



Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра антенн и устройств СВЧ

ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН

Программа, методические указания
и контрольные задания
для студентов специальности I-38 02 03
«Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Минск 2006

УДК 621.371 (075.8)
ББК 22.313 я 73
Т 33

С о с т а в и т е л и:
Д.В. Гололобов, Н.А. Чмырев

Теория колебаний и волн: Программа, метод. указания и контр. задания для студ. спец. I-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности» заоч. формы обуч. / Сост. Д.В. Гололобов, Н.А. Чмырев. – Мн.: БГУИР, 2006. – 20 с.

В методической разработке содержатся программа, методические указания и контрольные задания по курсу «Теория колебаний и волн». Приведены контрольные вопросы, которые помогают студентам самостоятельно овладеть курсом. Дана методика выбора и выполнения индивидуальной контрольной работы.

УДК 621.371 (075.8)
ББК 22.313 я 73

© Д.В. Гололобов, Н.А. Чмырев,
составление, 2006
© БГУИР, 2006

Содержание

1. ПРОГРАММА КУРСА

- 1.1. Основы теории колебаний
- 1.2. Основы волновой теории
- 1.3. Волны в направляющих структурах
- 1.4. Распространение электромагнитных волн

Литература

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Введение

- 2.1. Основы теории колебаний
- 2.2. Основы волновой теории
- 2.3. Волны в направляющих структурах
- 2.4. Распространение электромагнитных волн

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

- 3.1. Указания к выполнению контрольной работы
- 3.2. Контрольная работа

Библиотека БГУИР

1. ПРОГРАММА КУРСА

Введение

Место и назначение курса «Теория колебаний и волн» в подготовке специалистов по специальности «Техническое обеспечение безопасности». Основное содержание дисциплины. Обобщенная схема реального канала радиосвязи: место колебаний и волн в организации, полезные и вредные колебания, помехи, среда распространения волн. Круг задач, решаемых методами теории колебаний и классической электродинамики. Основные задачи курса.

1.1. Основы теории колебаний

1.1.1. Виды колебаний

Колебания, сигналы и информация. Классификация и основные характеристики колебаний. Детерминированные и случайные процессы. Обобщенный ряд Фурье. Системы базисных функций.

1.1.2. Гармонический анализ периодических колебаний

Спектральное представление периодических колебаний. Комплексная и тригонометрическая формы ряда Фурье. Амплитудный и фазовый спектры. Разложение сложного периодического колебания в ряд Фурье.

1.1.3. Гармонический анализ непериодических колебаний

Спектр непериодического колебания: амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики. Связь спектров периодического и непериодического колебаний. Свойства преобразования Фурье. Теоремы о спектрах. Распределение энергии в спектре.

1.1.4. Дискретизация колебаний

Теорема отсчетов. Ряд Котельникова. Связь ширины спектра колебания с временем дискретизации.

1.1.5. Модулированные колебания

Виды модуляции колебаний. Спектральное представление амплитудно-модулированных колебаний. Балансная и однополосная модуляция. Угловая модуляция. Фаза и мгновенная частота. Спектры колебаний с фазовой и частотной модуляциями: сходство и различие. Смешанная модуляция.

1.1.6. Общие сведения о случайных процессах

Первичные сведения о случайных величинах и процессах. Одномерная плотность вероятности и функция распределения. Моментные функции случайных процессов. Стационарные и нестационарные процессы. Эргодический процесс.

1.2. Основы волновой теории

1.2.1. Основные законы электродинамики

Вектор напряженности электрического поля и вектор электрической индукции. Материальные уравнения, диэлектрическая проницаемость, магнитная проницаемость, удельная проводимость. Плотность тока проводимости. Ток смещения и полный ток. Вектор напряженности магнитного поля и вектор магнитной индукции. Графическое изображение полей.

Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Закон сохранения заряда, уравнение непрерывности. Сторонние источники.

Классификация сред (линейные и нелинейные, изотропные и анизотропные, однородные и неоднородные). Идеальные диэлектрики и идеальные проводники. Относительность разделения сред на диэлектрики и проводники. Постановка задач электродинамики, граничные и начальные условия. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга.

1.2.2. Монохроматические электромагнитные поля

Уравнения Максвелла в комплексной форме, комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости. Закон сохранения энергии для монохроматического поля, комплексный вектор Умова-Пойнтинга.

Постановка задач для монохроматического поля, теорема единственности.

Уравнения Гельмгольца для векторов поля. Электродинамические потенциалы.

1.2.3. Плоская электромагнитная волна

Плоская волна в непроводящей среде. Фазовая скорость волны, волновое сопротивление среды. Поляризация волн. Плоская волна в среде с потерями. Коэффициент фазы и коэффициент затухания. Глубина проникновения. Дисперсия, групповая скорость.

Плоские волны в гиротропных средах (плазма и ферриты в постоянном магнитном поле). Продольное и поперечное распространение волн. Эффект вращения плоскости поляризации.

