять полученные знания при разработке радиоэлектронных систем;  
пользоваться методами решения задач электродинамики в области ЭМС и помехоустойчивости;

пользоваться навыками работы с учебной и научной литературой.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Скалярные и векторные величины в электромагнитной теории. Векторная алгебра и векторный анализ.	8	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Электродинамика. Уравнения Максвелла.	8	2	2	0	0	
3.	Тема 3. Свойства сред. Граничные условия.	8	3-4	4	0	0	
4.	Тема 4. Энергия электромагнитного поля.	8	5	2	0	0	
5.	Тема 5. Электростатика. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.	8	6	2	0	0	
6.	Тема 6. Стационарное магнитное поле.	8	7	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Моделирование электрических и магнитных полей.	8	8-9	4	0	0	контрольная работа
8.	Тема 8. Электромагнитные поля и помехи в электроэнергетических и информационных системах.	8	10	2	0	0	
9.	Тема 9. Генерация электромагнитного поля электротехническими устройствами и системами.	8	11	2	0	0	
10.	Тема 10. Источники и значения ЭМ помех, классификация окружающей среды.	8	12	2	0	0	презентация
11.	Тема 11. Помехоустойчивость и стойкость к повреждению чувствительных элементов ИС. Требования к помехоустойчивости.	8	13-14	4	0	0	презентация
12.	Тема 12. Механизмы появления помех и мероприятия по их снижению.	8	15	2	0	0	презентация
13.	Тема 13. Пассивные помехоподавляющие и защитные компоненты.	8	16-17	4	0	0	презентация
14.	Тема 14. Мероприятия по обеспечению ЭМС приборов и устройств.	8	18	2	0	0	контрольная работа презентация
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			36	0	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение. Скалярные и векторные величины в электромагнитной теории. Векторная алгебра и векторный анализ.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Векторы. Скалярное, векторное и смешанное произведение, их свойства. Двойное векторное произведение и квадрат векторного произведения. Скалярное поле. Градиент скалярного поля и его смысл. Оператор набла. Выражение градиента в произвольных ортогональных криволинейных координатах. Дивергенция векторного поля. Физический смысл. Примеры векторных полей. Определение дивергенции через оператор Гамильтона. Выражение дивергенции в произвольных ортогональных криволинейных координатах. Векторное поле. Дивергенция. Определение дивергенции через оператор Гамильтона. Теорема Остроградского-Гаусса. Векторное поле. Ротор векторного поля и его смысл. Теорема Стокса. Примеры векторных полей. Определение ротора через оператор Гамильтона. Выражение ротора в произвольных ортогональных криволинейных координатах. Скалярный оператор Лапласа и его выражение в произвольных ортогональных криволинейных координатах. Теория поля в криволинейных системах координат. Градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа в криволинейных системах координат.

## **Тема 2. Электродинамика. Уравнения Максвелла.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Явления и электромагнетизма и ЭМ поле. Физическое содержание понятия ЭМ поля. Система единиц. Объемная плотность заряда. Плотность тока. Векторные функции напряженностей и индукций. Диэлектрическая и магнитная проницаемости. Уравнения Максвелла (первая пара уравнений) в дифференциальной и интегральной форме. Их физическое содержание и значение. Обобщенный закон электромагнитной индукции. Определение магнитного потока. Связь обобщенного закона с законом ЭМ индукции Фарадея. Ток и магнитное поле. Ток проводимости и ток смещения. Обобщенный ток. Плотности токов. Свойства обобщенного тока. Конденсатор в цепи переменного тока. Уравнения Максвелла (вторая пара уравнений) в дифференциальной и интегральной форме. Их физический смысл. Закон сохранения электрического заряда. Уравнение непрерывности и ток смещения. Случаи постоянных и переменных токов. Физический смысл понятия ток смещения?. Соотношение 1-й и 2-й пары уравнений Максвелла. Полная система уравнений Максвелла. Понятие о прямой и обратной задачах электродинамики.

