


Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого


О.Д.Асенчик

09.12.2015
Регистрационный № УД- 45-¹⁶ /уч.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1-36 04 02 «Промышленная электроника»

Учебная программа составлена на основе:

- образовательного стандарта ОСВО 1-36 04 02-2013;
- учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» № I 3 6-1-18/уч. от 17.09.2013; № I 3 6-1-37/уч. от 20.09.2013; № I 36-1-42/уч. от 21.09.2013; № I 36-1-19/уч. от 12.02.2014.

СОСТАВИТЕЛЬ:

С.Н. Кухаренко, старший преподаватель кафедры «Промышленная электроника» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого.

РЕЦЕНЗЕНТ:

П.Н. Анисим, ведущий инженер по электронной технике СООО «Гомельский приборостроительный завод».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Промышленная электроника» Учреждения образования «Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого» (протокол № 3 от 15.10.2015);

Научно-методическим советом факультета автоматизированных и информационных систем учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 4 от 30.11.2015); *УДФ-05-19/уч.*

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 2 от 3.12.15); *УДЗ-094-168*

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 2 от 08.12.2015).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Введение.

Изучение учебной дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» осуществляется в соответствии с требованиями к формированию академических, социально-личностных и профессиональных компетенций специалиста в сфере радиоэлектроники.

Цели и задачи учебной дисциплины.

Цель учебной дисциплины:

- обучение основам электромагнитной совместимости;
- обучение требованиям нормативных документов в области электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (РЭС);
- приобретение навыков измерения параметров электромагнитной совместимости и электромагнитной обстановки;
- изучение методов расчета экранирующих корпусов и защитных фильтров.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалистов, связи с другими учебными дисциплинами.

Учебная дисциплина «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» входит в состав цикла дисциплин специализации 1-36 04 02 01 «Микроэлектронные и микропроцессорные управляющие и информационные устройства». Данная дисциплина связана с отдельными разделами таких учебных дисциплин, как, «Теоретические основы информационно-измерительной техники», «Техническая электродинамика», «Материалы и компоненты электронной техники».

Требования к освоению учебной дисциплины.

После изучения дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» подготавливаемый специалист должен соответствовать следующим требованиям к его компетентности:

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

– АК-10. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.

– АК-11. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации с использованием компьютерной техники.

социально-личностные компетенции:

– СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

– СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

– СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

– СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения.

– СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

– СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

– ПК-2. Разрабатывать стендовое и тестирующее оборудование для технологического процесса производства радиоэлектронных средств промышленной электроники.

– ПК-3. Выявлять причины повреждения элементов в ходе технологического процесса производства радиоэлектронных средств, разрабатывать предложения по их предупреждению.

– ПК-4. В составе группы специалистов проводить сертификацию радиоэлектронных средств промышленной электроники.

– ПК-7. Проводить ремонт и эксплуатацию средств промышленной электроники и обеспечивать обучение персонала, работающего с электрооборудованием.

– ПК-8. В составе группы специалистов осуществлять метрологическую аттестацию и сертификацию изготавливаемых радиоэлектронных средств промышленной электроники.

– ПК-9. Используя эксплуатационную документацию, проводить пусконаладочные работы радиоэлектронных средств промышленной электроники в соответствии с правилами и нормами.

– ПК-10. Пользоваться современными контрольно-измерительными приборами для проверки правильности и качества монтажных операций.

– ПК-11. Проводить монтаж, наладку, испытания электронного оборудования, в том числе информационных каналов и каналов связи, устройств автоматики.

– ПК-13. Разрабатывать технические задания на проектируемый объект, выбирать структуру и элементную базу радиоэлектронных средств промышленной электроники, рассчитывать и анализировать режимы работы как отдельных узлов, так и изделия в целом.

– ПК-17. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

В результате освоения содержания учебной дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» студент должен:

знать:

- теоретические основы обеспечения электромагнитной совместимости и стойкости к электромагнитным помехам;
- методы расчета конструктивных элементов и защитных фильтров, обеспечивающих электромагнитную совместимость;
- методы испытаний РЭС на электромагнитную совместимость.