Падение волны на плоскую границу раздела сред. Законы Снеллиуса и формула Френеля. Полное отражение. Поверхностные волны. Угол полного преломления. Понятие о двойном преломлении при падении электромагнитных волн на границу с гиротропной средой. Особенности преломления волны в проводящих средах. Граничные условия Леонтовича. Потери энергии в проводнике, поверхностный эффект.

1.3. Волны в направляющих структурах

1.3.1. Волны в линиях передачи

Классификация и общие свойства направляемых волн. Быстрые и медленные волны.

Волны типа Т (TEM), Е (TM), Н (TE) и EH. Граничная задача для волноводов.

1.3.2. Волны в прямоугольном волноводе

Решение граничной задачи. Структура и свойства полей в волноводе. Типы волн, дисперсия, фазовая и групповая скорости распространения волн в волноводе. Основная волна H_{10} . Построение структуры поля волн высших типов. Концепция парциальных волн. Токи и заряды на стенках волноводов. П- и Н-образные волноводы.

1.3.3. Волны в волноводе с круглым сечением

Решение граничной задачи. Простейшие типы волн H_{11} , E_{01} , H_{01} . Построение структуры поля волн высших типов. Концепция парциальных волн.

1.3.4. Т-волны в линиях передачи

Коаксиальная линия. Основная волна Т. Понятие о высших типах волн в коаксиальной линии. Полосковые и микрополосковые линии.

1.4. Распространение электромагнитных волн

1.4.1. Излучение в свободном пространстве

Излучение заданных источников. Элементарные электрический и магнитный излучатели.

1.4.2. Дифракция в свободном пространстве

Дифракция Фраунгофера. Дифракция Френеля.

1.4.3. Способы распространения радиоволн

Пространственная и земная волны. Область пространства, существенная для РРВ.

1.4.4. Особенности распространения радиоволн в тропосфере

Строение атмосферы Земли. Виды рефракции. Влияние тропосферы на характер РРВ.

1.4.5. Распространение радиоволн в ионосфере

Распространение волн в ионизированном газе. Волны в ионосфере.

Литература

Основная:

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Сов. радио, 1977.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высш.шк., 1988.
3. Надольский А.Н. Теоретические основы радиотехники. – Мн.: БГУИР, 2005.
4. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Синицын А.К. Электродинамика и распространение радиоволн. – Мн.: Бестпринт, 2004.
5. Вольман В.И. Пименов Ю.В. Техническая электродинамика.– М.: Связь, 1971, 2002.
6. Семенов Н.А. Техническая электродинамика. – М.: Связь, 1973.
7. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. Т.1. – М.: Высш. Шк., 1970.
8. Фальковский О.И. Техническая электродинамика. – М.: Связь, 1978.

Дополнительная:

1. Горелик М.И. Колебания и волны. – М.: Наука, 1957.
2. Красюк П.Л. Дымович П.Д. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Высш. шк., 1974.
3. Ширман Я.Д. Радиоволноводы и объемные резонаторы. – М.: Связьиздат, 1959.
4. Гололобов Д.В., Кирильчук В.Б. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. Ч. 1: Распространение радиоволн. – Мн.: БГУИР, 2004.
5. Гололобов Д.В., Кирильчук В.Б. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. Ч. 2: Фидерные устройства. – Мн.: БГУИР, 2005.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Введение

Особое внимание следует уделить анализу обобщенной структурной схемы реального канала радиосвязи, преобразованиям в ней колебаний и волн. Необходимо отдельно рассмотреть вопросы, связанные со средой, где происходит распространение электромагнитных волн, а также обратить внимание на усвоение положения о реальности существования электромагнитного поля как одной из форм материи.

Контрольные вопросы

1. Колебания и волны в обобщенной структуре канала радиосвязи.
2. Поле электромагнитной волны как одна из форм существования материи. Условность разделения электрического и магнитного полей.

2.1. Основы теории колебаний

2.1.1. Виды колебаний

Необходимо различать понятия колебания и сигнала. Изучить виды колебаний: по способу формирования – непрерывный, дискретный, квантованный, цифровой; по характеру изменения во времени – детерминированный и случайный; по характеру изменения управляющего колебания (модуляции) – амплитудная, угловая, смешанная; по амплитудному изменению во времени – декрементный, инкрементный, незатухающий и др.

При аналитическом описании колебаний используется либо его зависимость от времени (временное представление), либо частотное представление (спектральное представление). При анализе сложных колебаний пользуются их разложением по системе ортогональных функций, называемым обобщенным рядом Фурье.

Анализ случайных процессов невозможен без использования статистических методов.

Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию колебаний. Для каких целей применяются детерминированные колебания?
2. Как может быть описано детерминированное колебание?
3. Что такое система ортогональных функций?
4. Что такое обобщенный ряд Фурье?

