

- требуется высокоточная синхронизация по времени и частоте;
- OFDM сигнал имеет относительно высокое значение пик-фактора, что приводит к чрезмерным энергетическим затратам при их усилении;
- использование защитных интервалов снижает спектральную эффективность метода;
- метод чувствителен к эффекту Доплера, что накладывает дополнительные трудности при его применении в мобильных сетях.

### Контрольные вопросы и задания

1. Что такое модуляция радиосигнала? Что такое манипуляция радиосигнала?
2. Какие основные характеристики у амплитудной модуляции? Какой спектр имеет сигнал при амплитудной модуляции?
3. Приведите достоинства и недостатки амплитудной модуляции. Как связаны между собой мощность в режиме несущей, средняя и максимальная мощности при амплитудной модуляции?
4. В каких радиоэлектронных системах и с какой целью применяют в настоящее время амплитудную модуляцию?
5. Изобразите АМ колебание при модуляции одним тоном с коэффициентом модуляции  $m = 1$  и соответствующее ему колебание верхней боковой полосы. Опишите математически колебания. Как изменится вид колебаний при  $m = 0,5$ ?
6. Поясните особенности амплитудной модуляции смещением. Приведите ее достоинства и недостатки.
7. Нарисуйте схему базовой модуляции. Поясните принцип ее работы.
8. Какой угол отсечки коллекторного тока устанавливается в максимальном режиме при амплитудной модуляции?

9. Поясните особенности коллекторной модуляции. Нарисуйте схему коллекторной модуляции. Поясните принцип ее работы.

10. Какая мощность модулятора устанавливается при коллекторной модуляции?

11. Что такое средняя мощность модулятора? Для чего необходимо ее знать?

12. Приведите достоинства и недостатки коллекторной модуляции.

13. Чему равен КПД в режиме несущей волны при коллекторной модуляции?

14. Сравните коллекторную модуляцию (по СМХ) с базовой модуляцией.

15. Почему при коллекторной модуляции КПД выше, чем при базовой модуляции?

16. Оцените число каналов вещательных радиостанций с АМ, которые можно разместить в средневолновом диапазоне (от 0,5 до 1,5 МГц). Максимальная частота модулирующего сигнала равна 15 кГц. Для ликвидации перекрестных помех между каналами следует предусмотреть защитный интервал шириной 1 кГц.

17. Мощность РПДУ с АМ-модуляцией в режиме молчания 20 Вт. Определите мощность в максимальном режиме при индексе модуляции  $m = 0,2$ .

18. Определите отношение мощности боковых составляющих к мощности несущей РПДУ с АМ-модуляцией при коэффициенте модуляции 0,4.

19. Определите мощность, приходящуюся на одну боковую частоту АМ-колебания, если коэффициент модуляции равен 0,6; амплитуда тока в антенне в режиме молчания 8 А; сопротивление излучения равно 4 Ом.

20. Чем отличается ОМ от АМ? Какова структура однополосного сигнала?

21. Что такое балансный модулятор? С какой целью его применяют в однополосных РПДУ?

22. Какие методы формирования однополосного сигнала применяют на практике?

23. Чему равен максимальный энергетический выигрыш при переходе от АМ к ОМ?

24. Приведите достоинства и недостатки однополосной модуляции.

25. Определите число каналов связных радиостанций с ОМ, которые можно разместить в диапазоне частот от 28 до 29 МГц. Полосу модулирующих частот можно принять от 200 до 4000 Гц, а промежуток между каналами – 900 Гц.

26. Укажите области применения и основные параметры угловой модуляции в радиопередатчиках.

27. Как определить, какой вид модуляции (фазовая или частотная) осуществляется в радиопередатчике?

28. Каковы причины возникновения нелинейных искажений при усилении мощности сигналов с угловой модуляцией в радиопередатчике?

29. Что такое индекс фазовой модуляции?

30. Что такое индекс частотной модуляции?

31. Как меняется частота и фаза сигнала при частотной модуляции?

32. Как меняется частота и фаза сигнала при фазовой модуляции?

33. Какой спектр имеет сигнал при частотной и фазовой модуляции?

34. Как перейти от фазовой модуляции к частотной? Каким соотношением связаны частота с фазой сигнала? При какой модуляции девиация частоты  $\Delta f$  зависит не только от уровня модулирующего сигнала, но и от его частоты?

35. Приведите достоинства и недостатки частотной модуляции. Приведите схему частотного модулятора с использованием варикапа. Поясните работу схемы.

36. Радиопередатчик ЧМ вещания работает с девиацией 50 кГц и с полосой модулирующих частот 30...15000 Гц. Определите полосу частот, занимае-

мую радиопередатчиком. Какую полосу частот занимал бы радиопередатчик, если бы работал с АМ?

37. В радиопередатчике девиация частоты составляет  $\Delta f = 5 \text{ кГц}$ . Определить минимальную частоту модуляции, при которой в спектре сигнала будет отсутствовать составляющая с несущей частотой.

38. Как выглядит выходной сигнал РПДУ при импульсной модуляции? Что такое скважность сигнала?

39. Какой спектр имеет радиосигнал при импульсной модуляции? Какова ширина спектра излучаемого сигнала?

40. Что такое импульсный модулятор? Приведите его основные характеристики. Нарисуйте обобщенную структурную схему импульсного модулятора.

41. В каких радиоэлектронных системах применяют РПДУ с импульсной модуляцией? Приведите структуру РПДУ с импульсной модуляцией.

42. От чего зависит КПД импульсного модулятора? Как его можно повысить?

43. Пачка радиоимпульсов на выходе радиолокационного РПДУ характеризуется следующими параметрами: длительность радиоимпульса  $t_u = 1 \text{ мкс}$ ; период повторения  $T = 10 \text{ мкс}$ ; несущая частота радиоимпульса  $f = 2,5 \text{ ГГц}$ . Какова ширина спектра излучаемого сигнала?

44. Что такое ЛЧМ сигнал? Приведите его характеристики. Зачем и в каких радиоэлектронных системах применяют ЛЧМ сигналы?

45. По каким законам меняются фаза и частота ЛЧМ сигнала?

46. Как формируют ЛЧМ сигналы в радиолокационных РПДУ? Приведите известные вам способы.

47. Что называется квадратурной модуляцией и как она осуществляется в РПДУ? Приведите структуру квадратурного модулятора и поясните принцип его работы.

48. Частота генератора в квадратурном модуляторе составляет 6 ГГц. Чему равна центральная частота ЛЧМ сигнала на выходе модулятора, если на его вход поданы  $I$  и  $Q$  компоненты ЛЧМ сигнала с девиацией 100 МГц?

### Список литературы

1. Верзунов М.В. Исследование целесообразности и технических возможностей использования однополосной модуляции в войсковых радиостанциях УКВ диапазона: автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воен. Краснознам. акад. связи им. С. М. Буденного. – Л.: [б. и.], 1958. – 12 с.

2. Верзунов М.В., Лобанов И.В., Семенов А.М. Однополосная модуляция. – М.: Связьиздат, 1962. – 299 с.

3. Кочемасов В.Н., Белов Л.А., Оконешников В.С. Формирование сигналов с линейной частотной модуляцией. – М.: Радио и связь, 1983. – 192 с.

4. Трухачёв А.А. Радиолокационные сигналы и их применение. – М.: Воениздат, 2005. – 320 с.

5. Радиопередающие устройства: учебник для вузов / С.И. Дингес, В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин и др.; под ред. Р.Ю. Иванюшкина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2019. – 1200 с.