## **Тема 3. Свойства сред. Граничные условия.**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Виды сред и их свойства. Поляризация и намагничивание. Электрическая и магнитная восприимчивости. Материальные уравнения в полной системе уравнений электродинамики. Основные типы сред и соответствующие им функции диэлектрической и магнитной проницаемостей. Тензорный характер проницаемостей в анизотропных средах. Тензоры восприимчивостей. Электропроводность. Тензор удельной проводимости. Дифференциальная форма записи закона Ома и её связь с формулировкой закона Ома для участка цепи. Связь тока и скорости движения зарядов в проводнике. Деление сред на проводники и диэлектрики. Понятия идеального диэлектрика и идеально-го проводника. Мера оценки свойств среды в зависимости от частоты ЭМ поля. Простой критерий принадлежности среды к группе проводников или диэлектриков. Граничные условия. Нормальные компоненты векторов поля. Характер вектора электрической индукции. Плотность поверхностного заряда. Характер вектора магнитной индукции. Касательные (тангенциальные) компоненты векторов поля. Поведение векторов напряженностей  $E$  и  $H$ . Плотность поверхностного тока проводимости.

## **Тема 4. Энергия электромагнитного поля.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Энергия ЭМ поля. Перемещение зарядов в поле. Сторонние электродвижущие силы. Обобщение материального уравнения  $j = \sigma E$ . Закон Джоуля-Ленца для участка проводника. Определение плотности мощности. Действие источников. Мощность сторонних сил (мощность источников). Пример независимого граничного условия. Уравнение баланса энергии ЭМ поля. Его физический смысл. Вектор Пойнтинга и баланс энергии ЭМ поля. Случаи активного, пассивного и нейтрального баланса. Поток энергии. Энергия ЭМ поля: электрическая и магнитная энергия и их плотности. Плотность потока энергии ЭМ поля. Физический смысл вектора Пойнтинга. Скорость движения энергии. Уравнение баланса энергии в дифференциальной форме.

## **Тема 5. Электростатика. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Электростатика. Уравнения электростатики и электростатический потенциал. Векторное уравнение Пуассона для напряженности поля  $E$ . Физический смысл электростатического потенциала и разности потенциалов. Уравнения Пуассона и Лапласа для электростатического потенциала. Их решения. Простейшие электростатические поля: одиночный точечный заряд в одно-родной изотропной среде. Система точечных зарядов. Простейшие электростатические поля: системы зарядов, в целом являющиеся нейтральными. Электрический диполь. Идеальный диполь и его поле. Картина си-ловых линий. Простейшие электростатические поля: поля, определяемые по теореме Гаусса. Поле равномерно заряженного шара и равномерно заряженной нити. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле. Поле в проводнике. Примеры. Поле на поверхности шара. Электростатическая индукция. Случаи проводника и диэлектрика, внесенных в электростатическое поле. Граничные задачи электростатики. Задачи для уравнений Лапласа и Пуассона. Задача Дирихле. Метод ?зеркального изображения зарядов?. Заряд над проводящей границей и над границей диэлектриков. Емкость проводника. Взаимные и собственные емкости тел. Матрица емкостей системы тел. Идеальный и реальный электростатические конденсаторы. Емкость конденсатора. Явление электростатического экранирования. Энергия электростатического поля. Энергия и заряд. Энергия взаимодействия заряженных тел.

### **Тема 6. Стационарное магнитное поле.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Стационарное магнитное поле. Уравнения Максвелла. Векторное уравнение Пуассона для напряженности  $H$ . Его решение. Магнитостатика. Уравнения Максвелла для магнитостатики. Магнитостатический потенциал. Уравнения Лапласа для "пси" и  $H$ . Среды с произвольной намагниченностью. Уравнение Пуассона для потенциала и его решение. Скалярный и векторный магнитостатические потенциалы. Свойства потенциала "пси", его неоднозначность. Векторное уравнение Пуассона для векторного потенциала  $A$  и его решение. Кулоновская калибровка. Основные свойства векторного потенциала. Простейшие стационарные магнитные поля. Линейный ток. Решения уравнений Пуассона для  $H$  и  $A$ , закон Био-Савара. Энергия стационарного магнитного поля. Энергия и ток. Энергия стационарного магнитного поля. Индуктивность. Система областей ?типа цепи?. Собственные и взаимные индуктивности. Собственная и взаимная энергия системы токов.

