

Документ подписан электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко Павел Васильевич
Должность: Проректор по учебной работе
Дата подписания: 28.09.2023 06:47:01
Уникальный программный ключ:
27e516f4c088deb62ba68945f4406e13fd454355

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью
Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c
Владелец: Сенченко Павел Васильевич
Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Электронные приборы и устройства сбора, обработки и отображения информации**
Форма обучения: **заочная**
Факультет: **Заочный и вечерний факультет (ЗиВФ)**
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **2**
Семестр: **3, 4**
Учебный план набора 2022 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 3 семестр | 4 семестр | Всего | Единицы |
|--|-----------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия | 8 | | 8 | часов |
| Практические занятия | 2 | 2 | 4 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 1 | 1 | 2 | часов |
| Лабораторные занятия | | 8 | 8 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | | 3 | 3 | часов |
| Самостоятельная работа | 62 | 56 | 118 | часов |
| Контрольные работы | | 2 | 2 | часов |
| Подготовка и сдача зачета | | 4 | 4 | часов |
| Общая трудоемкость | 72 | 72 | 144 | часов |
| (включая промежуточную аттестацию) | | | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр | Количество |
|--------------------------------|---------|------------|
| Зачет с оценкой | 4 | |
| Контрольные работы | 4 | 1 |

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Получение знаний в области обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) электронных устройств радиоэлектронной аппаратуры, как между собой, так и с любыми преобразователями электрической энергии, находящимися в непосредственной близости или подключенными к общему источнику питания.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение вопросов обеспечения стойкости устройств к внешним воздействиям наносекундной и микросекундной длительности, а также их стойкости к электростатическим разрядам.

2. Изучение распространения паразитных электромагнитных помех как по цепям питания, управления и нагрузки, так и посредством воздействия электромагнитным полем индукции от преобразователей электрической энергии.

3. Изучение частотных зависимостей и величины излучаемой энергии базовыми элементами преобразовательных устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.05.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|-----------------------------------|---|
| Универсальные компетенции | | |
| - | - | - |
| Общепрофессиональные компетенции | | |
| - | - | - |
| Профессиональные компетенции | | |

| | | |
|--|---|---|
| ПК-3. Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач | ПК-3.1. Знает специфику методологии научных исследований в своей предметной области | Разрабатывает методики научных исследований на ЭМС в соответствии с областью применения электронного устройства. |
| | ПК-3.2. Умеет осуществлять постановку целей и задач исследования | Осуществляет постановку целей и задач исследования устройств силовой энергетической электроники на ЭМС в соответствии с техническими требованиями. |
| | ПК-3.3. Владеет опытом системного анализа предмета исследования | Применяет опыт системного анализа и исследования электронных устройств на ЭМС с различными функциональными узлами. |
| ПК-5. Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени | ПК-5.1. Знает принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение | Применяет принципы планирования и методики автоматизации эксперимента, с использованием информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение. |
| | ПК-5.2. Умеет применять принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационноизмерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение | Планирует эксперимент с применением принципов и методов автоматизации на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение. |
| | ПК-5.3. Владеет навыками измерений в реальном времени | Проводит измерения в реальном времени с применением информационно-измерительных комплексов smv-11, SMV-8. |

| | | |
|--|---|--|
| ПК-6. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов | ПК-6.1. Знает современные средства и методы организации и проведения экспериментальных исследований | Планирует экспериментальные исследования на базе современных средств и методик организации эксперимента. |
| | ПК-6.2. Умеет организовывать и проводить экспериментальные исследования с применением современных средств и методов | Организовывает и проводит экспериментальные исследования с применением современных средств и методов. |
| | ПК-6.3. Владеет навыками применения современных средств и методов организации и проведения экспериментальных исследований | Применяет современные средства и методы организации проведения экспериментальных исследований в области ЭМС. |

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры | |
|---|-------------|-----------|-----------|
| | | 3 семестр | 4 семестр |
| Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 22 | 10 | 12 |
| Лекционные занятия | 8 | 8 | |
| Практические занятия | 4 | 2 | 2 |
| Лабораторные занятия | 8 | | 8 |
| Контрольные работы | 2 | | 2 |
| Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 118 | 62 | 56 |
| Подготовка к тестированию | 74 | 62 | 12 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 12 | | 12 |
| Подготовка к контрольной работе | 12 | | 12 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 20 | | 20 |
| Подготовка и сдача зачета | 4 | | 4 |
| Общая трудоемкость (в часах) | 144 | 72 | 72 |
| Общая трудоемкость (в з.е.) | 4 | 2 | 2 |

