

1. Учебный план дисциплины. специальности 160905

Курс	Лекции, час	Практические занятия, час	Контрольная работа	Самостоятельная работа, час	Вид контроля
V	10	4	1	86	Зачет

2. Основные сведения о дисциплине.

Определение дисциплины (предмет дисциплины). Дисциплина "Электромагнитная совместимость РЭС ГА" имеет своим предметом анализ электромагнитной обстановки (ЭМО), изучение методов оценки параметров ЭМС РЭС и его функциональных узлов, а также количественный расчет характеристик, обеспечивающих работу РЭС в заданной ЭМО.

Цели и задачи дисциплин: обеспечить специальную подготовку радиоинженеров, позволяющую с позиции системной методологии определять разнообразные характеристики электромагнитной совместимости РЭС ГА и вырабатывать пути обеспечения их совместного функционирования с требуемым качеством в условиях ограничения частотного, временного и территориального ресурсов.

Необходимый комплекс знаний и умений:

Знать методы оценки параметров ЭМС РЭС и его функциональных узлов, а также производить количественный расчет данных характеристик для обеспечения заданной ЭМО на борту воздушного судна (ВС) и в зоне аэропорта.

Уметь производить оценку различных характеристик ЭМС РЭС ГА, применять различные методы анализа и расчета результатов помехового воздействия на приемо-анализирующие схемы РЭС.

Производить оценку различных характеристик ЭМС РЭС ГА.

Перечень базовых дисциплин. Дисциплина относится к специальной части цикла обучения. Для изучения дисциплины требуются знания теоретических основ радиотехники, антенных устройств, передатчиков, приемников и схем обработки радиосигналов.

Перечень формируемых дисциплин. Основные умения и компетенции, полученные при изучении данной дисциплины, используются на этапах курсового и дипломного проектирования при разработке антенно-фидерных, радиопередающих и радиоприемных устройств в системах радиосвязи, радиолокации и радионавигации.

3. Рекомендуемая литература.

Основная учебная литература.

1. Емельянов В.Е. Электромагнитная совместимость радиоэлектронного оборудования. Особенности анализа: учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2004. – Ч.1.
2. Емельянов В.Е. Электромагнитная совместимость радиоэлектронного оборудования. Особенности анализа: учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2004. – Ч.2.

Дополнительная учебная литература.

3. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем /под ред. М.А. Быховского. - М: Эко-Трендз, 2006.

Литература для выполнения контрольных заданий.

4. Уайт Д. Электромагнитная совместимость РЭС и непреднамеренные помехи. - М.: Сов. радио, 1999.

4. Электронные средства информации.

Ресурсы интернета.

- <http://caemc.ru/caemc/index.php> (сайт Научно-технического центра анализа электромагнитной совместимости);
- <http://book.tr200.net/v.php?id=1616781> (литература для выполнения контрольных заданий - Уайт Д. "Электромагнитная совместимость РЭС и непреднамеренные помехи");
- http://www.rfcmd.ru/book_01 (литература - "Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем", под редакцией М.А. Быховского).

5. Электронный адрес кафедры для консультаций.

teresvt@mstuca.aero.ru - адрес кафедры для консультаций (в тексте необходимо указать дисциплину и фамилию преподавателя).

6. Структура дисциплины.

Раздел	Содержание раздела
1. Основные понятия и характеристики ЭМС РЭО.	Классификация электромагнитных помех. Математические модели для частотной и амплитудной оценки восприимчивости радиоприемных устройств.
2. Электромагнитная обстановка в аэропортах ГА.	Учет взаимодействия бортовых и наземных средств. Оценка уровня межсистемных помех.
3. Критерии оценки качества функционирования РЭС ГА при воздействии помех.	Показатели качества функционирования РЭО ГА. Обоснование допустимых (защитных) значений отношения сигнал-шум.
4. Методология оценки ЭМС РЭС ГА.	Методы оценки состояния ЭМС и расчета количественных характеристик ЭМС РЭС ГА. Определение превышения восприимчивости приемных устройств в критических помеховых ситуациях.
5. Мероприятия по обеспечению ЭМС.	Управление комплексом РЭО ГА. Методы измерения параметров РЭС. Организационно-технические мероприятия по обеспечению ЭМС РЭО ГА.

7. Учебная программа дисциплины и методические указания к изучению тем программы.

Тема 1. Классификация электромагнитных помех.

Основные понятия и характеристики ЭМС РЭО. Характеристики излучения радиопередающих устройств. Классификация электромагнитных помех.

Методические указания к изучению темы 1.

Литература: [1], с. 3 – 7.