2.1.2. Гармонический анализ периодических колебаний

Особое внимание следует обратить на понятия спектр, гармоника (основная, высшая, комбинационная), а так же на то, как трансформируются спектральные характеристики гармонического колебания при изменении его амплитудных и временных параметров.

Для описания сложного периодического колебания применяется ряд Фурье. Как правило, в этих целях используют систему гармонических колебаний. Следует четко уяснить частотные характеристики колебаний – амплитудный и фазовый спектры. Изучить спектры периодической последовательности импульсов.

Контрольные вопросы

1. Что такое основная и высшие гармоники?
2. Что такое амплитудный и фазовый спектры колебания?
3. Поясните смысл коэффициентов ряда Фурье.
4. Как изменится амплитудный спектр гармонического колебания, если его период увеличить в два раза?

2.1.3. Гармонический анализ непериодических колебаний

Для описания непериодических колебаний используются преобразования Фурье: прямое позволяет перейти из временной области в частотную; обратное – из частотной во временную. Спектр непериодического колебания представляется либо в комплексном виде, либо в виде частотной зависимости модуля спектральной плотности и фазовой компоненты, называемых амплитудно-частотная (АЧХ) и фазочастотная (ФЧХ) характеристики.

Следует установить связь спектров периодического и непериодического колебаний. Изучить спектральный состав одиночного импульса, а также свойства преобразования Фурье, теоремы о спектрах: сложения, запаздывания, масштаба, дуальности, производной и интеграла, энергий. Изучить вопрос о распределении энергии в спектре.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяется прямое и обратное преобразования Фурье?
2. Что такое АЧХ и ФЧХ колебания?
3. Какая связь существует между спектрами периодического и непериодического колебаний? В чем отличие этих спектров?
4. Сформулируйте теоремы масштаба, запаздывания, дуальности.
5. Сформулируйте теоремы сложения, производной, интеграла, энергий.

2.1.4. Дискретизация колебаний

Обратить внимание на практическую значимость ряда Котельникова как основы построения многоканальных систем передачи информации с временным разделением каналов.

Контрольные вопросы

1. Запишите ряд Котельникова.
2. Какой практический смысл имеет теорема отсчетов?

2.1.5. Модулированные колебания

Модулированные колебания представляют собой высокочастотные колебания, в которых другое информационное колебание закладывается в одном или нескольких его параметрах. При изучении модулированных колебаний надо иметь представление о их формах во временной и частотной областях: амплитудно-модулированных (АМ), частотно(ЧМ)- и фазомодулированных (ФМ) колебаний, их векторных диаграммах. Изучить балансную и однополосную АМ. Обратить внимание на взаимосвязь полной фазы и частоты, сходство и различие колебаний с фазовой и частотной модуляциями. Необходимо знать, как определяется ширина и амплитудные значения составляющих спектров АМ, ЧМ и ФМ.

Контрольные вопросы

1. Что такое модуляция. Какие виды модуляции существуют?
2. Приведите аналитические выражения для АМ-, ЧМ- и ФМ-колебаний при тональной модуляции.
3. Что такое балансная и однополосная АМ?
4. Как связаны между собой мгновенные фаза и частота?
5. Как определяются ширина АМ-, ЧМ- и ФМ-колебаний?

2.1.6. Общие сведения о случайных процессах

Исходным материалом для статистической обработки случайных колебаний является их представление в виде набора реализаций. Оценка реализаций и случайных величин производится с помощью моментов первого и второго порядков – математического ожидания, дисперсии и др., а также плотностью вероятности и функцией распределения.

Случайные процессы разделяют на стационарные и нестационарные. Анализ первых проще, т.к. их вероятностные характеристики не меняются при изменении начала отсчета. Эргодический процесс имеет большее ограничение,

поскольку при этом усреднение по ансамблю реализаций может быть заменено усреднением во времени в пределах одной реализации.

Контрольные вопросы

1. Какие характеристики используются для описания случайных колебаний?
2. Что такое реализация случайного процесса, ансамбль реализаций?
3. Дайте определение стационарного и нестационарного процессов.
4. Что такое эргодический процесс?

2.2. Основы волновой теории

2.2.1. Основные законы электродинамики

Необходимо знать: определения векторов электромагнитного поля \vec{E} , \vec{D} , \vec{B} , \vec{H} и связь между ними; классификацию сред по макроскопическим параметрам (линейные и нелинейные, однородные и неоднородные, изотропные и анизотропные); физический смысл уравнений Максвелла и их запись в интегральной и дифференциальной формах.

Изучая уравнения Максвелла при наличии сторонних токов и зарядов, необходимо разобраться в сущности понятия сторонних сил и формах их задания (сторонние заряды, ток, напряженность поля). Надо уметь классифицировать электромагнитные явления по характеру их изменения во времени (переменные, статические, стационарные и квазистационарные поля).