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| 3 семестр | | | | | | |
| 1 Предмет, цель и структура курса электромагнитной совместимости | 2 | - | - | 6 | 8 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| 2 Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование. | 2 | - | - | 18 | 20 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| 3 Распространение электромагнитных помех. Способы борьбы с электромагнитными помехами. Экранирование магнитных и электрических помеховых полей, а также расчет их эффективности. Экранирование коаксиальных кабелей и их подсоединения. | 2 | 2 | - | 20 | 24 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| 4 Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, механических контактов реле). | 2 | - | - | 18 | 20 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| Итого за семестр | 8 | 2 | 0 | 62 | 72 | |
| 4 семестр | | | | | | |
| 5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств. | - | 2 | 4 | 22 | 30 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| 6 Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств. | - | - | 4 | 22 | 26 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| 7 Фильтрация сетевых цепей питания электронных устройств. | - | - | - | 12 | 12 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| Итого за семестр | 0 | 2 | 8 | 56 | 66 | |
| Итого | 8 | 4 | 8 | 118 | 138 | |

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| 3 семестр | | | |

| | | | |
|---|--|---|------------------|
| 1 Предмет, цель и структура курса электромагнитной совместимости | Основные термины и определения в области электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств | 2 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование. | Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование по уровням электромагнитных воздействий и по частотным спектрам. Несущие частоты и спектры идеальных и реальных преобразователей электрической энергии. Влияние полосы пропускания на измеряемый уровень радиопомех. Ряды Фурье и расчет амплитудных коэффициентов Фурье. | 2 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Распространение электромагнитных помех. Способы борьбы с электромагнитными помехами. Экранирование магнитных и электрических помеховых полей, а также расчет их эффективности. Экранирование коаксиальных кабелей и их подсоединения. | Распространение электромагнитных помех по портам питания, управления, нагрузок и посредством индукционных наводок через электромагнитное поле. Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств. | 2 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, механических контактов реле). | Схемы замещения базовых элементов электронных устройств, их свойства и характеристики. | 2 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| 4 семестр | | | |

| | | | |
|--|---|---|------------------|
| 5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств. | Испытательное оборудование для испытания устройств на воздействие микросекундных помех и электростатических разрядов. Испытательное оборудование для определения параметров электромагнитной совместимости. | - | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | - | |
| 6 Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств. | Методики испытаний приборов и комплексов в соответствии с ГОСТ и правилами измерительной техники. | - | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | - | |
| 7 Фильтрация сетевых цепей питания электронных устройств. | Сглаживающие фильтры, фильтры дифференциальных и синфазных составляющих помех, энергетические фильтры, фильтры помех. | - | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | - | |
| Итого за семестр | | - | |
| Итого | | 8 | |

5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Контрольные работы

| № п.п. | Виды контрольных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|------------------|------------------------|-----------------|-------------------------|
| 4 семестр | | | |
| 1 | Контрольная работа | 2 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| Итого за семестр | | 2 | |
| Итого | | 2 | |

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| 4 семестр | | | |
| 5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств. | Испытания устройств электронной техники на устойчивость к импульсным помехам малой длительности. | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| Итого | | 4 | |

| | | | |
|--|--|---|------------------|
| 6 Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств. | Исследование на эмиссию промышленных помех источника питания ЭВМ по цепям питания. | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| Итого | | 8 | |

5.5. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|-----------------|-------------------------|
| 3 семестр | | | |
| 3 Распространение электромагнитных помех. Способы борьбы с электромагнитными помехами. Экранирование магнитных и электрических помеховых полей, а также расчет их эффективности. Экранирование коаксиальных кабелей и их подсоединения. | Распространение электромагнитных помех по портам питания. Частотные зависимости базовых элементов схем устройств, обоснование параметров и возникновение новых свойств. | 2 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 2 | |
| 4 семестр | | | |
| 5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств. | Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость, основные параметры исследуемых объектов. | 2 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 2 | |
| Итого | | 4 | |

