

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

**Авторы-составители: Лунегов Игорь Владимирович
Иванов Алексей Сергеевич**

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ
Код УМК 88891

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Теория электрической связи

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **11.03.02** Инфокоммуникационные технологии и системы связи
направленность Инфокоммуникационные технологии в сервисах и услугах связи

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Теория электрической связи** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (направленность :
Инфокоммуникационные технологии в сервисах и услугах связи)

ПК.8 умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (направленность: Инфокоммуникационные технологии в сервисах и услугах связи)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Теория электрической связи

1. Сообщения, сигналы и помехи, их математическое описание

Основные понятия и определения. Основные параметры сигналов. Системы связи и каналы связи. Эталонная модель взаимодействия открытых систем. Сигнал и его математическое описание. Амплитуда, частота, фаза гармонического сигнала. Представление сигналов в виде рядов ортогональных функций. Представление сигналов и помех рядом Фурье. Применение ряда Фурье действительной и комплексной переменной в контексте гармонического анализа линейных электрических цепей под действием сложных периодических сигналов. Преобразование Лапласа как дальнейшее усовершенствование преобразования Фурье. Спектральная функция и спектр сигнала. Спектры периодических импульсных сигналов (меандр, пилообразный сигнал). Теорема Котельникова и дискретное преобразование Фурье. Сигналы как случайные процессы. Характеристики случайного процесса. Белый, дробовой шум.

2. Методы формирования и преобразования сигналов

Модуляция сигналов. Амплитудная модуляция, однополосная (SSB) амплитудная модуляция. Угловая модуляция: частотная модуляция, фазовая модуляция. Спектры сигналов угловой модуляции. Формирование и детектирование сигналов с амплитудной и угловой модуляцией. Манипуляция сигналами. Временные и спектральные характеристики амплитудно- и частотно-манипулированных сигналов. Фазовая манипуляция сигналами. Системы связи с многопозиционной относительной фазовой манипуляцией. Квадратурная относительно-фазовая манипуляция.

3. Электрические линии передачи сигналов

Физическое описание процессов в линиях передачи с распределенными параметрами с позиции макроскопической теории электромагнитного поля. Математическое описание режимов работы длинной линии: телеграфные уравнения и решение волнового уравнения методом характеристик. Решение телеграфных уравнений для длинной линии с потерями электроэнергии, обсуждение работы длинной линии в режимах бегущей и стоячей волны. Условия Хэвисайда.

4. Теория передачи информации

Определение информации. Энтропия и производительность дискретного источника сообщений. Пропускная способность дискретного канала связи.

5. Сигналы с импульсной модуляцией

Методы импульсной модуляции. Спектральные характеристики импульсных методов модуляции. Помехоустойчивость непрерывных каналов связи с импульсной модуляцией. Цифровые методы передачи непрерывных сообщений. Передача сигналов с импульсно-кодовой (ИКМ) и дельта (ДМ) модуляцией. Квантование сигналов в системах с ИКМ и ДМ.

6. Алгоритмы цифровой обработки сигналов.

Дискретные сигналы и их спектры. Алгоритмы дискретного и быстрого преобразования Фурье (FFT).

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

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

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Батура, М. П. Теория электрических цепей : учебник / М. П. Батура, А. П. Кузнецов, А. П. Курулев ; под редакцией А. П. Курулев. — Минск : Вышэйшая школа, 2007. — 607 с. — ISBN 978-985-06-1364-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/20147>

2. Дьяконов, В. П. Электронные средства связи / В. П. Дьяконов, А. А. Образцов, В. Ю. Смердов. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2017. — 429 с. — ISBN 5-98003-220-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/90265>

Дополнительная:

1. Астайкин, А. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Том 2 : учебное пособие / А. И. Астайкин, А. П. Помазков. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2010. — 360 с. — ISBN 978-5-9515-0147-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/18445>