Контрольные вопросы

1. Определение векторов электромагнитного поля \vec{E} , \vec{D} , \vec{B} , \vec{H} .
1. Первое и второе уравнения Максвелла и их физический смысл.
3. Ток проводимости и ток смещения.
4. Третье и четвертое уравнения Максвелла и их физический смысл.
5. Уравнение непрерывности и закон сохранения заряда.
9. Классификация электромагнитных явлений по характеру их изменения во времени.
10. Понятие о сторонней напряженности поля, сторонних токах и зарядах; запись уравнений Максвелла с учетом этих величин.

2.2.2. Монохроматические электромагнитные поля

Важным для практики является изучение переменного электромагнитного поля, изменяющегося по синусоидальному периодическому (гармоническому) закону. Зная законы, описывающие поведение гармонического (или, как часто

называют, монохроматического) поля, можно с помощью спектрального анализа найти электромагнитное поле, изменяющееся во времени по более сложному закону. Поэтому необходимо усвоить запись уравнений Максвелла для монохроматического поля в комплексной форме, выяснить смысл введения комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей, тангенса угла потерь; знать критерий деления сред на проводники и диэлектрики.

Контрольные вопросы

1. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды, тангенс угла потерь. Критерий деления сред на проводники и диэлектрики.
2. Система уравнений Максвелла для монохроматического поля в комплексной форме.

2.2.3. Плоская электромагнитная волна

При изучении плоских волн необходимо помнить, что векторы \vec{E} и \vec{H} электромагнитной волны перпендикулярны друг другу и изменяются во времени и пространстве по гармоническим законам. В идеальной диэлектрике волны не затухают. В реальной же среде распространение волны всегда связано с затуханием. Обратите внимание на то, что параметры волны в среде без потерь не зависят от частоты, а в среде с проводимостью зависят. Зависимость свойств волны от частоты называется дисперсией. Запомните определение фазовой скорости, коэффициента фазы и затухания, скорости переноса энергии, волнового сопротивления.

Среды, свойства которых различны по разным направлениям, называют анизотропными; в таких средах векторы \vec{P} и \vec{E} , \vec{D} и \vec{E} , а также \vec{M} и \vec{H} , \vec{B} и \vec{H} могут быть непараллельными, и по крайней мере один из этих параметров является тензором.

В ферромагнитных средах тензором является магнитная проницаемость. В постоянном магнитном поле один из видов магнетиков – феррит – становится анизотропной средой по отношению к переменному полю. В данном разделе следует обратить внимание на физическую природу анизотропии. Знать уравнения Максвелла для анизотропных сред.

Контрольные вопросы

1. Определение однородной плоской волны. Выражение для векторов \vec{E} и \vec{H} этой волны.
2. Напишите выражения для фазовой скорости, длины волны, волнового числа, комплексного вектора Пойнтинга и волнового сопротивления в средах с потерями и без потерь.

3. Коэффициент фазы и коэффициент затухания; фазовая скорость и длина волны в среде с малыми и большими потерями.

4. Физическая природа анизотропии. Примеры анизотропных сред.

5. Анизотропные магнетики. Тензор магнитной проницаемости и смысл его составляющих.

6. Зависимость составляющих тензора магнитной проницаемости феррита от напряженности поля подмагничивания. Ферромагнитный резонанс.

7. Фазовые скорости и поляризация волн в продольно-намагниченном феррите.

8. Эффект Фарадея. Вращение плоскости поляризации. Необратимость эффекта Фарадея.

9. Фазовые скорости и поляризация волн в поперечно-намагниченном феррите.

2.3. Волны в направляющих структурах

Необходимо рассмотреть системы для передачи энергии электромагнитного поля, такие, как прямоугольный и круглый волновод, коаксиальную линию, полосковые и микрополосковые линии. Следует усвоить методы решения волновых уравнений для продольной составляющей основных волн и уметь определить поперечные составляющие, а также уметь изображать структуры полей в прямоугольном и круглом волноводах.

Иметь четкое представление о параметрах направляющих систем и параметрах направляемых волн (фазовая и групповая скорости, длина волны, коэффициент фазы, критическая частота, характеристическое сопротивление).

Контрольные вопросы

1. Типы направляющих систем и требования, предъявляемые к ним.
2. Классификация направляемых волн.
3. Волновые уравнения для направляемых волн.
4. Решение волнового уравнения для продольной составляющей в прямоугольном волноводе.
5. Структура поля и параметры волн электрического и магнитного типа в прямоугольном волноводе.
6. Решение волнового уравнения для E- и H-волн в круглом волноводе.
7. Структура полей и основные параметры волн типа E и H в круглом волноводе.
8. Токи на стенках волноводов при распространении различных типов волн.
9. Структура полей и условия их существования в коаксиальной линии.
10. Параметры полосковых и микрополосковых линий. Технология изготовления микрополосковых линий. Применение микрополосковых линий.

2.4. Распространение электромагнитных волн

2.4.1. Излучение в свободном пространстве

Необходимо уяснить понятие излучения, как находится поле излучения при решении неоднородных уравнений Гельмгольца.

