

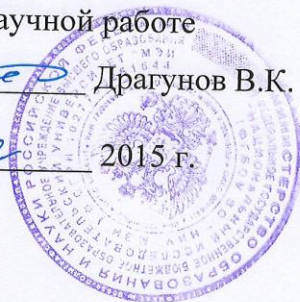
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 01.04.13 Электрофизика,
электрофизические установки

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Электромагнитная совместимость технических средств»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.1

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часа – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 01.04.13 Электрофизика, электрофизические установки, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Задачами дисциплины являются:

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

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- способность проведения исследований по проблемам экологической и электромагнитной совместимости электрофизических установок с биологическими, физическими и информационными объектами (ПК-1).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- нормативную базу по электромагнитной совместимости технических средств, терминологию, основные приемы и методы обеспечения электромагнитной совместимости (ОПК-3);

уметь:

- проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные (УК-2);
- проводить анализ возможных рисков возникновения и последствий негативных воздействий мощных электромагнитных полей на биологические объекты и устройства контроля и управления (УК-5);
- проводить исследования по проблемам экологической и электромагнитной совместимости электрофизических установок с биологическими, физическими и информационными объектами (ПК-1);

владеть:

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- методами обеспечения электромагнитной совместимости технических средств (ПК-1).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение в электромагнитную совместимость

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

Электромагнитная обстановка и электромагнитные помехи

Электромагнитная обстановка. Классификация источников электромагнитных помех (ЭМП). Естественные электромагнитные помехи. Шумы. Шумы космического происхождения. Электрическое и магнитное поля Земли. Атмосферные явления. Электрический разряд в газовых промежутках. Молниевые разряды. Разряды статического электричества. Внутренние (собственные) шумы. Шумовая температура. Искусственные электромагнитные помехи. Источники искусственных электромагнитных помех. Детерминированные и случайные ЭМП. Широкополосные и узкополосные помехи. Спектральные характеристики источников промышленных электромагнитных помех. Описание электромагнитных помех в частотной и временной областях. ЭМС-номограмма. Спектральные характеристики шумовых сигналов. Нормативная терминология описания электромагнитных помех и электромагнитной совместимости. Нормативная терминология помехоустойчивости цифровых интегральных цепей. Допустимые уровни радиопомех. Природа электромагнитных влияний и пути их передачи. Внешние и внутренние ЭМП.

ЭМС электронно-вычислительной техники

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

Обеспечение ЭМС ЭВА на схемотехническом и конструкторско-технологическом уровнях

Основные способы борьбы с помехами. Основы проектирования электронных узлов с учетом ЭМС. Выбор печатных плат. Приемы преодоления внутренних гальванических влияний в пределах печатной платы. Приемы преодоления кондуктивных (квазистатических полевых) связей в пределах печатной платы. Взаимное влияние параллельных проводящих проводников (дорожек) в пределах печатной платы. Одностороннее и двухстороннее влияния. Взаимное влияние перпендикулярных проводящих дорожек при многослойном монтаже. Подход к оценке. Отражение сигналов в линиях связи

и приемы согласования линий связи, МЭУ и узлов ЭВА. Внутреннее влияние за счет паразитного излучения и методы его преодоления. Рекомендации по уменьшению взаимного влияния сигнальных контуров на печатной плате. Рекомендации по уменьшению паразитного излучения высокоинтегральных схем. Экранирование. Назначение и физические основы экранирования. Теория электромагнитных экранов. Способы расчета. Экспериментальное определение помехоустойчивости ЭВА. Нормативные документы. Методики проведения испытаний на помехоустойчивость. Виды испытательных сигналов. Имитаторы помех.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

1 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

Вопросы для самоконтроля

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

11. Что такое синфазная и противофазная помехи? Какие помехи представляют опасность с точки зрения ЭМС?

Контрольные вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов

1. Основные понятия, термины, задачи и проблемы электромагнитной совместимости технических средств. Нормативная база.

2. Естественные электромагнитные помехи. Шумы. Классификация и описание шумов.

3. Описание электромагнитных помех в частотной и временной областях. ЭМС-номограмма. Спектральные характеристики шумовых сигналов.

4. Физические представления и модели помеховых взаимосвязей в ЭВА.

5. Компоненты электронных устройств их характеристики и собственные шумы. Пассивные компоненты. Активные компоненты. Элементы электрического соединения.

6. Методы и аппаратура экспериментального исследования ЭМО на внутрисистемном уровне. Задачи анализа и особенности ЭМО на внутрисистемном уровне.

7. Приемы преодоления внутренних гальванических влияний в пределах печатной платы.

8. Приемы преодоления кондуктивных (квазистатических полевых) связей в пределах печатной платы.

9. Экранирование. Назначение и физические основы экранирования.

10. Экспериментальное определение помехоустойчивости ЭВА. Методики проведения испытаний на помехоустойчивость.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Зимин Е.Ф., Казанцев Ю.А., Кузовкин В.А. Электромагнитная совместимость информационных систем. М.: Изд. МЭИ, 1995, 202 с.
2. Шваб А. Й. Электромагнитная совместимость. I издание - М.: Энергоатомиздат, 1995, 467 с.
3. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. М.: Энергоатомиздат, 1995, 296 с.
4. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Изд. «ЭКО-ТРЕНДЗ», 2000, 239 с.
5. Угрюмов Е. Цифровая схемотехника. - С. –Петербург.: Изд. «БХВ - С. – Петер-бург» 2000, 518 с.
6. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В. Вычислительные методы – СПб. : Лань, 2014 . – 672 с.
7. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике/ под ред. Дьякова А.Ф. –М.: Изд. дом МЭИ, 2011 . – 544 с
8. Геворкян В.М. Электромагнитная совместимость электронных информационных систем. Часть 1. Общие вопросы электромагнитной совместимости технических средств -М.: Издательский дом МЭИ, 2006
9. Геворкян В.М. Электромагнитная совместимость электронных информационных систем. Часть 2 - Электромагнитная совместимость систем цифровой обработки и передачи данных. -М.: Издательский дом МЭИ, 2007
10. Белов Л. А. Обеспечение электромагнитной совместимости в радиопередающих устройствах – М. : Изд. дом МЭИ, 2011 . – 72 с.
11. Яковлев В. Н., Пантелеев В. И., Суров В. П. Электромагнитная совместимость электрооборудования электроэнергетики и транспорта – М. : Изд. дом МЭИ, 2010 . – 588 с.

Дополнительная литература:

12. Князев А.Д., Кичяев Л.Н., Петров В.Б. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. – М.: Изд. «Радио и связь», 1989, 224 с.
13. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи. – М.: Изд. «ЭКО-ТРЕНДЗ», 2001, 299 с.
14. Электрические и электронные аппараты /Под ред. профессора Ю.К. Розанова. – М.: Изд. Информэлектро, 2001, 417 с.
15. Цицикян Г.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2006
16. Физические основы электрического пробоя газов. / А.Ф. Дьяков, Ю.К. Бобров, А.В. Сорокин, Ю.В. Юргеленас. Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Изд. МЭИ, 1999. – 400 с.
17. Кириллов В.М. , Соколов А.Н. Физические основы технических средств обеспечения информационной безопасности -М.: Гелиос, 2004, 224 с.
18. Шакиров М. А. Теоретические основы электротехники. Тензоры в ТОЭ. Электродинамика. Теория относительности – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011 . – 315 с.
19. Соловейчик Ю. Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач: учебное пособие / Ю. Г. Соловейчик, М. Э. Рояк, М. Г. Персова - Сер. «Учебники НГТУ», 2007. - 896 с.