5.6. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.7. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| 3 семестр | | | | |

| | | | | |
|---|--|----|------------------|---------------------|
| 1 Предмет, цель и структура курса электромагнитной совместимости | Подготовка к тестированию | 6 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 2 Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование. | Подготовка к тестированию | 18 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование |
| | Итого | 18 | | |
| 3 Распространение электромагнитных помех. Способы борьбы с электромагнитными помехами. Экранирование магнитных и электрических помеховых полей, а также расчет их эффективности. Экранирование коаксиальных кабелей и их подключения. | Подготовка к тестированию | 20 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование |
| | Итого | 20 | | |
| 4 Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, механических контактов реле). | Подготовка к тестированию | 18 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование |
| | Итого | 18 | | |
| Итого за семестр | | 62 | | |
| 4 семестр | | | | |
| 5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств. | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Лабораторная работа |
| | Итого | 22 | | |

| | | | | |
|--|--|-----|------------------|---------------------|
| 6 Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств. | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Лабораторная работа |
| | Итого | 22 | | |
| 7 Фильтрация сетевых цепей питания электронных устройств. | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Контрольная работа |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| Итого за семестр | | 56 | | |
| | Подготовка и сдача зачета | 4 | | Зачет с оценкой |
| Итого | | 122 | | |

5.8. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|--|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-3 | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование |
| ПК-5 | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование |
| ПК-6 | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование |

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: Учебное пособие / А. А. Тихомиров, В. И. Ефанов - 2012. 229 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/748>.

7.2. Дополнительная литература

1. Электромагнитная совместимость устройств промышленной электроники : Учебное пособие / А. Н. Селяев ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 245 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 238-245. (наличие в библиотеке ТУСУР - 75 экз.).

2. Электромагнитная совместимость: преднамеренные силовые электромагнитные воздействия: Учебное пособие / А. М. Заболоцкий, Т. Р. Газизов, С. П. Куксенко - 2018. 114 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8163>.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Селяев А.Н., Скворцов В.А. Башкиров В.Н. Загородских Е.В. Электромагнитная совместимость электронных устройств. Руководство к организации самостоятельной работы. —Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. —45 с (данные методические указания используются при проведении практических занятий) [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://ie.tusur.ru/docs/sva/ems_s.rar.

2. Скворцов В.А. Башкиров В.Н. Загородских Е.В. Электромагнитная совместимость электронных устройств. Методические указания к выполнению лабораторных работ 2016 (данные методические указания используются при проведении практических занятий). [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/sva/ems_1.rar.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория электромагнитной совместимости: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 030 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Источник постоянного тока 0-30 В, 0-3 А;
- Трансформатор 220-240 В. 16 А, 3000 Вт;
- Осциллограф цифровой Tektronix;
- Испытательный генератор микросекундных импульсных помех;
- Испытательный генератор наносекундных импульсных помех;
- Испытательный генератор электростатических разрядов;
- Радиоизмерительный комплект с антеннами;
- Измеритель импеданса цифровой;
- Персональный компьютер (2 шт.);
- Измеритель LCR (5 шт.);
- Анализатор спектра AgilentTechnologies;
- ВЧ генератор сигналов;
- Источник питания постоянного тока (2 шт.);
- Усилитель широкополосный (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория электромагнитной совместимости: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 030 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Источник постоянного тока 0-30 В, 0-3 А;
- Трансформатор 220-240 В. 16 А, 3000 Вт;
- Осциллограф цифровой Tektronix;
- Испытательный генератор микросекундных импульсных помех;
- Испытательный генератор наносекундных импульсных помех;
- Испытательный генератор электростатических разрядов;
- Радиоизмерительный комплект с антеннами;
- Измеритель импеданса цифровой;
- Персональный компьютер (2 шт.);
- Измеритель LCR (5 шт.);
- Анализатор спектра AgilentTechnologies;
- ВЧ генератор сигналов;
- Источник питания постоянного тока (2 шт.);
- Усилитель широкополосный (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;

- компьютеры;

- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;

- OpenOffice;

- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;

- 7-Zip;

- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|-------------------------|----------------|-------------------------------------|
| 1 Предмет, цель и структура курса электромагнитной совместимости | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование. | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

| | | | |
|---|------------------|---------------------|--|
| 3 Распространение электромагнитных помех. Способы борьбы с электромагнитными помехами. Экранирование магнитных и электрических помеховых полей, а также расчет их эффективности. Экранирование коаксиальных кабелей и их подсоединения. | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, механических контактов реле). | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств. | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств. | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Фильтрация сетевых цепей питания электронных устройств. | ПК-3, ПК-5, ПК-6 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|----------------------------|--|---|---|--|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|----------------------------|--|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне ориентирования , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на репродуктивном уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на системном уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Параметры импульсных сигналов: Варианты ответов
 - а). Амплитуда, частота.
 - б). Длительность, скважность импульсов.
 - в). Относительная длительность импульсов, частота, время фронта
 - г). Амплитуда, длительность, время фронтов, спад вершин
2. Частотный диапазон работы усилителя постоянного тока: Варианты ответов
 - а). $f_H = 0, f_V = f_1$
 - б). $f_H = f_1, f_V = f_2$.
 - в). $f_H = f_V = f$.
 - г). $f_H = 0, f_V = 0$
3. Задачи, решаемые стабилизатором напряжения: Варианты ответов
 - а). Компенсирует выходное напряжение при изменении сопротивления нагрузки
 - б). Поддерживает неизменным выходное напряжение при изменении входного
 - в). Обеспечивает неизменность выходной мощности
 - г). Обеспечивает постоянство сопротивления нагрузки
4. Свойство избирательного усилителя: Варианты ответов
 - а). Усиливает по постоянному току.
 - б). Ослабляет сигнал в заданном диапазоне частот.
 - в). Обладает коэффициентом усиления на заданной частоте
 - г). Повторяет входной сигнал .
5. Частотный диапазон работы избирательного усилителя: Варианты ответов
 - а). $f_H = 0, f_V = f_1$
 - б). $f_H = f_1, f_V = f_2$
 - в). $f_H = f_V = f$
 - г). $f_H = 0, f_V = 0$
6. Параметры обеспечиваемые эквивалентом сети: Варианты ответов
 - а). Сопротивление сети
 - б). Мощность сети
 - в). Импеданс сети
7. Частотный диапазон эквивалента сети NNB-12: Варианты ответов:
 - а) 50 Гц-150 кГц.
 - б) 150 кГц-30 МГц
 - в) 30 МГц-3 ГГц
8. Частотный диапазон работы селективного микро вольтметра SMV - 11: Варианты ответов:
 - а) 50 Гц-150 кГц.
 - б) 150 кГц-30 МГц
 - в) 30 МГц-3 ГГц
 - г) 9 кГц - 30 МГц
9. Измерительный импеданс эквивалента сети NNB -12: Варианты ответов:
 - а) 150 Ом
 - б) 75 Ом
 - в) 50 Ом
10. В каком частотном диапазоне проводится измерение квазипиковых импульсных напряжений радиопомех QPI:
 - а) 50 Гц-150 кГц.
 - б) 150 кГц-30 МГц
 - в) 30 МГц-3 ГГц
 - г) 10 кГц - 150 кГц
11. В каком частотном диапазоне проводится измерение квазипиковых импульсных напряжений радиопомех QPII :
 - а) 50 Гц-150 кГц.
 - б) 150 кГц-30 МГц
 - в) 30 МГц-3 ГГц
 - г) 10 кГц - 150 кГц
12. Измерения уровня помехи проводится на всём частотном диапазоне в каких единицах?

Варианты ответов

- а). Ом
 - б). В
 - в). дБ
 - г). А
13. Для проведения испытаний на стойкость электронной аппаратуры к электростатическим разрядам используются генераторы, имитирующие высоковольтный электростатический разряд. Варианты ответов
- а). ИГЭ 15.2
 - б). SMV 11
 - в). NNB-12
 - г). ИГМ 4.1
14. Для проведения испытаний на стойкость электронной аппаратуры используются имитационные генераторы высоковольтных импульсных помех, которые обладают возможностью введения кондуктивных помех на порты электропитания. Варианты ответов
- а). ИГЭ 15.2
 - б). SMV 11
 - в). NNB-12
 - г). ИГМ 4.1
15. Устройство необходимое для того, чтобы избежать попадания помех на оборудование, не подлежащее испытаниям, которое может быть подключено к тем же линиям электропитания. Варианты ответов
- а). УСР
 - б). ИТС
 - в). МИП
 - г). ФИ
16. Анализатор качества энергоснабжения МТ-1010 предназначен для измерения мощности, тока, напряжения, частоты, энергии, фазового сдвига, гармонических искажений. Укажите максимальное значение измеряемых гармоник. Варианты ответов
- а). 10
 - б). 40
 - в). 60
17. Результаты испытаний на стойкость к внешним воздействиям классифицируются, исходя из прекращения выполнения функций или ухудшения качества функционирования в сравнении с установленным уровнем. Укажите самый жесткий критерий качества функционирования -
- а). А
 - б). В
 - в). С
 - г). D
18. Параметры импульсной последовательности: Варианты ответов
- а). Амплитуда, частота.
 - б). Длительность, скважность импульсов.
 - в) Относительная длительность импульсов, частота, время фронта
 - г). Амплитуда, длительность, время фронтов, спад вершин
19. Что за помехи, которые представляют собой токи, текущие по проводящим конструкциям и земле. Варианты ответов:
- а). Кондуктивные помехи
 - б). Микросекундные импульсные помехи
 - в). Индуктивные помехи
 - г). Электромагнитные помехи
20. Что такое коммутационные переходные процессы? Варианты ответов
- а). Переключения в мощных системах электроснабжения
 - б). Резонансные колебания в электрических сетях
 - в). Дуговые разряды в электрических установках