Для описания полей вводится понятие элементарных излучателей, поэтому необходимо иметь представления о элементарных электрическом и магнитном источниках, элементарной площадке Гюйгенса, ближней и дальней зонах излучения.

Контрольные вопросы

1. Как определяется поле излучения при заданном распределении тока на излучателе?
2. Что такое диполь Герца, элементарный магнитный излучатель, элементарная излучающая площадка?
3. Как определяется ближняя и дальняя зоны излучения?

2.4.2. Дифракция в свободном пространстве

Необходимо знать содержание задач дифракции, понятия внутреннего и внешнего полей дифракции. Изучить дифракцию плоской волны на отверстии в экране.

Контрольные вопросы

1. Какие задачи дифракции решаются в электродинамике?
2. Что такое дифракция Фраунгофера?
3. Что такое дифракция Френеля?

2.4.3. Способы распространения радиоволн

Необходимо иметь представление о пространственной и земной волнах. Рассмотреть вопросы РРВ в случаях антенн, расположенных у поверхности земли и поднятых над поверхностью земли. Уметь определять амплитуду поля в дальней зоне, а также расстояние прямой видимости.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается суть метода зеркального изображения?
2. Как определяется расстояние прямой видимости?
3. Что такое зоны Френеля?

2.4.4. Особенности распространения радиоволн в тропосфере

Атмосфера по высоте содержит три области – тропосферу, стратосферу и ионосферу. Поэтому необходимо знать высоты, в пределах которых расположены данные слои атмосферы, их примерный состав и свойства. Знать виды рефракции – отрицательную, положительную, нормальную, сверхрефракцию; замирания, возникающие при тропосферном РРВ.

Контрольные вопросы

1. Что такое рефракция радиоволн?
2. Какие виды рефракций вы знаете?
3. Какие виды замираний вы знаете?
4. Методы повышения устойчивости сигнала.

2.4.5. Распространение радиоволн в ионосфере

Следует иметь представление о распространении волн в ионизированном газе, о механизмах ионизации и рекомбинации. Необходимо знать электродинамические параметры ионосферы, преломление и отражение радиоволн в ионосфере.

Контрольные вопросы

1. Состав ионосферы.
2. Какие степени ионизации вы знаете?
3. Что такое обыкновенная и неординарная волны?
4. Сформулируйте закон секанса.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

3.1. Указания к выполнению контрольной работы

Контрольные задания составлены в 100 вариантах. Вариант задания определяется двумя последними цифрами номера студенческого билета:

m – предпоследняя, n – последняя.

При выполнении контрольной работы студент должен придерживаться следующих правил:

1. Прежде чем выполнять какой-либо расчет, укажите его цель, дайте ссылку на источник, откуда берете расчетные соотношения (номер литературы по списку), и номер формулы.

2. Поясните все вновь вводимые значения.

3. Напишите общую формулу, подставьте в нее числовые значения известных величин, приведите результаты промежуточных вычислений и конечный результат. В промежуточных вычислениях размерности величин не указываются; в конечном результате приведение размерности обязательно.

4. Все величины должны выражаться в стандартных единицах Международной системы единиц СИ.

5. Все расчеты должны выполняться с точностью до третьей значащей цифры.

6. Определение векторных величин следует сопровождать рисунком с указанием направления векторов.

7. Графики строятся на миллиметровой бумаге. Они должны содержать стандартный масштаб, размерности величин и расчетные точки. Рисунки должны быть разборчивыми.

8. При выполнении контрольной работы необходимо указывать номер студенческого билета и номер варианта.

9. В конце работы следует привести список использованной литературы и расписаться.

3.2. Контрольная работа

Задача 1. Задана периодическая последовательность импульсов различной формы (рис. 3.1– 3.6), параметры которых определены в табл. 3.1, 3.2.

Требуется:

1. Разложить заданную последовательность импульсов в ряд Фурье, определить гармонические составляющие амплитудного и фазового спектров.

2. Построить графики спектров амплитуд и начальных фаз.

3. Рассчитать мощности гармонических составляющих на сопротивление 1 Ом и построить график спектра их мощностей.

4. Рассчитать и построить графики АЧХ и ФЧХ заданных непериодических импульсов, положив $T = \infty$.

