

Программа учебной дисциплины «Обеспечение электромагнитной совместимости и защита радиоэлектронных средств от внешних воздействий»

Утверждена

Академическим советом ООП
Протокол № 15 от «28» июня 2018 г.

Автор	Кечиев Л.Н., д.т.н., профессор
Число кредитов	4
Контактная работа (час.)	56
Самостоятельная работа (час.)	96
Курс	II
Формат изучения дисциплины	без использования онлайн-курса

I. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ

Целями освоения дисциплины «Обеспечение электромагнитной совместимости и защита радиоэлектронных средств от внешних воздействий» являются изучение методов и средств обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) и защиты радиоэлектронных средств (РЭС) от внешних воздействий электромагнитного характера, приобретение компетенций для решения задач надежного функционирования электронных средств в условиях действия преднамеренных и непреднамеренных электромагнитных помех.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- содержание проблемы ЭМС и функциональной безопасности РЭС;
- перспективные методы обеспечения ЭМС и функциональной безопасности на стадии концепции и создания элементов и узлов РЭС;
- технические средства обеспечения ЭМС;
- номенклатуру помехоподавляющих компонентов; методики оценки показателей ЭМС в РЭС;
- основные сведения в области испытаний и измерений в области ЭМС;
- стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности;
- методы и средства защиты РЭС от внешних электромагнитных воздействий.

уметь:

- проводить анализ элементов и узлов РЭС на соответствие требованиям ЭМС;
- проводить расчеты уровней помех в элементах РЭС;
- разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них.

владеть:

- навыками экспериментальных исследований элементов и узлов РЭС для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности;
- навыками написания программ испытаний и отчетов об их проведении;
- навыками отладки элементов и узлов РЭС по параметрам ЭМС и функциональной безопасности.

Изучение дисциплины «Обеспечение электромагнитной совместимости и защита радиоэлектронных средств от внешних воздействий» базируется на следующих дисциплинах:

- проектирование и технология электронной компонентной базы;
- автоматизированные системы обеспечения надежности и качества радиоэлектронных средств;
- проектирование аналоговых и цифровых устройств.

Для освоения учебной дисциплины студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- способностью использовать результаты освоения фундаментальных и прикладных дисциплин магистерской программы для решения задач обеспечения ЭМС и функциональной безопасности РЭС.
- способностью понимать основные проблемы в области обеспечения ЭМС и функциональной безопасности, выбирать методы и средства их решения.
- способностью проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- 1 экспериментальные исследования РЭС;
- 2 материалы и компоненты микроэлектронных средств.

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Модуль 1. ЭМС как фактор развития радиоэлектроники.

Раздел 1. Основные понятия ЭМС. Источники и рецепторы помех. Межсистемная и внутрисистемная ЭМС.

Рассматривается проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции, приводятся примеры последствий не соблюдения требований ЭМС, регулирование в области ЭМС. Даются основные термины и определения. Приводится классификация направлений ЭМС: межсистемная и внутрисистемная. Рассматриваются источники помех искусственного и техногенного происхождения, источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры, механизм проникновения помех в РЭС.

Раздел 2. Стандартизация в области ЭМС. Сертификация продукции на соответствие требованиям ЭМС.

Технические регламенты, стандарты России. Международные стандарты и региональные стандарты. Военные стандарты США. Стандарты в области функциональной безопасности.

Раздел 3. Основные методы обеспечения ЭМС в РЭС. Неидеальное поведение компонентов. Провода и кабели в конструкциях РЭС. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС.

Дается характеристика основным методам обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение. Указываются их особенности и возможности.

Рассматривается поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, изучаются их модели на высоких частотах, причины возникновения помех.

Рассматриваются основные типы проводных и кабельных межсоединений в РЭС, даются их электрические характеристики, оценивается уровень защиты от внешних помех, даются рекомендации по применению.

Рассматриваются конструкции печатных плат, задачи обеспечения ЭМС и целостности сигнала, дается классификация помех в печатном монтаже быстродействующих РЭС. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала.

Модуль 2. Защита электронных средств от внешних воздействий.

Раздел 1. Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование.

Роль экранирования в обеспечении ЭМС РЭС. Разновидности задач экранирования. Материалы, применяемые при экранировании. Этапы проектирования экранов. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование. Классификация структуры поля. Понятие ближней и дальней зоны. Основные расчетные соотношения. Рекомендации по экранированию статических полей. Электродинамическое экранирование, расчет электродинамического экрана. Выполнение точек ввода воздухопроводов и коммуникаций. Рекомендации по электродинамическому экранированию.

Раздел 2. Фильтрация помех и ограничители перенапряжений как средство защиты от кондуктивных помех.

Фильтрация как метод подавления помех в цепях аппаратуры. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы – основные характеристики и области применения.

Раздел 3. Защита от электростатического разряда.

Статическое электричество и его влияние на электронику. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.

