

НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ПРИЕМ РАДИОСИНАЛОВ

1. Критерий Найквиста устойчивости петли обратной связи. Годограф петлевого усиления. Формы годографов петлевого усиления для петель с тремя интегрирующим цепями и колебательным контуром. Условия самовозбуждения автогенератора – баланс фаз и амплитуд. Оценивание частоты самовозбуждения.
2. Стационарная амплитуда колебаний автогенератора. Метод Ван-дер-Поля решения дифференциальных уравнений автоколебаний с нелинейным затуханием. Понятие о предельном цикле.
3. Схема автогенератора с колебательным контуром на дифференциальном усилителе. Анализ выполнения условий самовозбуждения. Оценка стационарной амплитуды колебаний.
4. Физическая природа неустойчивости частоты автогенератора. Фазовый шум. Пути повышения стабильности. Эквивалентная схема кварцевого резонатора. Пример схемы автогенератора с кварцевым резонатором.
5. Условия самовозбуждения трехточечного автогенератора. Емкостная и индуктивная трехточки. Пример автогенератора по схеме емкостной трехточки с кварцевым резонатором в роли индуктивности.
6. Пространство сигналов конечной энергии. Скалярное произведение, ортогональность сигналов. Норма сигнала, евклидово расстояние между сигналами. Неравенство Коши-Шварца. Согласованная фильтрация. Реализация коррелятора линейным согласованным фильтром. Оптимальность коррелятора по критерию максимума отношения сигнал/шум.
7. Амплитудные спектры сигналов. Свойства симметрии сигналов и их спектров. Синус/косинус преобразования. Теорема о сдвиге. Амплитудный спектр произведения сигналов, теорема о свертке.
8. Теорема о свертке. Описания линейной фильтрации во временной и частотной областях. Корреляционные функции, энергетические спектры. Совпадение скалярных произведений в частотной и временной областях. Тождество Парсевала.
9. Дискретизация сигналов. Спектр дискретизованного сигнала. Критерий Найквиста обратимости дискретизации. Ряд Котельникова. Амплитудный спектр периодического сигнала. Дискретизация по частоте.
10. Преобразование Гильберта. Квадратурные компоненты пространства сигналов, их ортогональность. Аналитические сигналы. Понятия о мгновенной амплитуде, фазе и частоте сигнала произвольной формы.
11. Комплексные огибающие сигналов. Построение комплексной огибающей вещественного сигнала. Формирование вещественного сигнала по комплексной огибающей. Связь между свойствами ортогональности в пространствах сигналов и комплексных огибающих. Когерентная и

- некогерентная ортогональности. Связь между метриками в пространствах вещественных сигналов и их комплексных огибающих.
12. Квадратурный модулятор как формирователь радиосигнала по комплексной огибающей. Способы перемножения сигналов. Перемножитель Гильберта.
 13. Квадратурный демодулятор как схема формирования комплексной огибающей радиосигнала. Понятие о когерентной и некогерентной обработке сигналов. Способы перемножения сигналов. Перемножитель Гильберта.
 14. Амплитудные методы аналоговой модуляции. Баллансая модуляция (БМ), амплитудно-баллансая модуляция (АМ), модуляция с одной боковой полосой (SSB). Методы демодуляции. Диодный детектор как некогерентный демодулятор АМ-сигнала.
 15. Фазовые методы аналоговой модуляции. Частотная модуляция. Схема частотного демодулятора на базе петли ФАП. Помехоустойчивость ЧМ.
 16. Преобразование частоты. Блок-схема преобразователя частоты. Понятие о зеркальном канале. Принцип супергетеродинного приема. Реализация преобразователя частоты на базе перемножителя Гильберта.
 17. Линейные методы цифровой модуляции. Созвездия PSK и QAM. Символьная (Бодовая) и битовая спектральные эффективности. Демодуляции линейного- модулированного сигнала. Требования к энергетическим характеристикам созвездия, их оптимизация.
 18. Выбор формы импульса для систем линейной модуляции. Спектры финитных во времени импульсов, достигаемые значения спектральной эффективности. Связь между шириной главного лепестка спектра и скоростью спада внеполосной энергии.
 19. Критерий Найквиста отсутствия межсимвольной интерференции. Импульс Найквиста. Предел спектральной эффективности для систем линейной модуляции.
 20. Модуляция с минимальным частотным сдвигом (MSK). Ее интерпретация как линейной модуляции со сдвинутыми квадратурными компонентами. Оценка ширины полосы и спектральной эффективности MSK-сигнала.
 21. Системы модуляции с памятью. Модулятор как конечный автомат. Диаграмма состояний-переходов. Решетчатая диаграмма. Алгоритм демодуляции Витерби. Относительная фазовая телеграфия.
 22. Относительная фазовая телеграфия (ОФТ) как пример решетчатой модуляции. Диаграмма состояний и решетчатая диаграмма для ОФТ. Демодуляция ОФТ по алгоритму Витерби. Инвариантность решений относительно ошибок на π в фазе несущей.
 23. Спектральный анализ сигналов бесконечной энергии. Корреляционная функция и спектр мощности сигнала линейной модуляции со случайным информационным потоком. Спектр мощности при некоррелированном информационном потоке. Использование корреляций информационных символов для корректировки формы спектра мощности сигнала.
 24. Радиолокационные сигналы. Корреляционная функция ЛЧМ сигнала. Радиолокационные сигналы с линейной модуляцией. Связь