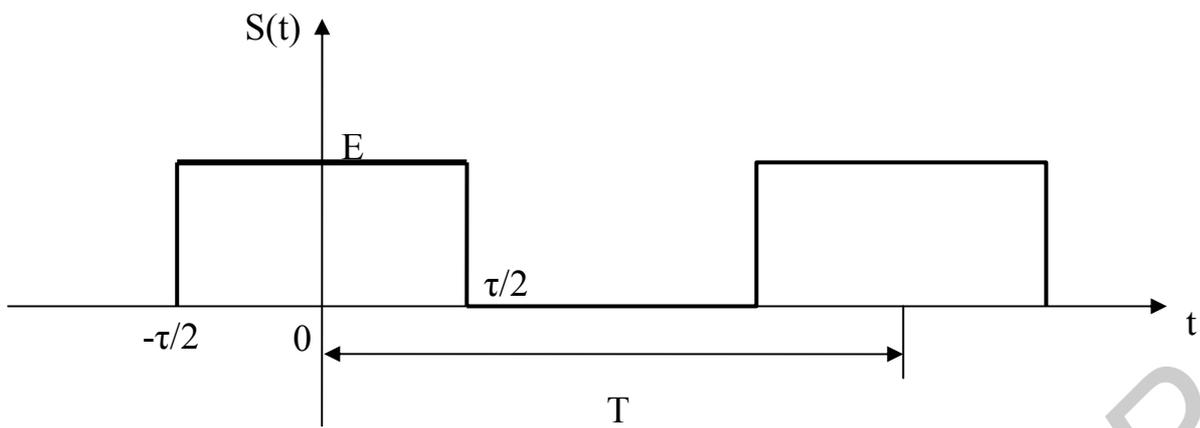


Рис. 3.1

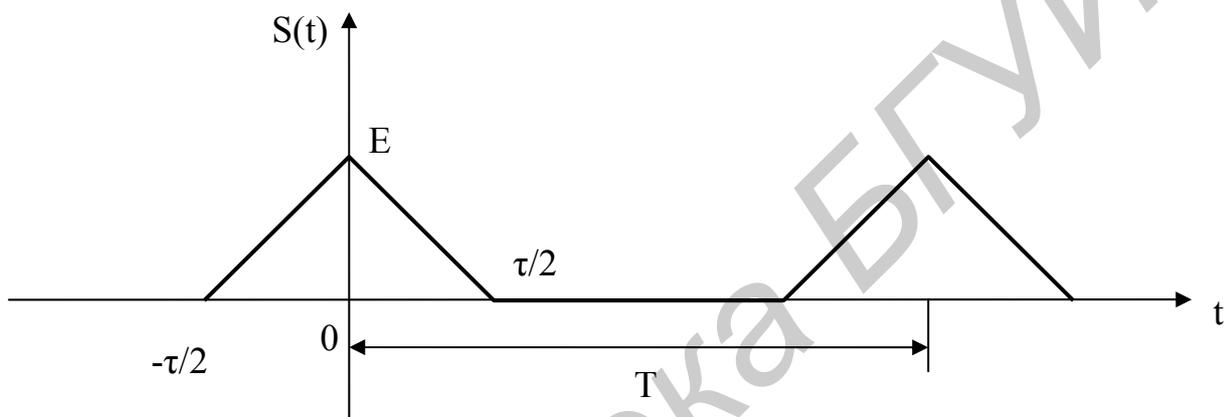


Рис. 3.2

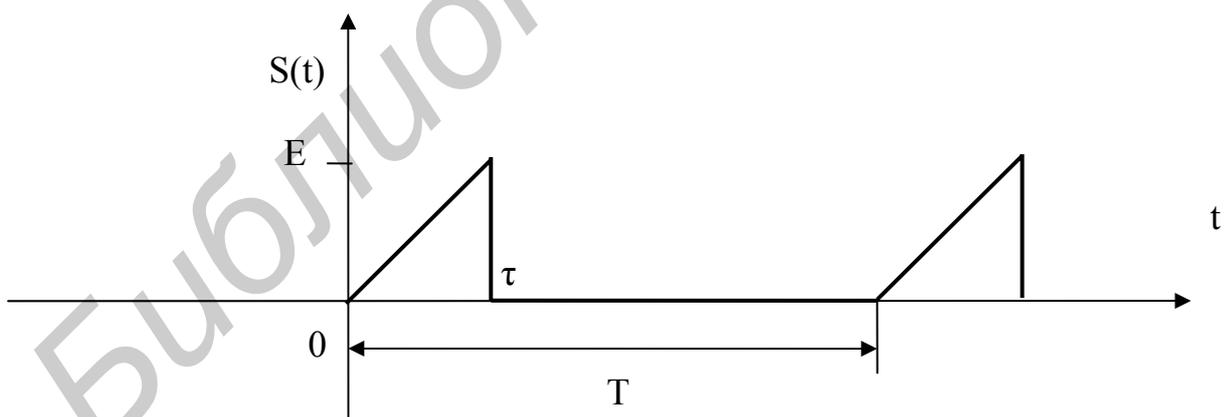


Рис. 3.3

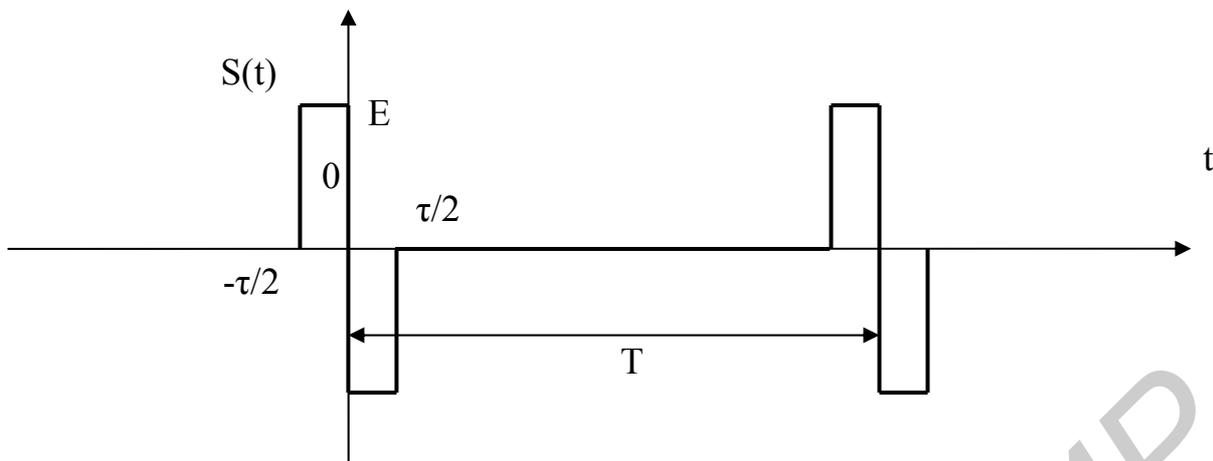