Центральные вопросы темы: Основные задачи и пути обеспечения совместного функционирования РЭС с требуемым качеством в условиях ограничения частотного, временного и территориального ресурсов. Основное и побочное излучения радиопередающих устройств. Классификация электромагнитных помех.

Вопросы

1. Особенности работы РЭС в сложной электромагнитной обстановке.
2. Причины побочного излучения радиопередающих устройств.

3. Характеристика естественных помех.

4. Характеристика взаимных помех.

Тема 2. Модели для описания параметров ЭМС.

Параметры ЭМС антенно-фидерных и радиопередающих устройств. Побочные каналы приема. Математические модели для частотной и амплитудной оценки восприимчивости радиоприемных устройств.

Методические указания к изучению темы 2.

Литература: [1], с. 8 – 15.

Центральные вопросы темы: Понятие восприимчивости радиоприемных устройств. Побочные каналы приема. Математические модели и основные расчетные соотношения.

Вопросы

1. Механизм возникновения комбинационных излучений.
2. Механизм возникновения интермодуляционных излучений.
3. Понятие частотной избирательности по соседним каналам приема.
4. Понятие частотной избирательности по побочным каналам приема.

Тема 3. Особенности учета взаимодействия бортовых и наземных средств.

Анализ помеховой ситуации в аэропортах различных классов. Оценка уровня межсистемных помех. Оценка вероятности поражения РЛС помехами.

Методические указания к изучению темы 3.

Литература: [1], с. 16 – 31.

Центральные вопросы темы: Совместное функционирование РЭС с требуемым качеством в условиях ограничения частотного, временного и территориального ресурсов. Характеристика РЭС ГА. Взаимные помехи.

Вопросы

1. Особенности поэтапной оценки непреднамеренных электромагнитных помех.
2. Особенности учета взаимного влияния антенн при анализе ЭМС.
3. Частотные диапазоны электромагнитных волн аппаратуры воздушных судов.
4. Частотные диапазоны электромагнитных волн аппаратуры аэропортов.

Тема 4. Показатели качества функционирования РЭО ГА.

Оценка качества функционирования РЭС. Влияние помех на показатели качества функционирования РЭС ГА. Количественные методы анализа ЭМО.

Методические указания к изучению темы 4.

Литература: [1], с. 32 – 41; [2], с. 4 – 10.

Центральные вопросы темы: Плотность распределения вероятности суммарного сигнала. Анализ и выбор показателей эффективности, используемых для частотных присвоений. Основные расчетные соотношения.

Вопросы

1. Виды характеристик частотной избирательности, методы их измерения.
2. Частотная избирательность по блокированию. Основные соотношения.
3. Частотная избирательность по перекрестным искажениям. Основные соотношения.
4. Частотная избирательность по интермодуляции. Основные соотношения.

Тема 5. Обоснование допустимых значений отношения сигнал-шум (помеха).

Определение превышения восприимчивости приемных устройств в критических помеховых ситуациях. Оценка воздействия помеховых сигналов на приемный тракт и решающее устройство. Дополнительная оценка ЭМС РЭС.

Методические указания к изучению темы 5.

Литература: [1], с. 10 – 13, 73 – 76; [2], с. 34 – 52.

Центральные вопросы темы: Принципы количественных методов анализа состояния ЭМО. Обоснование допустимых (защитных) значений отношения сигнал-шум (помеха).

Вопросы

1. Влияние отношения сигнал-шум (помеха) на срабатывание пороговых устройств.
2. Примеры допустимых значений отношения сигнал-шум (помеха).
3. Особенности влияния помех на аналоговые устройства.
4. Особенности влияния помех на цифровые устройства.

Тема 6. Управление комплексом РЭО ГА. Методы измерения параметров РЭС.

Некоторые способы фильтрации помех. Моделирование пространственной селекции. Вероятностная оценка прохождения непреднамеренных электромагнитных помех с учетом вращения антенн. Оценка ЭМС спутниковых систем. Методы измерения параметров РЭС.

Методические указания к изучению темы 6.

Литература: [1], с. 76 – 93; [2], с. 55 – 72.

Центральные вопросы темы: Цифровая фильтрация импульсной помехи. Фильтрация поляризованного сигнала. Пространственная селекция. Оценка ЭМС спутниковых систем. Методы измерения параметров РЭС.

Вопросы

1. Особенности фильтрации при наличии импульсного потока.
2. Особенности пространственной селекции.
3. Методы измерения параметров РЭС с амплитудной модуляцией.
4. Методы измерения параметров РЭС с частотной модуляцией.

Тема 7. Организационно-технические мероприятия по обеспечению ЭМС РЭО ГА.