### **Тема 7. Моделирование электрических и магнитных полей.**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Моделирование электрического поля. Электрическое поле и потенциал. Закон Кулона. Изображение электрического поля. Силовые линии, их свойства. Алгоритм вычерчивания силовых и эквипотенциальных линий электрического поля (2-мерный случай). Моделирование магнитного поля. Закон Био-Савара. Силовые линии магнитного поля. Алгоритм моделирования. Численное интегрирование уравнений Лапласа и Пуассона. Постановка задачи. Разностная форма уравнений. Алгоритм метода релаксации.

### **Тема 8. Электромагнитные поля и помехи в электроэнергетических и информационных системах.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

ЭМ поля и помехи в ЭЭС и ИС. Основные аспекты. Источники помех. Классификация помех. ЭМ помехи в силовых и информационных сетях промышленных предприятий. Дифракция ЭМ поля на объектах ЭЭС и ИС: воздействие на кабельные линии. Аналитические и численные методы решения проблемы. Распространение ВТН в линиях с линейной и нелинейной нагрузкой. Линии с распределенными источниками. Основные уравнения. Примеры решений.

### **Тема 9. Генерация электромагнитного поля электротехническими устройствами и системами.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Генерация ЭМ поля электротехническими устройствами и системами (на примере высоковольтных выключателей и ограничителей ударного тока). Аналитические и численные методы решения проблемы.

### **Тема 10. Источники и значения ЭМ помех, классификация окружающей среды.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**



Внутренние источники помех в системе. Внешние источники помех. Значения помех. Основные типы помех и диапазоны. Изменения параметров помех. Способы описания и представления помех. Напряжения помех в линиях связи и передачи данных.

**Тема 11. Помехоустойчивость и стойкость к повреждению чувствительных элементов ИС. Требования к помехоустойчивости.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Помехоустойчивость аналоговых систем. Помехоустойчивость дискретных систем. Статическая помехоустойчивость логических матриц. Помехоустойчивость устройств автоматизации. Собственная помехоустойчивость. Устойчивость к воздействию внешних помех.

**Тема 12. Механизмы появления помех и мероприятия по их снижению.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Гальваническое влияние. Гальваническое влияние через цепи питания и сигнальные контуры. Гальваническое влияние по контурам заземления. Емкостное влияние. Гальванически разделенные контуры. Контуры с общим проводом системы опорного потенциала. Токовые контуры с большой емкостью относительно земли. Емкостное влияние молнии. Индуктивное влияние. Воздействие электромагнитного излучения.

**Тема 13. Пассивные помехоподавляющие и защитные компоненты.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Фильтры. Ограничители. Экранирование.

**Тема 14. Мероприятия по обеспечению ЭМС приборов и устройств.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Обеспечение ЭМС приборов. Технические мероприятия. Схемные решения. Мероприятия, связанные с разработкой конструкции. Мероприятия, связанные с математическим обеспечением. Организационные мероприятия. Обеспечение ЭМС устройств. Технические мероприятия. Система электропитания. Прокладка кабелей. Заземляющие устройства. Ограничение грозовых и коммутационных перенапряжений. Мероприятия по снижению влияния разрядов статического электричества. Устранение влияния электромагнитного излучения. Защита от влияния выпрямительных устройств. Защита от влияния электромагнитов. Организационные мероприятия.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

№	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Моделирование электрических и магнитных полей.	8	8-9	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
10.	Тема 10. Источники и значения ЭМ помех, классификация окружающей среды.	8	12	подготовка к презентации	5	презентация
11.	Тема 11. Помехоустойчивость и стойкость к повреждению чувствительных элементов ИС. Требования к помехоустойчивости.	8	13-14	подготовка к презентации	5	презентация