- корреляционной функции сигнала линейной модуляции с корреляционной функцией символьной последовательности. Коды Баркера.
25. Корреляционная теория шумов. Стационарный случайный процесс, его корреляционная функция, спектральная плотность. Связь статистической и временной корреляционных функций, эргодический переход. Линейная фильтрация шумов. Спектральная плотность шума на выходе линейного фильтра.
 26. Теорема Винера-Хинчина о линейной фильтрации шума. Корреляционная функция и спектральная плотность шума на выходе линейного фильтра. Коррелированные шумы, взаимная спектральная плотность шума на выходах двух разных фильтров.
 27. Белый шум. Формальное определение белого шума, его спектральная плотность и корреляционная функция. Белый гауссовский шум. Преобразование шума радиоканала в квадратурном демодуляторе. Соотношение между спектральными плотностями белого шума в областях радиосигналов и комплексных огибающих.
 28. Матрица корреляций комплексного случайного вектора. Условие нормальности, его связь с инвариантностью относительно вращений комплексной плоскости. Плотность вероятностей комплексного гауссовского шума. Распределение Релея. Свойства симметрии корреляционной функции нормального комплексного шума. Представление узкополосного вещественного шума суммой квадратурных компонент. Статистические свойства квадратурных составляющих.
 29. Корреляционная алгебра – техника анализа цепей с несколькими источниками шума. Последовательное и параллельное соединение источников шума. Законы Ома для шумов напряжения и тока. Преобразование шума при усилении.
 30. Физические источники шума – тепловой шум Джонсона, дробовой шум, фликкер шум. Соотношение между тепловой и дробовой составляющими в шуме на выходе усилительного каскада на биполярном транзисторе.
 31. Шумы усилительных устройств. Шумовая температура усилителя, коэффициент шума, понятие об отношении сигнал/шум. Коэффициент шума как показатель снижения отношения сигнал/шум при усилении.
 32. Отношение сигнал шум на выходе согласованного фильтра. Его представление отношением энергии сигнала к спектральной плотности шума. Понятие о нормированном согласованном фильтре. Оптимальность согласованного фильтра по критерию максимума отношения сигнал/шум.
 33. Модуляция ортогональными сигналами. Размерность пространства сигналов с ограниченными частотным и временным ресурсом. Энергетическая и спектральная эффективности систем ортогональной модуляции. Понятие о временном, частотном и кодовом разделении.
 34. Теорема Шеннона о пропускной способности канала с ограниченными ресурсами по времени и полосе при наличии АБГШ. Шенноновский предел. Его представление в символ и бит ориентированных координатах. Методика сравнения характеристик конкретных схем модуляции с шенноновским пределом.

35. Оптимальная демодуляция. Критерии максимума апостериорной вероятности и максимального правдоподобия. Построение областей принятия решений. Средние вероятности ошибки на символ и бит. Понятие о демодуляции с мягкими решениями.
36. Граница суммы попарных вероятностей для средней вероятности ошибки демодуляции символа. Функция ошибок. Выражение для средней вероятности ошибки на бит при демодуляции QPSK по максимуму правдоподобия.
37. Линейная модель петли ФАП. Анализ переходных процессов и установившихся ошибок в петле без фильтра.
38. Петля ФАП как система восстановления когерентной несущей. Анализ переходных процессов в линейной петле ФАП с петлевыми фильтрами в формах интегрирующей и пропорционально интегрирующей цепей. Установившиеся значения ошибки по фазе и частоте.
39. Эффект Доплера. Проблема выделения когерентной несущей в системах связи с подвижными объектами. Переходные процессы в петлях ФАП второго порядка. Установившиеся значения ошибок слежения по фазе и частоте.
40. Методы реализации фазового дискриминатора в петлях ФАП. Эффекты неидеальности. Понятия о полосах удержания и захвата. Оценки ширины полос удержания для петель ФАП первого порядка.