уметь:

- использовать полученные знания при разработке защищенной и стойкой к электромагнитным помехам аппаратуры;
- рассчитывать рецепторные и эмиссионные характеристики радиоэлектронной аппаратуры;
- проводить экспериментальные исследования параметров электромагнитной совместимости в соответствии с нормативными документами.

Программа дисциплины рассчитана на объем 138 учебных часов, из них аудиторных – 64. Примерное распределение учебных часов по видам занятий для дневной формы получения образования: лекций – 32 часа; лабораторных работ – 32 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины в зачетных единицах – 4,0. Итоговый контроль знаний по дисциплине проводится в форме зачета.

Форма получения высшего образования: дневная, заочная, заочная сокращенная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам.

Дневная форма обучения:

Курс – 4

Семестр – 8

Лекции – 32 часа

Лабораторные занятия – 32 часа

Всего аудиторных занятий – 64 часа

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине:

Зачет – 8 семестр

Заочная форма обучения:

Курс – 5,4

Семестр – 9,8

Лекции – 8 часов

Лабораторные занятия – 6 часов

Всего аудиторных занятий – 14 часов ✓

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине:

Зачет – 9 семестр

Тест – 9

Заочная сокращения форма обучения:

Курс – 3/3,4*

Семестр – 5,6/ 6,7

Лекции – 6/8 часов

Лабораторные занятия – 6/6 часов

Всего аудиторных занятий – 12/14 часов

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине:

Зачет – 7/6 семестр

Примечание: * – согласно учебному плану № I 36-1-42/уч.от 21.09.2013 / согласно учебному плану № I 36-1-19/уч. от 12.02.2014.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Электромагнитная совместимость. Основные понятия.

Тема 1.1. Электромагнитная обстановка и электромагнитная совместимость. Основные понятия и определения. Виды электромагнитных помех, условия их возникновения, характеристики. Электромагнитное воздействие на аппаратуру. Индустриальные помехи, среда распространения. Нормы государственных стандартов и международные на основные параметры РЭС

Тема 1.2. Электромагнитное влияние между линиями связи. Первичные и вторичные параметры влияния. Частотные и временные характеристики взаимодействия.

Раздел 2. Электростатические и низкочастотные помехи.

Тема 2.1. Электростатические поля. Оценка электростатических полей объектов различной геометрической формы. Ближняя и дальняя зоны излучения электромагнитного поля. Основные физические положения возникновения электростатических разрядов.

Тема 2.2. Трибоэлектрический ряд материалов. Условия накопления электростатических зарядов. Воздействие ЭСР на элементы электронной аппаратуры. Временные и спектральные характеристики разрядов, ряд возникающих дефектов. Защита электронных изделий от воздействия ЭСР. Типовые защитные схемы для узлов и элементов электроники.

Раздел 3. Обеспечение стойкости аппаратуры к воздействию ЭМП.

Тема 3.1. Пути проникновения ЭМП в электронную аппаратуру. Кондуктивные помехи, фильтрация помех проникающих по цепям питания. Конструктивные особенности построения фильтров. Способы и средства защиты от перенапряжений.

Тема 3.2. Экранирование в ближней и дальней зоне. Диэлектрические, металлические, композиционные и сетчатые экраны. Конструктивные особенности экранов различного назначения.

Раздел 4. Электромагнитная совместимость в радиочастотном спектре.

Тема 4.1. Распределение частот в мировом масштабе и внутри стран. Общие правила работы радиослужбы. Радиотехнические требования к передатчикам (ширина полосы частот, занимаемые полосы частот) Внеполосное излучение. Отклонение частоты радиопередатчиков. Побочные и шумовые радиоизлучения передатчика

Раздел 5. Природные и промышленные электромагнитные помехи

Тема 5.1. Классификация и нормы источников промышленных помех. Среда распространения. Электромагнитное поле радиопередающих средств. Источники помех: высоковольтные линии электропередач, электрические машины, контактная сеть электротранспорта, устройства силовой электроники

Тема 5.2. Грозовые разряды, параметры генерируемой помехи. Влияние на протяженные линии связи и электропередачи. Электромагнитный импульс ядерного взрыва. Топологические и конструктивные методы повышения стойкости аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных помех. Способы и средства защиты от перенапряжений.