III. ОЦЕНИВАНИЕ

Студент на текущем контроле должен продемонстрировать способностью проектировать средства помехоподавления для компонентов РЭС, способностью понимать основные проблемы в области обеспечения ЭМС и функциональной безопасности, выбирать методы и средства их решения, способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

Критерии оценки самостоятельной работы, домашнего задания, контрольной работы и реферата

(умение четко изложить существо проблемы, структурировано описать проблему, умение обсудить предложенные теории, концепции и модели, творческий подход к решению проблемы)

Оценка	Критерии
«Отлично»: 10	Данная оценка может быть выставлена только при условии соответствия работы всем предъявляемым требованиям и высшей оценки по всем критериям.
«Отлично»: 9, 8	Данные оценки могут быть выставлены только при условии соответствия работы всем предъявляемым требованиям и высокой оценке по всем критериям.

	риям.
«Хорошо»: 7, 6	«7» – данная оценка может быть выставлена только при условии удовлетворении работы части критериев. «6» – данная оценка может быть выставлена только при условии частичного соответствия работы предъявляемым критериям, но недостаточно раскрытым.
«Удовлетворительно»: 5, 4	«5» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия работы половине предъявляемым критериям (кроме творческого), которые могут быть выполнены частично. «4» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия работы половине предъявляемым критериям (кроме творческого), которые могут быть выполнены частично, но не раскрыты полностью..
«Неудовлетворительно»: 3, 2, 1	Работа не соответствует большинству предъявляемых критериев.
«Работа не принимается»: 0	Работа является плагиатом. Авторский вклад менее 80 % (см. Регламент использования системы «Антиплагиат» для сбора и проверки письменных учебных работ в Государственном университете – Высшей школе экономики (утвержден ученым советом Государственного университета – Высшей школы экономики (протокол от 20.03.2009 г. № 56)).

В случае если работа не была сдана в установленный срок, за нее снижается оценка по следующей схеме:

- 1 день – снижение оценки на 1 балл;
- 2 дня – снижение оценки на 2 балла;
- 3 дня – снижение оценки на 3 балла;
- 4 дня – снижение оценки на 4 балла;
- 5 дней – снижение оценки на 5 баллов;
- 6 дней – снижение оценки на 6 баллов;
- 7 дней – снижение оценки на 7 баллов.

Критерии оценки ответа на экзамене

(наличие зачета, наличие сданной вовремя работы, знание материала (суть, основные теории, подходы, методы, критика), умение выделить существенное, умение логически и аргументировано излагать материал)

Оценка	Критерии
«Отлично»: 10	Данная оценка может быть выставлена только при условии соответствия ответа всем предъявляемым требованиям и высшей оценки по всем критериям.
«Отлично»: 9, 8	Данные оценки могут быть выставлены только при условии соответствия ответа всем предъявляемым требованиям и высокой оценке по всем критериям.
«Хорошо»: 7, 6	«7» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия ответа 4 из 5 предъявляемым критериям и 1 (кроме зачета и домашней работы) критерий может быть выполнен частично. «6» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия ответа 3 (кроме зачета и домашней работы) предъявляемым критериям.
«Удовлетворительно»: 5, 4	«5» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия зачетной работы 2 (кроме зачета и домашней работы) предъявляемым критериям и 2 критерия могут быть выполнены частично. «4» – данная оценка может быть выставлена только при условии полного соответствия зачетной работы 2 предъявляемым критериям.
«Неудовлетворительно»: 3, 2, 1	Ответ не соответствует большинству предъявляемых критериев
«Ответ не принимается»: 0	Экзамен не сдан.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

Порядок формирования оценок по дисциплине даны в рекомендациях ВШЭ по формированию оценок по дисциплине.

Оценивается творчество, самостоятельность и оригинальность решения.

Преподаватель оценивает работу студентов на практических занятиях: его активность, дискуссиях, правильность решения задач. Оценки за работу практических занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за работу на практических занятиях определяется перед промежуточным или итоговым контролем.

Самостоятельная работа оценивается правильностью выполнения заданий, которые выдаются на практических занятиях, полнота освещения темы, которую студент готовит для выступления с докладом на занятии-дискуссии. Оценки за самостоятельную работу студента преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за самостоятельную работу определяется перед промежуточным или итоговым контролем.

Формула накопленной оценки: 0,5 оценки за активность на практических занятиях+0,5 оценки за самостоятельную работу.

На экзамене студент может получить дополнительный вопрос (дополнительную практическую задачу, решить к передаче домашнее задание), ответ на который оценивается в 1 балл.

Итоговая оценка выставляется по формуле: 0,5 накопленная оценка за текущую успеваемость + 0,5 оценка итоговой аттестации (экзамен).

Критерий округления оценки: средневзвешенная оценка округляется до ближайшего большего целого, если дробная часть оценки не ниже 0,5, в противном случае оценка округляется до ближайшего меньшего целого.

Оценка «автомат» не выставляется.

До студентов доводятся значения накопленных оценок на последнем занятии в модуле, что подтверждается в письменном виде путем подписи студента под этой информацией.

