

Радіопередавальні пристрої систем зв'язку

1. Вступ

1.1. Об'єкт вивчення

Об'єкт изучения – структури сoвременных радиопередающих устройств систем связи (РПУ СС) различного назначения, схемы, устройства и математическое описание основных узлов РПУ СС, методы улучшения качественных и количественных показателей работы каскадов и устройств в целом, методики инженерного расчета РПУ СС и их основных звеньев. Экспериментальное исследование характеристик возбудителей, нелинейных усилителей мощности (НУМ) и модуляторов.

1.2. Предмет вивчення

Предмет изучения – основные особенности работы функциональных схем радиопередающих устройств (РПУ) и узлов, входящих в их состав.

1.3. Мета навчання

Цель обучения – уверенное использование студентами теории и практики конструирования современных РПУ СС.

В результате изучения курса студенты должны *знать*:

- структуры современных РПУ СС;
- принципы действия каскадов РПУ СС;
- схемы возбудителей, генераторов независимого возбуждения и модуляторов ВЧ колебаний;
- инженерные методики расчетов функциональных схем и основных узлов РПУ СС с использованием персональных компьютеров;

В результате изучения курса студенты должны *уметь*:

- пользоваться методиками инженерного расчета основных каскадов РПУ СС и справочной литературой по применяемым в них радиокомпонентам;
- самостоятельно знакомиться с отдельными разделами курса;
- пользоваться изученным материалом при проектировании;

В результате изучения курса студенты должны *иметь представление*:

- о новейших методах, применяемых при разработке современных РПУ СС;
- о современных методах моделирования каскадов и РПУ СС в целом;
- о назначении РПУ СС в современной радиоэлектронной аппаратуре, в том числе летательных аппаратов;

- о методах анализа и оптимизации устройств и узлов РПУ СС с использованием ПК.

Зміст дисципліни

Всього годин – 81, у тому числі аудиторна робота студентів – 45 годин, самостійна робота – 36 годин.

Розділ 1. Общие сведения об РПУ СС

Определение и классификация РПУ. Функциональная схема радиолинии и современного передатчика. Основные технические требования, предъявляемые к радиолиниям, РПУ СС и их блокам. Архитектура построения современных приёмопередатчиков средств связи. Рекомендованная литература (основная и дополнительная), указания по самостоятельной работе.

(Всього годин на вивчення розділу – 6, у тому числі аудиторна робота студентів – 4 години, самостійна робота – 2 години).

Розділ 1. Возбудители.

Классификация возбудителей РПУ. Физические процессы в автогенераторах (АГ). Обобщенная структурная схема АГ. Условия самовозбуждения, стационарный режим. Устойчивость колебаний по амплитуде и фазе. Виды схемных моделей КГ. Одноконтурные LC АГ. Классификация, эквивалентные (ЭС) и принципиальные схемы одноконтурных LC АГ. Влияние условно паразитных параметров на ЭС и работу АГ.

Основные причины изменения частоты АГ. Понятия эталонности и фиксирующей способности. Основные дестабилизирующие факторы, их влияние на частоту и меры борьбы с ними. Меры и оценки неустойчивости частоты. Виды колебательных систем (КС). Кварц как электромеханическая КС. Свойства кварца. Конструкция и технология изготовления кварцевого резонатора (КР). Эквивалентная электрическая схема КР, его параметры и характеристики. Многочастотные КР. Достоинства и недостатки КР. Классификация и эквивалентные схемы кварцевых генераторов (КГ). Принципиальные схемы КГ.

Классификация управляемых по частоте возбудителей РПУ. Основные параметры и характеристики возбудителей плавного диапазона. Одноканальная, интерполяционная и дифференциальная схемы. Классификация, эквивалентные и принципиальные схемы управляемых по частоте LC- и кварцевых автогенераторов.

Назначение и основные технические характеристики возбудителей дискретной сетки частот (ВДСЧ). Обобщенная структурная схема ВДСЧ. ВДСЧ пассивного синтеза (“кварц-волна”, на базе генератора гармоник, декадного тока, на базе идентичных декад).

Фильтрация в ВДСЧ. ВДСЧ активного синтеза: компенсационные и кольцевые. Принцип действия кольца фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). ВДСЧ активного синтеза на базе кольца ФАПЧ (аналогового и цифрового). ВДСЧ активного синтеза с делителем и гетеродинированием в тракте анализа кольца ФАПЧ. Каскадированные делители с переменным коэффициентом деления

(ДПКД) на базе логических микросхем. Примеры ВДСЧ серийно выпускаемых РПУ СС.

(Всього годин на вивчення розділу – 28 , у тому числі аудиторна робота студентів – 14 годин, самостійна робота – 12 годин).