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
12.	Тема 12. Механизмы появления помех и мероприятия по их снижению.	8	15	подготовка к презентации	5	презентация
13.	Тема 13. Пассивные помехоподавляющие и защитные компоненты.	8	16-17	подготовка к презентации	5	презентация
14.	Тема 14. Мероприятия по обеспечению ЭМС приборов и устройств.	8	18	подготовка к контрольной работе	5	контрольная работа
				подготовка к презентации	5	презентация
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются такие интерактивные формы обучения, как чтение лекций с использованием мультимедиа оборудования и подготовка студентами компьютерных презентаций.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

**Тема 1. Введение. Скалярные и векторные величины в электромагнитной теории. Векторная алгебра и векторный анализ.**

**Тема 2. Электродинамика. Уравнения Максвелла.**

**Тема 3. Свойства сред. Граничные условия.**

**Тема 4. Энергия электромагнитного поля.**

**Тема 5. Электростатика. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.**

**Тема 6. Стационарное магнитное поле.**

**Тема 7. Моделирование электрических и магнитных полей.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Контрольная работа (контрольное тестирование) по темам 1-7.

**Тема 8. Электромагнитные поля и помехи в электроэнергетических и информационных системах.**

**Тема 9. Генерация электромагнитного поля электротехническими устройствами и системами.**

**Тема 10. Источники и значения ЭМ помех, классификация окружающей среды.**

презентация , примерные вопросы:

Содержание презентации: Внутренние источники помех в системе. Внешние источники помех. Значения помех. Основные типы помех и диапазоны. Изменения параметров помех. Способы описания и представления помех. Напряжения помех в линиях связи и передачи данных.

**Тема 11. Помехоустойчивость и стойкость к повреждению чувствительных элементов ИС. Требования к помехоустойчивости.**

презентация , примерные вопросы:

Содержание презентации: Помехоустойчивость аналоговых систем. Помехоустойчивость дискретных систем. Статическая помехоустойчивость логических матриц. Помехоустойчивость устройств автоматизации. Собственная помехоустойчивость. Устойчивость к воздействию внешних помех.

### **Тема 12. Механизмы появления помех и мероприятия по их снижению.**

презентация , примерные вопросы:

Содержание презентации: Гальваническое влияние. Гальваническое влияние через цепи питания и сигнальные контуры. Гальваническое влияние по контурам заземления. Емкостное влияние. Гальванически разделенные контуры. Контуры с общим проводом системы опорного потенциала. Токовые контуры с большой емкостью относительно земли. Емкостное влияние молнии. Индуктивное влияние. Воздействие электромагнитного излучения.

### **Тема 13. Пассивные помехоподавляющие и защитные компоненты.**

презентация , примерные вопросы:

Содержание презентации: Фильтры. Ограничители. Экранирование.

### **Тема 14. Мероприятия по обеспечению ЭМС приборов и устройств.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Контрольная работа (контрольное тестирование) по темам 8-14.

презентация , примерные вопросы:

Содержание презентации: Обеспечение ЭМС приборов. Технические мероприятия. Схемные решения. Мероприятия, связанные с разработкой конструкции. Мероприятия, связанные с математическим обеспечением. Организационные мероприятия. Обеспечение ЭМС устройств. Технические мероприятия. Система электропитания. Прокладка кабелей. Заземляющие устройства. Ограничение грозовых и коммутационных перенапряжений. Мероприятия по снижению влияния разрядов статического электричества. Устранение влияния электромагнитного излучения. Защита от влияния выпрямительных устройств. Защита от влияния электромагнитов. Организационные мероприятия.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Для аттестации студентов проводятся контрольные работы (коллоквиумы) и экзамен. В рамках самостоятельной работы студенты готовят компьютерные презентации по заданным темам.