Раздел 6. Методы и аппаратура для испытаний

Тема 6.1. Испытания на устойчивость электростатическим разрядам. Модели и уровни испытаний. Генераторы импульсных напряжений. Полосковые испытательные линии и ТЕМ – камеры. Правила проведения испытаний по эмиссионным и рецепторным свойствам.

Тема 6.2. Экранированные камеры для испытаний. Приемные зонды и системы. Испытания при видео - импульсном характере воздействия. Выбор измерительной аппаратуры для проведения испытаний. Селективные вольтметры, спектроанализаторы, оптические линии связи.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Восьмой семестр								
1	Электромагнитная обстановка и электромагнитная совместимость	2			4			
1.1	Основные понятия и определения. Виды электромагнитных помех, условия их возникновения, характеристики	1						Опрос
1.2	Электромагнитное влияние между линиями связи. Первичные и вторичные параметры влияния	1			4			Опрос защита ЛР
2	Электростатические и низкочастотные помехи	10			10			
2.1	Ближняя и дальняя зоны излучения электромагнитного поля. Основные физические положения возникновения электростатических разрядов	6			6			Опрос защита ЛР
2.2	Воздействие ЭСР на элементы электронной аппаратуры	4			4			Опрос защита ЛР
3	Обеспечение стойкости аппаратуры к воздействию ЭМП	8			8			
3.1	Пути проникновения ЭМП в электронную аппаратуру	4			4			Опрос защита ЛР
3.2	Экранирование в ближней и дальней зоне	4			4			Опрос, защита ЛР
4	Электромагнитная совместимость в радиочастотном спектре	4						
4.1	Распределение частот в мировом масштабе и внутри стран. Общие правила работы радиослужбы	4						Опрос

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Природные и промышленные электромагнитные помехи	4			8			Опрос защита ЛР
5.1	Классификация и нормы источников промышленных помех. Среда распространения	2			4			опрос защита ЛР
5.2	Грозовые разряды, параметры генерируемой помехи. Влияние на протяженные линии связи и электропередачи	2			4			опрос защита ЛР
6	Методы и аппаратура для испытаний	4			2			
6.1	Испытания на устойчивость электростатическим разрядам	2						
6.2	Экранированные камеры для испытаний. Приемные зонды и системы. Испытания при видео - импульсном характере воздействия. Выбор измерительной аппаратуры для проведения испытаний. Селективные вольтметры, спектроанализаторы, оптические линии связи.	2			2			опрос защита ЛР
	Текущая аттестация							зачет
	Итого:	32			32			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Девятый семестр								
1	Электромагнитная обстановка и электромагнитная совместимость	1						
1.1	Основные понятия и определения. Виды электромагнитных помех, условия их возникновения, характеристики	1						Опрос
1.2	Электромагнитное влияние между линиями связи. Первичные и вторичные параметры влияния							Опрос защита ЛР
2	Электростатические и низкочастотные помехи	2			4			
2.1	Ближняя и дальняя зоны излучения электромагнитного поля. Основные физические положения возникновения электростатических разрядов	1			2			Опрос защита ЛР
2.2	Воздействие ЭСР на элементы электронной аппаратуры	1			2			Опрос защита ЛР
3	Обеспечение стойкости аппаратуры к воздействию ЭМП	2			1			
3.1	Пути проникновения ЭМП в электронную аппаратуру	1						Опрос защита ЛР
3.2	Экранирование в ближней и дальней зоне	1			1			Опрос, защита ЛР
4	Электромагнитная совместимость в радиочастотном спектре	1						
4.1	Распределение частот в мировом масштабе и внутри стран. Общие правила работы радиослужбы	1						Опрос