2. Астайкин, А. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Том 1 : учебное пособие / А. И. Астайкин, А. П. Помазков. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2010. — 344 с. — ISBN 978-5-9515-0142-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/18444>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ
Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Теория электрической связи** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- 1) презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
 - 2) доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
 - 3) доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - 4) интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта);
- Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1) офисный пакет приложений (текстовый процессор, программа для подготовки электронных презентаций);
 - 2) программа демонстрации видеоматериалов (проигрыватель);
 - 3) приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов.
- Дисциплина не предусматривает использование специального программного обеспечения.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
2. Для проведения занятий семинарского типа необходима аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
3. Для проведения текущего контроля необходима аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
4. Для проведения групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
5. Для проведения самостоятельной работы необходима аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Теория электрической связи**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.8 умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов</p>	<p>1. Знать универсальное свойство суперпозиции электрических напряжений (сигналов) в электрических линиях связи, основные параметры гармонических сигналов и связанные с ними методы модуляции и детектирования сигналов в системах связи, спектральные особенности электрических сигналов, подверженных различным типам модуляции, теорему Котельникова, основные характеристики случайного процесса, энергетические спектральные характеристики белого и дробового шумов, решение волнового уравнения для электрической цепи без активных потерь, определение, назначение и основные свойства длинных линий, использующихся в линиях электрической связи, особенности работы длинной линии в режиме бегущей волны и в режиме стоячей волны, формулу расчета коэффициента отражения электромагнитной волны от конца длинной линии, условия Хэвисайда для неискаженной передачи сигналов посредством длинной линии, алгоритм дискретного и быстрого преобразования</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Отсутствие знаний по теории электрической связи. Отсутствие умений анализа сложных сигналов. Отсутствие навыков расчета спектральных функций произвольных сигналов и параметров длинной электрической линии связи.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Частично сформированные знания основных понятий теории электрической связи. Частично сформированные умения анализировать сложные сигналы. Неуверенное применение навыков расчета спектральных функций произвольных сигналов и параметров длинной электрической линии связи.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных понятий теории электрической связи. Сформированные умения анализировать сложные сигналы. Успешное применение навыков расчета спектральных функций произвольных сигналов и параметров длинной электрической линии связи.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания основных понятий теории электрической связи. Полностью сформированные умения анализировать сложные сигналы. Успешное и систематическое применение навыков расчета спектральных функций произвольных сигналов и параметров длинной электрической линии связи.</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>Фурье.</p> <p>2. Уметь представлять спектрально сложные сигналы в виде суперпозиции гармонических сигналов (представление периодической функции в виде ряда Фурье), вычислять спектральную плотность сигнала (преобразования Фурье), решать волновое уравнение для линии с потерями, объяснить режимы работы длинной линии с помощью эшюров тока и напряжения в длинной линии в зависимости от типа нагрузки линии, применить быстрое преобразование Фурье для дискретизации непрерывного сигнала, применять импульсно-кодировую модуляцию в задачах о дистанционном управлении.</p> <p>3. Владеть методом расчета спектральной функции произвольного (гармонического, негармонического периодического, негармонического непериодического) сигнала, методом расчета режима работы длинной электрической линии связи, навыком применения дискретного и быстрого преобразования Фурье, в том числе при параллельных компьютерных вычислениях.</p>	

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 41 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 41 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	1. Сообщения, сигналы и помехи, их математическое описание Входное тестирование	