Розділ 2. Управление колебаниями генераторов (модуляция)

Классификация модуляторов РПУ. Обобщенная структурная схема. Статические, динамические модуляционные характеристики при угловой модуляции. Спектры сигналов при угловой модуляции. Прямой и косвенный способы осуществления частотной и фазовой модуляции. Оценка коэффициента гармоник при частотной и фазовой модуляции.

Примеры принципиальных схем частотных и фазовых модуляторов. Методы повышения стабильности средней частоты модулированных колебаний (интерполяционная и на базе кольца АПЧ).

Однополосная модуляция (ОМ). Представление ОМ сигнала и оценка выигрыша по сравнению с АМ. Способы формирования ОМ сигнала. Фильтровый способ формирования ОМ сигнала.

Фазовый способ формирования SSB. Фазофильтровый и синтетический способы формирования ОМ сигнала. Устройства подавления несущей при формировании ОМ сигнала (схемы балансного и кольцевого балансного модуляторов).

Основные свойства манипулированного сигнала. Амплитудная манипуляция. Частотная манипуляция. Фазовая манипуляция и относительная фазовая телеграфия. Примеры схем осуществления манипуляции. Цифровые форматы модуляции (FSK, BPSK, QPSK, O-QPSK, $\pi/4$ -QPSK, GMSK).

(Всього годин на вивчення розділу – 26, у тому числі аудиторна робота студентів – 14 годин, самостійна робота – 12 годин).

Розділ 3. Нелинейные усилители мощности (НУМ)

Основные понятия, терминология, назначение и обобщенная структурная схема НУМ. Классификация и основные характеристики НУМ. Квазилинейная теория работы НУМ. Динамические характеристики НУМ. Классификация режимов работы НУМ по напряженности.

Нагрузочные и настроечные характеристики НУМ. Критический коэффициент использования напряжения источника питания.

Назначение и основные характеристики схем выхода НУМ. Простые схемы выхода. Фильтрация высших гармоник в схемах выхода НУМ. Сложные схемы выхода. КПД и коэффициент фильтрации в схемах выхода. Сравнительный анализ простых и сложных схем выхода НУМ. Энергетически оптимальные режимы работы НУМ в целом. Широкополосные схемы выхода НУМ.

Режим умножения частоты в НУМ. Схемы питания НАЭ НУМ. Принципиальные схемы НУМ. Параллельное включение НАЭ в НУМ. Двухтактное включение НАЭ в НУМ. Схемы сложения мощностей.

Полупроводниковые приборы и колебательные системы СВЧ. Генераторы с внешним возбуждением. Автогенераторы СВЧ (транзисторные на туннельных диодах и ЛПД). Умножители частоты. Методы модуляции и уплотнения каналов. Функциональные схемы передатчиков СВЧ. Устройства блокировки, защиты и сигнализации в РПУ СС.

(Всього годин на вивчення розділу – 23, у тому числі аудиторна робота студентів – 13 годин, самостійна робота – 10 годин).

3. Лабораторні роботи

- 1. Лабораторная работа № 1.** Моделирование на ЭВМ и расчеты кварцевых резонаторов (КР) и КР с корректирующими элементами, анализ и расчёты ТЧХ КР АТ-среза.
- 2. Лабораторная работа № 1а.** Исследование стабильности частоты транзисторного LC- и кварцевого генераторов.
- 3. Лабораторная работа № 2.** Расчет и оптимизация на ЭВМ управляемых по частоте одночастотных и разностных кварцевых генераторов.
- 4. Лабораторная работа № 2а.** Исследование характеристик управляемых кварцевых генераторов (УКГ).
- 5. Лабораторная работа № 3.** Моделирование на ЭВМ и оптимизация лестничных кварцевых фильтров.
- 6. Лабораторная работа № 3а.** Исследование дискретно-частотных возбудителей РПУ.
- 7. Лабораторная работа № 4.** Анализ на ЭВМ нелинейного усилителя мощности с П-контуром.
- 8. Лабораторная работа № 4а.** Исследование характеристик передатчика и режимов работы радиостанции Р-861.

4. Практичні заняття Не передбачені.

5. Курсовий проект Не передбачений

6. Рекомендована література

6.1. Основна література

1. Радиопередающие устройства. Под ред. М.В. Благовещенского, Г.М. Уткина. М.: Радио и связь, 1982.-408 с. Б25.
2. Петров Б.Е., Романюк Б.А. Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах. М., “Высшая школа”, 1989.–232 с. Б25.
3. Радиопередающие устройства / В.В. Шахгильдян и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна.–М.:Связь, 2003.–328 с. К1.
4. Путрайм Э.К. Судовые радиопередающие устройства. М.: Транспорт, 1985.–336 с. К1.
5. Муравьев О.Л. Радиопередающие устройства связи и вещания. М.: Радио и связь, 1983.–352 с. Б25.

