

Учебная программа

Дисциплины «Основы радиоэлектроники»

Автор программы Орлов И.Я.

Содержание разделов дисциплины

1. Введение

Цели и задачи курса. Измерительный канал в экспериментальной радиофизике. Радиотехнический канал в информационных системах. Примеры обработки сигналов в радиоастрономии, акустике, телеметрии. Примеры синтеза сигналов в радиолокации, радиосвязи, системах защиты информации.

2. Введение в теорию радиотехнических сигналов

2.1. Классификация радиотехнических сигналов.

2.2. Спектральное представление сигналов. Ортогональные сигналы. Периодические сигналы и ряды Фурье. Обобщенный ряд Фурье. Тригонометрическая форма рядов Фурье. Комплексная форма рядов Фурье. Спектральное представление непериодических сигналов. Основные свойства преобразования Фурье. Спектральная плотность неинтегрируемых сигналов. Соотношение между длительностью сигнала и шириной его спектра.

2.3. Дискретизация и квантование сигнала. Ортогональные сигналы с ограниченным спектром. Теорема Котельникова для сигнала с ограниченным спектром. Теорема Котельникова для сигнала конечной длительности. База сигнала. Объем сигнала. Спектр дискретизированного сигнала.

2.4. Модулированные сигналы. Сигналы с амплитудной модуляцией. Спектр АМ сигнала. Сигналы с угловой модуляцией. Виды угловой модуляции. Сигналы с однотоновой угловой модуляцией. Спектральное разложение ЧМ и ФМ при малых индексах модуляции. Спектр сигнала с угловой модуляцией при произвольном значении индекса модуляции.

3. Основы теории радиотехнических цепей

3.1. Методы математического описания линейных стационарных цепей. Классификация линейных цепей. Элементы электрических цепей (двухполюсник, четырехполюсник, источники). I и II законы Кирхгофа. Метод контурных токов. Временной метод анализа четырехполюсников. Импульсная и переходная характеристики четырехполюсников. Интеграл Дюамеля. Спектральный метод анализа четырехполюсников. Частотный коэффициент передачи. Представление сигналов на плоскости комплексной частоты. Преобразования Лапласа. Передаточная функция $K(P)$ цепи.

3.2. Линейная фильтрация. Условие физической реализуемости четырехполюсников. Фильтрация нижних и верхних частот. Частотные и фазовые характеристики РС-фильтров нижних и верхних частот. Полосовая фильтрация. Последовательный колебательный контур. Векторная диаграмма. Энергетические соотношения. Частотная и фазовая характеристики. Параллельный колебательный контур. Векторная диаграмма. Энергетические соотношения. Частотная и фазовая характеристики. Сравнительные характеристики последовательного и параллельного контуров. Условия безыскаженной передачи сигнала через электрическую цепь.

3.3. Линейные нестационарные цепи. Линейные параметрические двухполюсники. Временные характеристики параметрических четырехполюсников.

3.4. Введение в теорию нелинейных цепей. Некоторые характеристики нелинейных элементов. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов. Нелинейное преобразование формы сигнала. Нелинейное преобразование спектра сигнала. Безинерционное нелинейное преобразование суммы гармонических колебаний. Комбинационные частоты. Эффект интермодуляции. Совместное воздействие на нелинейном элементе сигналов большой и малой амплитуд.

4. Преобразование сигналов радиотехническими цепями

4.1. Усиление сигналов. Общие сведения об усилителях. Принципы построения. Параметры усилителя. Аперидический усилитель. Биполярный и полевой транзисторы. Статические

характеристики транзисторов. Эквивалентные схемы апериодического усилителя. АЧХ и ФЧХ апериодического усилителя. Частотные искажения в апериодическом усилителе. Динамические характеристики усилителя. Нелинейные искажения в апериодическом усилителе.

4.2. Частотно-избирательные усилители. Эквивалентная схема частотно-избирательного усилителя. АЧХ и ФЧХ резонансного усилителя. Линейные искажения АМ колебания в резонансном усилителе. Нелинейные искажения в резонансном усилителе.

4.3. Обратные связи в усилителях. Передаточная функция линейной системы с обратной связью. Метод Найквиста. Критерий Найквиста устойчивости системы с обратной связью. Способы включения обратной связи в усилителях. Влияние обратной связи на свойства усилителя.

4.4. Генерация гармонических колебаний. Обобщенная схема автогенератора. Баланс амплитуд и баланс фаз. Самовозбуждение автогенератора с индуктивной обратной связью (линейное приближение). Стационарный режим автогенератора (квазилинейное приближение). Устойчивость стационарных режимов. Мягкое и жесткое самовозбуждение автогенератора.

4.5. Принципы получения модулированных колебаний. Амплитудная модуляция. Требования к цепям, осуществляющим амплитудную модуляцию. Получение амплитудной модуляции с применением нелинейных каскадов. Модуляция в параметрических цепях. Частотная модуляция. Параметрическое управление частотой генератора. Реактивный каскад на транзисторе.

4.6. Детектирование сигналов. Амплитудное детектирование. Детектирование нелинейными цепями. Ток детектирования. Детекторная характеристика. Детектирование слабых и сильных сигналов. Нелинейные искажения при детектировании АМ сигнала. Частотные искажения при амплитудном детектировании. Амплитудное детектирование параметрическими цепями. Фазовое детектирование. Фазовое детектирование параметрической системой. Фазовое детектирование нелинейными каскадами. Частотное детектирование.