В диплом выставляет результирующая оценка по учебной дисциплине.

IV. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства для текущего контроля студента

Пример домашнего задания:

- расчет электрической емкости,
- расчет индуктивности печатного монтажа,
- расчет уровня перекрестных помех,
- расчет помех по шинам питания,
- расчет волнового сопротивления линии передачи,
- расчет эффективности экранирования однородного экрана,
- расчет эффективности экранирования неоднородного экрана.

Оценочные средства для итоговой аттестации

Примерный перечень вопросов для оценки качества освоения дисциплины.

1. Базовые конструкции многослойных плат. Их возможности и ограничения по максимальной слойности.
2. Коммутационные платы альтернативных конструкций, отличных от печатных.
3. Модель линии передачи без потерь.
4. Модель линии передачи с потерями.

5. Понятие электрически короткой и электрически длинной линии передачи. Определение типа линии в частотной и временной области.
6. Модели электрически длинной и электрически короткой линии передачи.
7. Диэлектрические и магнитные параметры среды распространения сигнала в линиях передачи и их влияние на распространение сигнала. Численные значения для основных материалов, применяемых в конструировании РЭС.
8. Понятие волнового сопротивления длинной линии. Его зависимость от параметров линии.
9. Методы расчета электрической емкости \square базового параметра линии передачи.
10. Основные численные методы расчета электрической емкости. Их области применения и принципиальные различия.
11. Типовые искажения сигнала в длинной линии передачи, присущие только им.
12. Компоненты сигнала в несогласованной длинной линии в некоторый момент времени.
13. Понятие коэффициента отражения для длинной линии. Формулы для его расчета.
14. Аналитический метод расчета помех отражения в длинной линии.
15. Методы и способы согласования длинных линий передачи.
16. Согласование по выходу линии.
17. Согласование по входу линии.
18. Скорость распространения сигнала в линии передачи и её зависимость от параметров среды.
19. Понятие эффективной диэлектрической проницаемости и её влияние на параметры линии передачи.
20. Структурный метод проектирования МПП \square основа синтеза конструкции платы.
21. Помехи в шинах питания: механизм образования и способы подавления.
22. Влияние индуктивности шины питания на образование помех в системе питания.
23. Понятия ближней и дальней зоны при анализе экранирования. Структура поля в ближней зоне и в дальней зоне.
24. Параметры, определяющие расстояние до границы между ближней и дальней зоной.
25. Требования к электростатическому экрану. Механизм работы электростатического экрана.
26. Требования к магнитостатическому экрану и механизм его работы.
27. Требования к электромагнитному экрану и механизм его работы.
28. Средства повышения эффективности электромагнитного экранирования.
29. Модели источника помех и структура поля в ближней зоне.
30. Содержание проблемы функциональной безопасности.
31. Взаимосвязь проблемы ЭМС и функциональной безопасности.

V. РЕСУРСЫ

5.1 Основная литература

1. ЭМС и информационная безопасность в системах телекоммуникаций / Л. Н. Кечиев, П. В. Степанов. – М.: ИД "Технологии", 2005. – 312 с. – (Серия "Б-ка ЭМС").
2. Экранирование технических средств и экранирующие системы / Л. Н. Кечиев, Б. Б. Акбашев, П. В. Степанов. – М.: Группа ИДТ, 2010. – 469 с. – (Серия "Б-ка ЭМС"). - Ц. - ISBN 978-5-948330-96-9.

5.2 Дополнительная литература

3. Защита электронных средств от воздействия статического электричества: учеб. пособие для вузов / Л. Н. Кечиев, Е. Д. Пожидаев. – М.: ИД "Технологии", 2005. – 349 с. – (Серия "Б-ка ЭМС"). - ISBN 978-5-948330-09-9.
4. Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты / Н. В. Балюк, Л. Н. Кечиев, П. В. Степанов. – М.: Группа ИДТ, 2008. – 478 с. – (Серия "Б-ка ЭМС"). - Ц(294 экз). - ISBN 978-5-948330-83-

5. ЭМС для систем и установок / Т. Уилльямс, К. Армстронг; Пер. с англ. В. С. Кармашева, и др.. – М.: ИД "Технологии", 2004. – 507 с. – (Серия "Б-ка ЭМС") . - ISBN 978-5-948330-05-1.

5.3 Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Условия доступа
1.	Microsoft Windows 7 Professional RUS	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
2.	Microsoft Office Professional Plus 2010	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
3.	Программный комплекс ELCUT	<i>Свободное лицензионное соглашение</i>

5.4 Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

№ п/п	Наименование	Условия доступа
	<i>Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы</i>	
1.	Электронно-библиотечная система Юрайт	URL: https://biblio-online.ru/
	<i>Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)</i>	
1.	Открытое образование	URL: https://openedu.ru/
2.	Информационная поддержка курса	http://emc-journal/ru

5.5 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины базируется на материально-техническом обеспечении ДЭИ и базовой организации.