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

1. Моделирование электрического поля. Алгоритм вычерчивания силовых и эквипотенциальных линий электрического поля (2-мерный случай).
2. Моделирование магнитного поля. Силовые линии магнитного поля. Алгоритм моделирования.
3. Численное интегрирование уравнений Лапласа и Пуассона. Разностная форма уравнений. Алгоритм метода релаксации.
4. ЭМ поля и помехи в ЭЭС и ИС. Источники помех. Классификация помех. ЭМ помехи в силовых и информационных сетях промышленных предприятий.
5. Дифракция ЭМ поля на объектах ЭЭС и ИС: воздействие на кабельные линии. Аналитические и численные методы решения проблемы.
6. Распространение волн тока и напряжения в линиях с линейной и нелинейной нагрузкой. Линии с распределенными источниками. Основные уравнения.
7. Генерация ЭМ поля электротехническими устройствами.
8. Источники и значения ЭМ помех, классификация окружающей среды.
9. Помехоустойчивость и стойкость к повреждению чувствительных элементов ИС. Требования к помехоустойчивости.
10. Механизмы появления помех и мероприятия по их снижению.
11. Пассивные помехоподавляющие и защитные компоненты. Фильтры. Ограничители. Экранирование.

## 12. Мероприятия по обеспечению ЭМС приборов и устройств.

### ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Векторы. Скалярное, векторное и смешанное произведение, их свойства. Двойное векторное произведение и квадрат векторного произведения.
2. Скалярное поле. Градиент скалярного поля и его смысл. Оператор набла. Выражение градиента в произвольных ортогональных криволинейных координатах.
3. Дивергенция векторного поля. Физический смысл. Примеры векторных полей. Определение дивергенции через оператор Гамильтона. Выражение дивергенции в произвольных ортогональных криволинейных координатах.
4. Векторное поле. Дивергенция. Определение дивергенции через оператор Гамильтона. Теорема Остроградского-Гаусса.
5. Векторное поле. Ротор векторного поля и его смысл. Теорема Стокса. Примеры векторных полей. Определение ротора через оператор Гамильтона. Выражение ротора в произвольных ортогональных криволинейных координатах.
6. Скалярный оператор Лапласа и его выражение в произвольных ортогональных криволинейных координатах.
7. Теория поля в криволинейных системах координат. Градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа в криволинейных системах координат.
8. Явления и электромагнетизма и ЭМ поле. Физическое содержание понятия ЭМ поля. Система единиц. Объемная плотность заряда. Плотность тока. Векторные функции напряженностей и индукций. Диэлектрическая и магнитная проницаемости.
9. Уравнения Максвелла (первая пара уравнений) в дифференциальной и интегральной форме. Их физическое содержание и значение.
10. Уравнения Максвелла (первая пара уравнений). Обобщенный закон электромагнитной индукции. Определение магнитного потока. Связь обобщенного закона с законом ЭМ индукции Фарадея.
11. Уравнения Максвелла (первая пара уравнений). Ток и магнитное поле. Ток проводимости и ток смещения. Обобщенный ток. Плотности токов. Свойства обобщенного тока. Конденсатор в цепи переменного тока.
12. Уравнения Максвелла (вторая пара уравнений) в дифференциальной и интегральной форме. Их физический смысл.
13. Уравнения Максвелла (вторая пара уравнений). Закон сохранения электрического заряда. Уравнение непрерывности и ток смещения. Случаи постоянных и переменных токов. Физический смысл понятия "ток смещения".
14. Уравнения Максвелла. Соотношение 1-й и 2-й пары уравнений Максвелла. Полная система уравнений Максвелла.
15. Понятие о прямой и обратной задачах электродинамики.
16. Виды сред и их свойства. Поляризация и намагничивание. Электрическая и магнитная восприимчивости. Материальные уравнения в полной системе уравнений электродинамики.
17. Основные типы сред и соответствующие им функции диэлектрической и магнитной проницаемостей. Тензорный характер проницаемостей в анизотропных средах. Тензоры восприимчивостей.
18. Электропроводность. Тензор удельной проводимости. Дифференциальная форма записи закона Ома и её связь с формулировкой закона Ома для участка цепи.
19. Связь тока и скорости движения зарядов в проводнике.
20. Деление сред на проводники и диэлектрики. Понятия идеального диэлектрика и идеального проводника. Мера оценки свойств среды в зависимости от частоты ЭМ поля. Простой критерий принадлежности среды к группе проводников или диэлектриков.
21. Граничные условия. Нормальные компоненты векторов поля. Характер вектора электрической индукции. Плотность поверхностного заряда. Характер вектора магнитной индукции.