6. Радиопередающие устройства. Под ред. Челнокова В.О. М.: Радио и связь, 1982.–256 с. К1.

6.2. Додаткова література

1. Шумилин М.С. Проектирование транзисторных каскадов передатчиков. М.: Радио и связь, 1983.–320 с. Б25.
2. Каганов В.И. Транзисторные радиопередатчики. М., “Энергия”, 1976.–448 с. Б25.
3. Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ. Под ред. О.В. Алексеева.– М., Радио и связь, 1987.– 392 с. К1.
4. Бадалов А.А., Михайлов А.С. Нормы на параметры электромагнитной совместимости РЭС. М., Радио и связь, 1990.– 272 с. К1.
5. Пьезоэлектрические резонаторы: Справочник / В.Г. Андросова, Е.Г. Бронникова, А.М. Васильев и др.; Под ред. П.Е. Кадыбы и П.Г. Позднякова. – М., Радио и связь, 1992.– 392 с. К1.
6. Альтшуллер Г.Б., Елфимов Н.Н., Шакулин В.Г. Кварцевые резонаторы: Справ. пособие. М.: Радио и связь, 1984.– 232 с. К1.

7. Контрольні питання

1. Архитектура построения современных приёмопередатчиков средств связи.
2. Классификация РПУ.
3. Состав и обобщенная функциональная схема РПУ.
4. Примеры функциональных схем РПУ СС (2-3 примера).
5. Классификация возбuditелей РПУ.
6. Модели АГ (структурная, эквивалентная, принципиальная).
7. Классификация и эквивалентные схемы одноконтурных LC АГ (с контуром в цепи ПОС).
8. Классификация и эквивалентные схемы одноконтурных LC АГ (трехточечные).
9. Схемы питания НАЭ АГ.
10. Принципиальные схемы (2-3 примера) одноконтурных LC АГ.
11. Виды колебательных систем. Кварц и его свойства.
12. Параметры и характеристики кварцевых резонаторов.
13. Влияние корректирующих элементов типа L и C на частоты, междурезонансный промежуток и крутизны вблизи частот последовательного и параллельного резонансов.
14. Классификация и эквивалентные схемы кварцевых генераторов. Подробно об эквивалентных схемах первого класса.
15. Классификация и эквивалентные схемы кварцевых генераторов. Подробно об эквивалентных схемах второго и третьего классов.
16. Принципиальные схемы КГ (3 примера разных классов).
17. Назначение, параметры и характеристики возбuditелей плавного диапазона.
18. Классификация и эквивалентные схемы одноканальных ВПД.
19. Принципиальные схемы управляемых по частоте АГ (2 примера – УЛСАГ и УКГ).

20. Принципиальная схема ДУКГ.
21. Дифференциальная и интерполяционная схемы построения ВПД.
22. Назначение, параметры и характеристики возбудителей дискретной сетки частот.
23. Состав и обобщенная функциональная схема ВДСЧ.
24. Фильтрация в ВДСЧ.
25. ВДСЧ пассивного синтеза (“кварц-волна”, “реактивность-волна”, на базе генератора гармоник).
26. ВДСЧ на базе идентичных декад.
27. ВДСЧ компенсационного типа.
28. Принцип действия кольца ФАПЧ.
29. Устройства на базе кольца ФАПЧ.
30. ВДСЧ на базе цифрового кольца ФАПЧ.
31. ВДСЧ на базе цифрового кольца ФАПЧ с гетеродинированием в тракте анализа.
32. Общие сведения об угловой модуляции.
33. Прямые и косвенные способы осуществления частотной и фазовой модуляции.
34. Принципиальные схемы частотно-модулированных АГ (2 примера ЧМГ LC и ЧМКГ).
35. Общие сведения об однополосной модуляции.
36. Фильтровый способ формирования однополосного сигнала.
37. Назначение и обобщенная функциональная схема НУМ.
38. Классификация и параметры НУМ.
39. Динамические характеристики НУМ.
40. Построение ДХ. Классификация НУМ по напряженности.
41. Нагрузочные характеристики НУМ.
42. Схемы выхода НУМ.
43. Примеры (2 схемы) принципиальных схем НУМ.
44. Цифровые форматы модуляции.

8. Форми та засоби проведення поточного та підсумкового контролю

- залік – усно;
- лабораторні роботи – здача викладачу.

Програму склав
доцент кафедри № 504

Шевелєв В.О.