Рис. 3.4

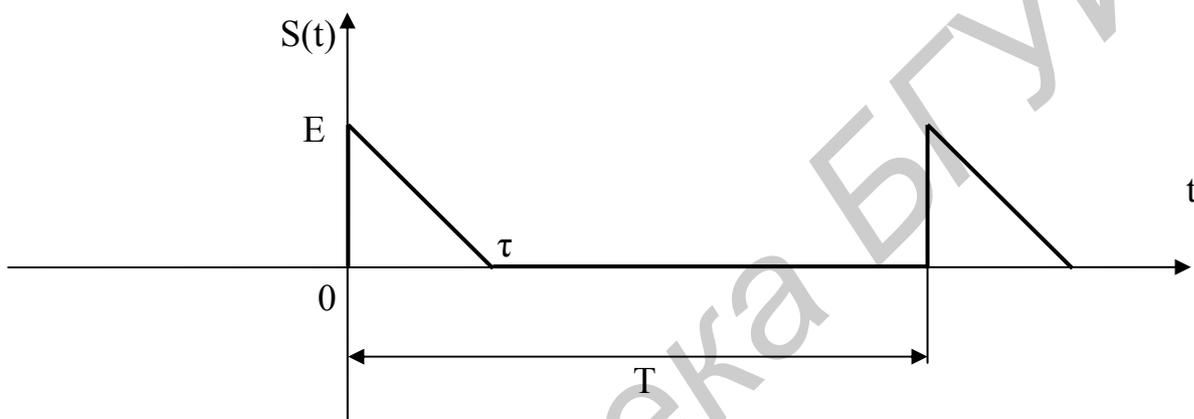


Рис. 3.5

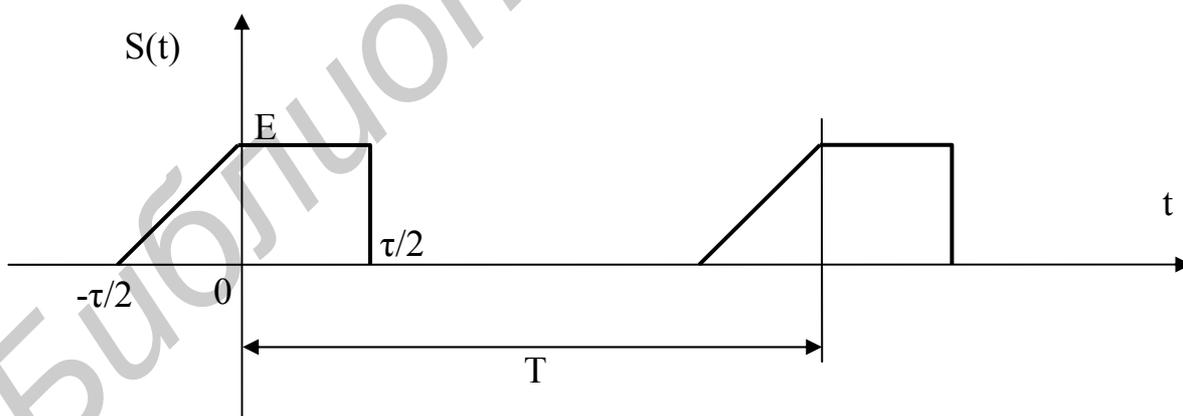


Рис. 3.6

Аналитическое описание заданных фрагментов функций во времени приведенных рисунков:

рис. 3.1 $S(t) = E$ при $-\tau/2 \leq t \leq \tau/2$,
 $S(t) = 0$ при $t > \tau/2, t < -\tau/2$;

рис. 3.2 $S(t) = \frac{2E}{\tau}(t + \tau/2)$ при $-\tau/2 \leq t \leq 0$,
 $S(t) = \frac{2E}{\tau}(t - \tau/2)$ при $0 \leq t \leq \tau/2$,
 $S(t) = 0$ при $t < -\tau/2, t > \tau/2$;

рис. 3.3 $S(t) = \frac{Et}{\tau}$ при $0 \leq t \leq \tau$,
 $S(t) = 0$ при $t < 0, t > \tau$;

рис. 3.4 $S(t) = E$ при $-\tau/2 \leq t \leq 0$,
 $S(t) = -E$ при $0 \leq t \leq \tau/2$,
 $S(t) = 0$ при $t < -\tau/2, t > \tau/2$;

рис. 3.5 $S(t) = E(1 - \frac{t}{\tau})$ при $0 \leq t \leq \tau$,
 $S(t) = 0$ при $t > \tau, t < 0$;

рис. 3.6 $S(t) = \frac{2E}{\tau}(t + \tau/2)$ при $-\tau/2 \leq t \leq 0$,
 $S(t) = E$ при $0 \leq t \leq \tau/2$.

Таблица 3.1

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рис.	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.3	3.4	3.1	3.2

Таблица 3.2

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
E, В	5	1	2	5	10	5	2	8	4	3
τ , мкс	10	5	10	20	25	30	35	40	45	50

Задача 2. Для заданных видов и параметров модуляции (табл. 3.3, 3.4) построить графики спектров модулированных колебаний.

Виды модуляции:

– амплитудная (АМ):

$$S(t) = E[1 + M \cos(2\pi Ft)] \cos(2\pi f_0 t);$$

– частотная (ЧМ):

$$S(t) = E \cos[2\pi f_0 t + \beta \sin(2\pi Ft)],$$

где E и f_0 – амплитуда и частота высокочастотного (несущего) колебания;

F – частота модулирующего (низкочастотного) колебания;

M – коэффициент амплитудной модуляции;

β – индекс угловой модуляции.

Таблица 3.3

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вид модуляции	АМ	ЧМ	АМ	ЧМ	АМ	ЧМ	ЧМ	АМ	АМ	ЧМ
M	0,1		0,3		0,5			1,0	0,8	
β		2,4		3,8		5,4	10			12

Таблица 3.4

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
E , В	5	10	20	5	10	5	20	15	14	12
F , кГц	15	5	10	3	15	20	5	4	10	5
f_0 , МГц	5	1	2	3	4	5	10	5	4	3

Требуется:

1. Рассчитать амплитудные и частотные значения составляющих спектров модулированных колебаний.

2. Построить графики амплитудного и фазового спектров модулированного колебания.

3. Определить практически учитываемую ширину спектра колебания.

Задача 3. В прямоугольном волноводе, выполненном из идеально проводящего материала, с поперечными размерами $a \times b$ (табл. 3.5) и типом волны (табл. 3.6) требуется:

1. Определить критическую и выбрать рабочую длину волны в волноводе.

2. Выписать компоненты поля волны заданного типа.

3. Изобразить графически эпюры распределения векторов \vec{E} и \vec{H} вдоль соответствующих сторон волновода. Нарисовать эскиз, иллюстрирующий распределение токов проводимости и токов смещения.

4. Рассчитать передаваемую мощность, если амплитуда электрической составляющей поля в пучности равна 1 В/м, а также предельно допустимую мощность ($E_{\text{проб}} = 3 \cdot 10^6$ В/м).

5. Рассчитать значения фазовой и групповой скоростей волны в волноводе.

6. Определить типы волн, которые могут при выбранной длине волны распространиться в данном волноводе, а также при длине волны в четыре раза меньшей, чем выбранная.

Таблица 3.5

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a, м	0,02	0,02	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,08	0,05	0,02
b, м	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,05	0,02

Таблица 3.6

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип волн	H ₁₀	H ₂₀	H ₁₁	H ₁₂	H ₂₀	H ₁₁	H ₁₀	H ₂₀	H ₁₁	H ₁₀

Решение задачи целесообразно начинать с графического изображения структуры поля волны заданного типа. После этого необходимо выписать составляющие векторы напряженности электрического и магнитного поля изображаемой волны, учитывая закон, по которому они изменяются.

Учебное издание

ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН

Программа, методические указания
и контрольные задания
для студентов специальности I-38 02 03
«Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Составители:

Гололобов Дмитрий Владимирович,
Чмырев Николай Алексеевич

Редактор Т.П. Андрейченко
Корректор Н.В. Гриневич

Подписано в печать 05.05.2006.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,0.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 50 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 1,4.
Заказ 9.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131518 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6