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Защиты контактов механического ключа для снижения искрения .
2. Что такое индустриальная радиопомеха?
3. Что означает порт между ТС и внешней электромагнитной средой. Какими параметрами характеризуется качество электрической энергии?
4. Какая частота является граничной между НЧ и ВЧ помехой?
5. Дать определение нежелательному радиоизлучению.
6. Что такое избирательность радио устройства
7. Что такое фликкер и доза фликкера?
8. Чем отличаются симметричная и несимметричная электромагнитные помехи?
9. Эквивалентная глубина проникновения электромагнитного поля в материал экрана
10. Особенность экранов от магнитных полей низкочастотного диапазона.
11. Типы фильтров от радиопомех.
12. Помехоэмиссия от кабелей питания устройств промышленной электроники.
13. Частотные зависимости модуля и фазы импеданса реальных резисторов.
14. Возникновение ВЧ-помех в транзисторных широтно-импульсных преобразователях. Проверено в генераторе 19
15. Электрическая (емкостная) связь между системами.
16. Электромагнитная связь через общее сопротивление между системами.
17. Магнитная (индуктивная) связь между системами
18. Фильтр сетевого питания. Что такое синфазный дроссель и для чего он предназначен
19. Диодная защита для индуктивной нагрузки полупроводниковых преобразователей электрической энергии.
20. Электромагнитная совместимость систем и пути распространения помех между источником и рецептором

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Волновое сопротивление электромагнитного поля в ближней и дальней зоне излучения.
2. Чем характеризуется высокоомное и низкоомное поле в ближней зоне излучения.
3. Схемы замещения транзисторных широтно-импульсных преобразователей с учетом паразитных параметров
4. Влияние полосы пропускания приемников на измеряемый уровень радиопомех
5. Виды испытаний технических средств на помехоустойчивость.
6. В каких полосах частот измеряются напряжения и токи радиопомех, а в каких напряженности электрической и магнитной составляющих поля радиопомех
7. Что такое безэховая камера и для чего она необходима?
8. Чем характеризуется симметричная полосовая линия и для чего она нужна?
9. Для чего необходим эквивалент сети и какие они бывают.
10. Дать определение электромагнитной совместимости электротехнического оборудования
11. Дать определения квазипикового и пикового детекторов.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Испытания устройств электронной техники на устойчивость к импульсным помехам малой длительности.
2. Исследование на эмиссию индустриальных помех источника питания ЭВМ по цепям питания.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах;

пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|--|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;

- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ
протокол № 15 от «28» 10 2021 г.

СОГЛАСОВАНО:

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94- b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94- b533-6139893cfd5a |
| Начальник учебного управления | Е.В. Саврук | Согласовано, fa63922b-1fce-4а6а- 845d-9ce7670b004c |
| Декан ЗиВФ | И.В. Осипов | Согласовано, 126832c4-9aa6-45bd- 8e71-e9e09d25d010 |

ЭКСПЕРТЫ:

| | | |
|---------------------|----------------|--|
| Профессор, каф. ПрЭ | Н.С. Легостаев | Согласовано, 6332ca5f-c16e-4579- bbc4-ee49773dfd8d |
| Доцент, каф. ПрЭ | Д.О. Пахмурин | Согласовано, ce9e048a-2a49-44a0- b2ab-bc9421935400 |

РАЗРАБОТАНО:

| | | |
|---------------------------------|---------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ПрЭ | В.Н. Башкиров | Разработано, d915ccac-f16f-44fd- 9263-481885eaf50c |
|---------------------------------|---------------|--|