Структура органов контроля ЭМС. Международные соглашения. Организационно-технические мероприятия по обеспечению ЭМС на этапах разработки и эксплуатации РЭО ГА.

Методические указания к изучению темы 7.

Литература: [3], с. 3 – 40.

Центральные вопросы темы: Управление использованием радиочастотного спектра (РЧС) на международном уровне. Регламент радиосвязи. Экономические методы управления использованием РЧС.

Вопросы

1. Структура органов контроля ЭМС.
2. Особенности управления использованием РЧС на международном уровне.
3. Особенности управления использованием РЧС на национальном уровне.
4. Особенности приграничной координации частотных присвоений со странами, граничащими с Россией.

8. Терминология дисциплины (понятийный аппарат).

Определение важных понятий дисциплины:

электромагнитная совместимость технических средств – способность технических средств функционировать с заданным качеством в определенной электромагнитной обстановке, не создавая при этом недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам и недопустимых электромагнитных воздействий на биологические объекты;

техническое средство - электротехническое, электронное или радиоэлектронное изделие (оборудование, аппаратура или система), а также изделие (оборудование, аппаратура или система), содержащее электрические и (или) электронные компоненты (схемы);

радиоэлектронное средство - техническое средство, состоящее из одного или нескольких радиопередающих или радиоприемных устройств либо из их комбинации и вспомогательного оборудования, предназначенное для передачи и (или) приема радиоволн;

электромагнитная помеха – электромагнитное явление или процесс естественного или искусственного происхождения, которые снижают или могут снизить качество функционирования технического средства (электромагнитная помеха может излучаться в пространство или распространяться в проводящей среде);

электромагнитное воздействие – электромагнитное явление или процесс, которые влияют или могут повлиять на биологические объекты. К электромагнитным воздействиям относятся создаваемые техническими средствами в окружающем пространстве электромагнитные, электрические и магнитные поля;

электромагнитная обстановка – совокупность электромагнитных явлений и (или) процессов в данной области пространства или данной проводящей среде в частотном и временном диапазонах;

устойчивость технических средств к электромагнитным помехам (помехоустойчивость технических средств) – способность технических средств сохранять заданное качество функционирования при воздействии на них регламентированных стандартами электромагнитных помех;

сертификат электромагнитной совместимости - документ, выданный в соответствии с правилами сертификации для подтверждения соответствия сертифицированного технического средства установленным стандартами требованиям по электромагнитной совместимости;

необходимая полоса радиочастот - минимальная полоса частот данного класса радиоизлучения, достаточная для передачи сигнала с требуемой скоростью и качеством;

основное радиоизлучение - излучение радиопередающего устройства в

необходимой полосе радиочастот, предназначенное для передачи сигнала;

нежелательное радиоизлучение - излучение радиопередающего устройства за пределами необходимой полосы радиочастот;

внеполосное радиоизлучение - нежелательное радиоизлучение в полосе частот, примыкающей к необходимой полосе радиочастот, являющееся результатом модуляции;

побочное радиоизлучение - нежелательное радиоизлучение, возникающее в результате любых нелинейных процессов в радиопередающем устройстве, кроме процесса модуляции;

основной канал приема - полоса частот, находящаяся в полосе пропускания радиоприемника и предназначенная для приема сигнала;

побочный канал приема - полоса частот, находящаяся за пределами основного канала приема радиоприемника, в которой сигнал проходит на выход радиоприемника;

комбинационные каналы - побочные каналы приема, которые образуются в смесителе приемника в результате взаимодействия помехи и ее гармоник с колебанием гетеродина или его гармоникой;

интермодуляция - возникновение в радиоприемнике помех на его выходе при действии на входе двух и более сигналов, частоты которых находятся вне основного и побочных каналов приема;

блокирование - изменение в радиоприемнике уровня сигнала или отношения сигнал-шум на выходе радиоприемника при действии радиопомехи;

перекрестные искажения - изменение структуры спектра полезного сигнала на выходе радиоприемника при воздействии на его вход модулированной помехи.

9. Практические занятия, их тематика и объем в часах.

Практические занятия (4 час):

1. Определение характеристик побочных каналов излучения - 2 час.

Рассматривается нежелательное радиоизлучение, возникающее в результате любых нелинейных процессов в радиопередающем устройстве. Для конкретных РЭС, зная их частотный диапазон и ТТХ, производится количественный расчет мощности побочных каналов излучения передатчиков.

При самостоятельной работе студента обратить внимание на методы расчета, использующие данные о мощности излучения в децибелах.

2. Оценка характеристик частотной избирательности приемно-анализирующих трактов типовых РЭС ГА - 2 час.