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.8 умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов</p>	<p>1. Сообщения, сигналы и помехи, их математическое описание Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Знать универсальное свойство суперпозиции электрических напряжений (сигналов) в электрических линиях связи, основные параметры гармонических сигналов и связанные с ними методы модуляции и детектирования сигналов в системах связи, спектральные особенности электрических сигналов, подверженных различным типам модуляции, теорему Котельникова, основные характеристики случайного процесса, энергетические спектральные характеристики белого и дробового шумов. Уметь представлять спектрально сложные сигналы в виде суперпозиции гармонических сигналов (представление периодической функции в виде ряда Фурье), вычислять спектральную плотность сигнала (преобразования Фурье). Владеть методом расчета спектральной функции произвольного (гармонического, негармонического периодического, негармонического непериодического) сигнала.</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.8 умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов</p>	<p>3. Электрические линии передачи сигналов Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Умения решение волнового уравнения для электрической цепи без активных потерь, определение, назначение и основные свойства длинных линий, использующихся в линиях электрической связи, особенности работы длинной линии в режиме бегущей волны и в режиме стоячей волны, формулу расчета коэффициента отражения электромагнитной волны от конца длинной линии, условия Хэвисайда для неискаженной передачи сигналов посредством длинной линии, алгоритм дискретного и быстрого преобразования Фурье. Умение решать волновое уравнение для линии с потерями, объяснить режимы работы длинной линии с помощью эюров тока и напряжения в длинной линии в зависимости от типа нагрузки линии, применить быстрое преобразование Фурье для дискретизации непрерывного сигнала, применять импульсно-кодую модуляцию в задачах о дистанционном управлении.</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.8 умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов</p>	<p>6. Алгоритмы цифровой обработки сигналов. Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Знание универсальных свойств суперпозиции электрических напряжений (сигналов) в электрических линиях связи, основных параметры гармонических сигналов и связанные с ними методы модуляции и детектирования сигналов в системах связи, спектральных особенности электрических сигналов, подверженных различным типам модуляции, теорему Котельникова, основных характеристик случайного процесса, энергетических спектральных характеристики белого и дробового шумов, решение волнового уравнения для электрической цепи без активных потерь, определение, назначение и основные свойства длинных линий, использующихся в линиях электрической связи, особенности работы длинной линии в режиме бегущей волны и в режиме стоячей волны, формулу расчета коэффициента отражения электромагнитной волны от конца длинной линии, условия Хэвисайда для неискаженной передачи сигналов посредством длинной линии, алгоритм дискретного и быстрого преобразования Фурье. 2. Умение представлять спектрально сложные сигналы в виде суперпозиции гармонических сигналов (представление периодической функции в виде ряда Фурье), вычислять спектральную плотность сигнала (преобразования Фурье), решать волновое уравнение для линии с потерями, объяснить режимы работы длинной линии с помощью эпюр тока и напряжения в длинной линии в зависимости от типа нагрузки линии, применить быстрое преобразование Фурье для дискретизации непрерывного сигнала, применять импульсно-кодую</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
		модуляцию в задачах о дистанционном управлении. 3. Владение методом расчета спектральной функции произвольного (гармонического, негармонического периодического, негармонического непериодического) сигнала, методом расчета режима работы длинной электрической линии связи, навыком применения дискретного и быстрого преобразования Фурье, в том числе при параллельных компьютерных вычислениях.

Спецификация мероприятий текущего контроля

1. Сообщения, сигналы и помехи, их математическое описание

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
-----------------------	-------

1. Сообщения, сигналы и помехи, их математическое описание

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12**

Показатели оценивания	Баллы
Знание спектральных особенностей электрических сигналов, энергетических спектральных характеристик белого и дробового шумов.	10
Знание энергетических спектральных характеристик белого и дробового шумов.	10
Знание универсальных свойств суперпозиции электрических напряжений (сигналов) в электрических линиях связи.	5
Знание основных параметров гармонических сигналов и связанные с ними методы модуляции и детектирования сигналов в системах связи.	5

3. Электрические линии передачи сигналов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12**

Показатели оценивания	Баллы
-----------------------	-------

Знание решения волнового уравнения для электрической цепи без активных потерь	10
Знание формулу расчета коэффициента отражения электромагнитной волны от конца длинной линии и условия Хэвисайда для неискаженной передачи сигналов посредством длинной линии.	10
Знание особенностей работы длинной линии в режиме бегущей волны и в режиме стоячей волны	10

6. Алгоритмы цифровой обработки сигналов.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Уметь представлять спектрально сложные сигналы в виде суперпозиции гармонических сигналов (представление периодической функции в виде ряда Фурье).	10
Уметь применять импульсно-кодировую модуляцию в задачах о дистанционном управлении.	10
Уметь объяснить режимы работы длинной линии с помощью эпюров тока и напряжения в длинной линии в зависимости от типа нагрузки линии.	10
Уметь решать волновое уравнение для линии с потерями.	10