22. Граничные условия. Касательные (тангенциальные) компоненты векторов поля. Поведение векторов напряженностей  $E$  и  $H$ . Плотность поверхностного тока проводимости.
23. Энергия ЭМ поля. Перемещение зарядов в поле. Сторонние электродвижущие силы. Обобщение материального уравнения  $j = \sigma E$ .
24. Энергия ЭМ поля. Закон Джоуля-Ленца для участка проводника. Определение плотности мощности.
25. Энергия ЭМ поля. Действие источников. Мощность сторонних сил (мощность источников). Пример независимого граничного условия.
26. Уравнение баланса энергии ЭМ поля. Его физический смысл.
27. Вектор Пойнтинга и баланс энергии ЭМ поля. Случаи активного, пассивного и нейтрального баланса. Поток энергии.
28. Энергия ЭМ поля: электрическая и магнитная энергия и их плотности.
29. Плотность потока энергии ЭМ поля. Физический смысл вектора Пойнтинга. Скорость движения энергии. Уравнение баланса энергии в дифференциальной форме.
30. Электростатика. Уравнения электростатики и электростатический потенциал. Векторное уравнение Пуассона для напряженности поля  $E$ . Физический смысл электростатического потенциала и разности потенциалов. Уравнения Пуассона и Лапласа для электростатического потенциала. Их решения.
31. Электростатика. Простейшие электростатические поля: одиночный точечный заряд в однородной изотропной среде. Система точечных зарядов.
32. Электростатика. Простейшие электростатические поля: системы зарядов, в целом являющиеся нейтральными. Электрический диполь. Идеальный диполь и его поле. Картина силовых линий.
33. Электростатика. Простейшие электростатические поля: поля, определяемые по теореме Гаусса. Поле равномерно заряженного шара и равномерно заряженной нити.
34. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле. Поле в проводнике. Примеры. Поле на поверхности шара.
35. Электростатическая индукция. Случаи проводника и диэлектрика, внесенных в электростатическое поле.
36. Граничные задачи электростатики. Задачи для уравнений Лапласа и Пуассона. Задача Дирихле.
37. Электростатика. Метод "зеркального изображения зарядов". Заряд над проводящей границей и над границей диэлектриков.
38. Электростатика. Емкость проводника. Взаимные и собственные емкости тел. Матрица емкостей системы тел.
39. Идеальный и реальный электростатические конденсаторы. Емкость конденсатора. Явление электростатического экранирования.
40. Энергия электростатического поля. Энергия и заряд.
41. Энергия электростатического поля. Энергия взаимодействия заряженных тел.
42. Стационарное магнитное поле. Уравнения Максвелла. Векторное уравнение Пуассона для напряженности  $H$ . Его решение.
43. Магнитостатика. Уравнения Максвелла для магнитостатики. Магнитостатический потенциал. Уравнения Лапласа для "пси" и  $H$ .
44. Магнитостатика. Среды с произвольной намагниченностью. Уравнение Пуассона для "пси" и его решение.
45. Скалярный и векторный магнитостатические потенциалы. Свойства потенциала "пси", его неоднозначность. Векторное уравнение Пуассона для векторного потенциала  $A$  и его решение. Кулоновская калибровка. Основные свойства векторного потенциала.
46. Простейшие стационарные магнитные поля. Линейный ток. Решения уравнений Пуассона для  $H$  и  $A$ , закон Био-Савара.
47. Энергия стационарного магнитного поля. Энергия и ток.