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Природные и промышленные электромагнитные помехи	1						Опрос защита ЛР
5.1	Классификация и нормы источников промышленных помех. Среда распространения	1						опрос защита ЛР
5.2	Грозовые разряды, параметры генерируемой помехи. Влияние на протяженные линии связи и электропередачи							опрос защита ЛР
6	Методы и аппаратура для испытаний	1			1			
6.1	Испытания на устойчивость электростатическим разрядам							
6.2	Экранированные камеры для испытаний. Приемные зонды и системы. Испытания при видео - импульсном характере воздействия. Выбор измерительной аппаратуры для проведения испытаний. Селективные вольтметры, спектроанализаторы, оптические линии связи.	1			1			опрос защита ЛР
	Текущая аттестация							зачет
	Итого:	8			6			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(заочная сокращенная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Девятый семестр								
1	Электромагнитная обстановка и электромагнитная совместимость	1						
1.1	Основные понятия и определения. Виды электромагнитных помех, условия их возникновения, характеристики	1						Опрос
1.2	Электромагнитное влияние между линиями связи. Первичные и вторичные параметры влияния							Опрос защита ЛР
2	Электростатические и низкочастотные помехи	2/1			4			
2.1	Ближняя и дальняя зоны излучения электромагнитного поля. Основные физические положения возникновения электростатических разрядов	1			2			Опрос защита ЛР
2.2	Воздействие ЭСР на элементы электронной аппаратуры	1/-			2			Опрос защита ЛР
3	Обеспечение стойкости аппаратуры к воздействию ЭМП	2/1			1			
3.1	Пути проникновения ЭМП в электронную аппаратуру	1/-						Опрос защита ЛР
3.2	Экранирование в ближней и дальней зоне	1			1			Опрос, защита ЛР
4	Электромагнитная совместимость в радиочастотном спектре	1						
4.1	Распределение частот в мировом масштабе и внутри стран. Общие правила работы радиослужбы	1						Опрос

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Природные и промышленные электромагнитные помехи	1						Опрос защита ЛР
5.1	Классификация и нормы источников промышленных помех. Среда распространения	1						опрос защита ЛР
5.2	Грозовые разряды, параметры генерируемой помехи. Влияние на протяженные линии связи и электропередачи							опрос защита ЛР
6	Методы и аппаратура для испытаний	1			1			
6.1	Испытания на устойчивость электростатическим разрядам							
6.2	Экранированные камеры для испытаний. Приемные зонды и системы. Испытания при видео - импульсном характере воздействия. Выбор измерительной аппаратуры для проведения испытаний. Селективные вольтметры, спектроанализаторы, оптические линии связи.	1			1			опрос защита ЛР
	Текущая аттестация							зачет
	Итого:	8	6		6			

Примечание: * – согласно учебному плану № I 36-1-19/уч. от 12.02.2014 / согласно учебному плану № I 36-1-42/уч.от 21.09.2013.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Б.А. Верига. Учебное пособие по курсу Электромагнитная совместимость и электромагнитные помехи. – Гомель, 1999 (м/ук №2382).
2. Вагин, Г.Я. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебник / Г.Я. Вагин, А.Б. Лоскутов, А.А. Севостьянов – Москва: Академия, 2010. – 223, [1]с. – (Высшее профессиональное образование)
3. Кофанов, Ю.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств / Ю.Н. Кофанов. – Москва: Радио и связь, 1991. – 359 с.