4.7. Преобразование частоты. Преобразование спектра в нелинейном шестиполоснике. Прямое преобразование (линейное приближение по сигналу). Дополнительные каналы и интерференционные искажения при преобразовании частоты. Преобразование частоты (нелинейный режим по сигналу).

5. Аналоговая интегральная схемотехника

Усилители постоянного тока (УПТ). Особенности схемных решений УПТ. Дрейф УПТ. Способы повышения стабильности параметров УПТ. Дифференциальный усилительный каскад. Коэффициент передачи синфазной и дифференциальной компонент сигнала. Инвертирующий и неинвертирующий входы. Дрейф дифференциального каскада. Интегральные операционные усилители (ОУ) и функциональные узлы на их основе. Безинерционные линейные цепи на базе ОУ (повторитель напряжения, сумматор, масштабный усилитель). ОУ в инерционных линейных цепях (интегратор, дифференциатор, фазовращатель. Фильтрующие цепи).

Лабораторный практикум.

1. Аperiодический усилитель.
2. Нелинейные преобразования сигналов.
3. Автогенератор гармонических сигналов

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для ВУЗов. М.Высшая школа, 1988.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для ВУЗов. М.: Радио и связь, 1986.
3. Зернов Н.В., Карпов В.Г. Теория радиотехнических цепей. - М.: Энергия, 1972.
4. Минаев Е.И. Основы радиоэлектроники. - 1990.
5. Зиновьев А.Л., Филиппов Л.И. Введение в теорию специальных цепей. - М.: Высшая школа, 1968.
6. Алексеенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника: Учеб. пособие для ВУЗов - М.: Радио и

связь, 1990.

7. Калабеков Б.А., Мамзелев И.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. - М.: Радио и связь, 1987.

8. Орлов И.Я. Лекции по основам радиоэлектроники. ННГУ, 2005.

б) дополнительная литература:

1. Белецкий А.Ф. Основы теории линейных электрических цепей. - М.: Связь, 1967.

2. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Нелинейные цепи. - М.: Высшая школа, 1977

3. Заездный А.М., Гуревич И.В. Основы расчета радиотехнических цепей. Линейные цепи. - М.: Связь, 1973.

4. Заездный А.М. Основы расчета нелинейных и параметрических радиотехнических цепей. - М.: Связь, 1973.

5. Кривошеев В.И. Спектральное представление сигналов. Методические указания к практикуму по ТОР. – ННГУ, 1989.

6. Рыжаков С.М. Прохождение сигналов через линейные цепи. Методические указания к практикуму по ТОР. – ННГУ, 1989.

7. Шкелев Е.И. Схемотехника линейных усилителей. Методические указания. – ННГУ, 1991.

8. Рыжаков С.М. Колебательные контуры. Методические указания. – ННГУ, 1994.

Вопросы для контроля

1. Условие ортогональности сигналов.

2. Спектр периодического сигнала.

3. Спектр непериодического сигнала.

4. Основные свойства преобразования Фурье.

5. Спектральная плотность прямоугольного видеоимпульса, радиоимпульса.

6. Амплитудный спектр периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов, радиоимпульсов.

7. Теория Котельникова для сигнала с ограниченным спектром.

8. Спектр АМ сигнала.

9. Спектр ЧМ сигнала.

10. Первый и второй законы Кирхгофа для электрической цепи.

11. Интеграл Дюамеля.

12. Спектр сигнала на выходе четырехполюсника.

13. Нарисовать фильтр нижних частот, фильтр верхних частот и полосовой фильтр.

14. Нарисовать и объяснить график $|Z_{вх}|$ последовательного и параллельного колебательного контуров.

15. Условие безыскаженной передачи сигнала через электрическую цепь.

16. Основные свойства нелинейных цепей.

17. АЧХ и ФЧХ апериодического усилителя.

18. Положительная и отрицательная обратная связь.

19. Критерий Найквиста устойчивости цепи с обратной связью.

20. Нарисовать принципиальную схему апериодического усилителя.

21. Нарисовать принципиальную схему резонансного усилителя.

22. Нарисовать принципиальную схему автогенератора гармонических колебаний.

23. Нарисовать принципиальную схему амплитудного детектора.

24. Нарисовать принципиальную схему синхронного детектора (структурную).

25. Нарисовать принципиальную схему частотного детектора.

26. Нарисовать принципиальную схему фазового детектора.

27. Нарисовать принципиальную схему преобразователя частоты.

28. Нарисовать принципиальную схему эмиттерного повторителя.

29. Динамическая нагрузочная характеристика апериодического усилителя.

30. Правила идеального операционного усилителя.

31. Нарисовать схему включения инвертирующего ОУ напряжения.

32. Нарисовать схему включения неинвертирующего ОУ напряжения.

33. Линейные искажения в резонансном усилителе.

34. Мягкий и жесткий режим возбуждения. Средняя крутизна.
35. Частотные искажения при амплитудном детектировании.
36. Спектр на выходе амплитудного детектора.
37. Нарисовать и объяснить график коэффициента передачи преобразователя частоты.
38. Комбинационные каналы приема.