48. Энергия стационарного магнитного поля. Индуктивность. Система областей "типа цепи". Собственные и взаимные индуктивности. Собственная и взаимная энергия системы токов.
49. Моделирование электрического поля. Электрическое поле и потенциал. Закон Кулона. Изображение электрического поля. Силовые линии, их свойства. Алгоритм вычерчивания силовых и эквипотенциальных линий электрического поля (2-мерный случай).
50. Моделирование магнитного поля. Закон Био-Савара. Силовые линии магнитного поля. Алгоритм моделирования.
51. Численное интегрирование уравнений Лапласа и Пуассона. Постановка задачи. Разностная форма уравнений. Алгоритм метода релаксации.
52. ЭМ поля и помехи в ЭЭС и ИС. Основные аспекты. Источники помех. Классификация помех. ЭМ помехи в силовых и информационных сетях промышленных предприятий. Примеры.
53. ЭМ поля и помехи в ЭЭС и ИС. Дифракция ЭМ поля на объектах ЭЭС и ИС: воздействие на кабельные линии. Аналитические и численные методы решения проблемы.
54. ЭМ поля и помехи в ЭЭС и ИС. Распространение ВТН в линиях с линейной и нелинейной нагрузкой. Линии с распределенными источниками. Основные уравнения. Примеры решений.
55. Генерация ЭМ поля электротехническими устройствами (на примере высоковольтных выключателей и ограничителей ударного тока).
56. Источники и значения ЭМ помех, классификация окружающей среды.
57. Помехоустойчивость и стойкость к повреждению чувствительных элементов ИС. Требования к помехоустойчивости.
58. Механизмы появления помех и мероприятия по их снижению.
59. Пассивные помехоподавляющие и защитные компоненты. Фильтры. Ограничители. Экранирование.
60. Мероприятия по обеспечению ЭМС приборов и устройств.

### 7.1. Основная литература:

1. Белашов В.Ю. Электромагнитная теория и ЭМС электротехнических устройств. Ч. I. Электромагнитная теория. Учебное пособие. Казань: КГЭУ, 2007. 123 с. - <http://radiosys.ksu.ru/?p=645>.
2. Белашов В.Ю., Чураев Р.Р. Сборник задач по курсу "Электромагнитная теория и ЭМС электротехнических устройств". Учебное пособие. Казань: КГЭУ, 2006. 101 с. - <http://radiosys.ksu.ru/?p=643>.
3. Подлесный, С. А. Устройства приема и обработки сигналов [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 352 с. - ISBN 978-5-7638-2263-2 - <http://znanium.com/bookread.php?book=441113>.
4. Шайдуров, Г. Я. Основы теории и проектирования радиотехнических систем [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Г. Я. Шайдуров. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2010. - 283 с. - ISBN 978-5-7638-2047-8. - <http://znanium.com/bookread.php?book=441951>.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества. Изд. 11-е, испр. и дополн. М.: Наука, 2003. 616 с.
2. Батыгин В.В. Топтыгин И.Н. Сборник задач по электродинамике. Изд. 3-е, испр. М.: Наука, 2002. 639 с.
3. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989. 543 с.

4. Ибатуллин Э.А. Электромагнитная совместимость и помехоустойчивость информационных систем. Казань: Изд-во Казанского университета, 1989. 152 с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Кафедра радиофизики КФУ - <http://radiosys.ksu.ru/>

ОК-1 - <http://www.fgosvpo.ru/uploadfiles/fgos/28/20111115114254.pdf>

Федеральный государственный образовательный стандарт -  
<http://www.fgosvpo.ru/uploadfiles/fgos/28/20111115114254.pdf>

Электронная библиотека КФУ - <http://libweb.ksu.ru/ebooks/>

Электронно-библиотечная система ZNANIUM - <http://znanium.com>

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Электромагнитная совместимость и помехоустойчивость информационных систем" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

При чтении лекций и проведении практических занятий используется мультимедийная аудитория.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Телекоммуникационные системы и информационные технологии .



Автор(ы):

Белашов В.Ю. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Шерстюков О.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.