Рассматривается частотная избирательность радиоприемников РЭС. Для конкретных РЭС, зная их частотный диапазон и ТТХ, производится расчет зна-

чений частот побочных каналов приема. Рассматривается задача расчета на ЭВМ методом моделирования приемо-анализирующих трактов типовых РЭС.

При самостоятельной работе студента обратить внимание на методы расчета, использующие данные о чувствительности приемника и закон изменения его восприимчивости для побочных каналов приема.

Приложение

Программа расчета в среде Mathcad диаграмм направленности двухэлементной решетки для побочных каналов

$$f_0 := 1 \cdot 10^8 \quad c := 3 \cdot 10^8 \quad \lambda := \frac{c}{f_0} \quad \lambda = 3$$

$$d := \frac{\lambda}{2} \quad N := 2$$

$$f_1 := 1.5f_0 \quad \lambda_1 := \frac{c}{f_1} \quad f_2 := 0.5 \cdot f_0 \quad \lambda_2 := \frac{c}{f_2}$$

$$\theta := 0, \frac{\pi}{500} \dots \pi$$

$$\psi(\theta) := \frac{2 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \cdot (\cos(\theta) - 1) \quad \psi_1(\theta) := \frac{2 \cdot \pi \cdot d}{\lambda_1} \cdot (\cos(\theta) - 1) \quad \psi_2(\theta) := \frac{2 \cdot \pi \cdot d}{\lambda_2} \cdot (\cos(\theta) - 1)$$

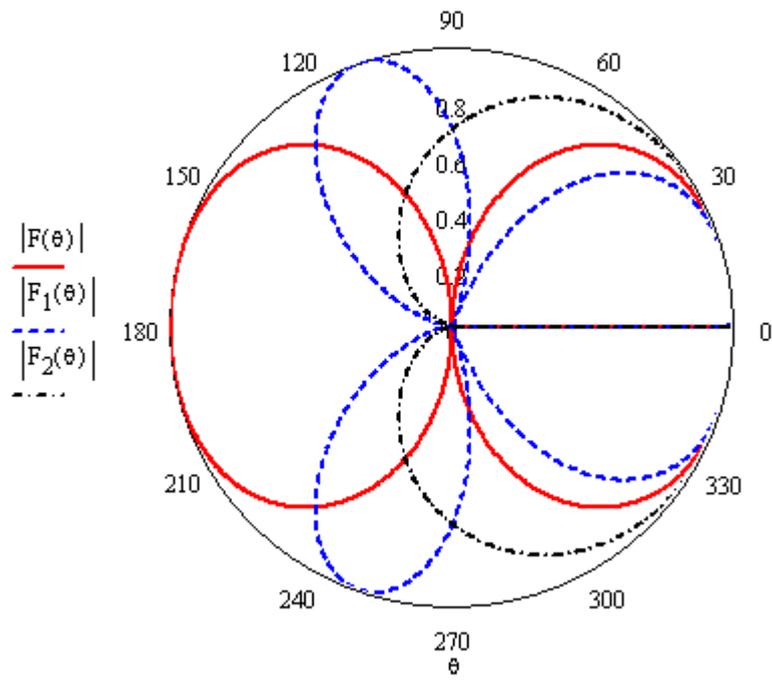
Диаграмма направленности двухэлементной решетки с последовательным возбуждением

$$F(\theta) := \frac{\sin\left(\frac{N \cdot \psi(\theta)}{2}\right)}{N \cdot \sin\left(\frac{\psi(\theta)}{2}\right)}$$

Диаграммы направленности для побочных каналов

$$F_1(\theta) := \frac{\sin\left(\frac{N \cdot \psi_1(\theta)}{2}\right)}{N \cdot \sin\left(\frac{\psi_1(\theta)}{2}\right)} \quad F_2(\theta) := \frac{\sin\left(\frac{N \cdot \psi_2(\theta)}{2}\right)}{N \cdot \sin\left(\frac{\psi_2(\theta)}{2}\right)}$$

$$\theta := 0, \frac{\pi}{500} \dots 2\pi$$



Содержание

1. Учебный план дисциплины.....	3
2. Основные сведения о дисциплине.....	3
3. Рекомендуемая литература.....	4
4. Электронные средства информации.....	4
5. Электронный адрес кафедры для консультаций.....	4
6. Структура дисциплины.....	4
7. Учебная программа дисциплины и методические указания к изучению тем программы.....	5
8. Терминология дисциплины (понятийный аппарат).....	9
9. Практические занятия, их тематика и объем в часах.....	10
<u>Приложение</u> . Программа расчета в среде Mathcad диаграмм направленности двухэлементной решетки для побочных каналов.....	11