Дополнительная литература

4. Петровский, В. И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / В. И. Петровский, Ю. Е. Седельников. - Москва : Радио и связь, 1986. - 216 с.
5. Уилльямс, Т. ЭМС для систем и установок / Т. Уилльямс, К. Армстронг. - Москва : Технологии, 2004. - 507 с.
6. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи / сост. Д. Р. Ж. Чайт; сокр. пер. с англ. А. И. Сапгира. - Москва : Сов. радио, 1977. - 352с.
7. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи / сост. Д. Р. Ж. Чайт; сокр. пер. с англ. А. И. Сапгира. - Москва : Сов. радио, 1979. - 464с.
9. А.Д. Ионов, Б.В. Попов. Линии связи. – М. – Радиосвязь. – 1990.
10. А.П. Бадалов, Н.С. Михайлов. Нормы на параметры электромагнитной совместимости РЭС. – М. Радио и связь. – 1990.
11. Л.О. Мырова, А.З. Чепиженко. Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М. Радио и связь. – 1988.
12. А.И. Князь. Электродинамика информационных систем. – М. – Радио и связь. – 1994.
13. Е.И. Егоров и др. Использование радиочастотного спектра и радиопомехи. – М. Радио и связь. – 1986.
14. Стандарт МЭК 1000 (800). Электромагнитная совместимость средств измерения и управления промышленными процессами.
15. ГОСТ 23872-79. Совместимость радиоэлектронных электромагнитных средств.

Учебно-методические материалы

16. Верига Б.А. Практическое руководство к лабораторным занятиям по курсу «Электромагнитная совместимость и электромагнитные помехи». – Часть 1. – Гомель. – 1998 (м/ук № 2278).

17. Верига Б.А., Вяхирев Н.И. Практическое руководство к лабораторным занятиям по курсу «Электромагнитная совместимость и электромагнитные помехи». – Часть 2. – Гомель. – 2001 (м/ук № 2614).

Электронные учебно-методические комплексы:

18. Кухаренко С.Н. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: электронный учебно-методический комплекс дисциплины – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2014. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/11225>

Список литературы вкратце *А.В. (Тихонова И.В.)*

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Экспериментальное исследование эмиссии электромагнитных помех.
2. Исследование рецепторных свойств электронных устройств к ЭМП.
3. Изучение работы средств защиты от электростатических разрядов.
4. Изучение оборудования имитации импульсных перенапряжений.
5. Измерение характеристик защитных устройств.
6. Исследование свойств электромагнитных экранов.
7. Изучение топологии и принципа работы кондуктивных фильтров.
8. Изучение характеристик электромагнитного взаимодействия линий связи.
9. Изучение технологии сертификации устройств РЭА по нормам ЭМС

Технологии обучения

Для организации процесса изучения учебной дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» привлечены традиционные и инновационные образовательные технологии, ориентированные на формирование навыков самостоятельного и группового решения поставленных задач.

Лабораторные занятия проводятся с использованием персональных компьютеров. Контроль знаний проводится в ходе защиты лабораторной работы и тестов.

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Процедура диагностики результатов учебной деятельности студентов разработана и организована в соответствии с Образовательным стандартом высшего образования первой ступени. Ее компоненты представлены:

- требованиями к осуществлению диагностики (определение объекта диагностики, измерение степени соответствия учебных достижений студента требованиям Образовательного стандарта ОСВО 1-36 04 02-2013, оценивание результатов измерения на основе принятой шкалы оценок);

- шкалой оценок (оценка промежуточных и итоговых (экзаменационных) достижений студента производится по десятибалльной шкале в зависимости от количества и качества выполненных заданий, предусмотренных планом);

- критериями оценок, разработанными учреждением образования;

- инструментарием диагностики (выполнение и защита лабораторных работ);

Для диагностики соответствия учебных достижений студента предъявляемым требованиям используются типовые индивидуальные и лабораторные работы, тесты для контроля знаний (АК-1 – АК-9, СЛК-1 – СЛК-6).

Диагностика компетенций студента проводится в устной (ответы на занятиях, оценивание решения учебно-деловых ситуаций), письменной (контрольный опросы, письменное представление выполненных практических заданий, доклады и рефераты) и устно-письменной (зачет) формах. (АК-1 – АК-9, СЛК-1 – СЛК-6).

Итоговая диагностика компетенций студента проводится с использованием контрольных вопросов и заданий, а также зачета (АК-1 – АК-9, СЛК-1 – СЛК-6, ПК-13, ПК-22, ПК-23).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1	2	3	4
Электронные приборы	Промышленная электроника	—	15.10.2015 № 3
Материалы и компоненты электронной техники	Промышленная электроника	—	— " —