

## Типовые задачи по курсу ТЭС

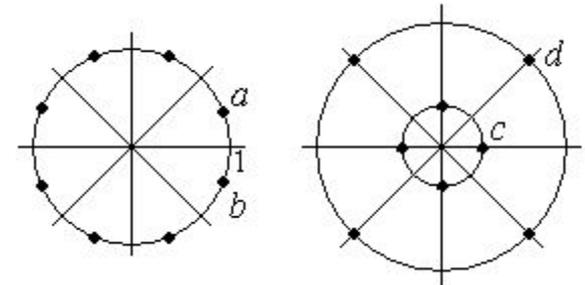
1. Закодировать по методу Хаффмена источник сообщения, использующий восемь букв алфавита  $x_1, x_2, \dots, x_8$  с вероятностями  $p(x_1)=0.3, p(x_2)=0.28, p(x_3)=0.15, p(x_4)=0.13, p(x_5)=0.10, p(x_6)=0.02, p(x_7)=0.015, p(x_8)=0.005$ . Найти энтропию сообщения и среднюю длину кодового слова.
2. Закодировать по методу Шеннона-Фэно источник сообщения, использующий восемь букв алфавита  $x_1, x_2, \dots, x_8$  с вероятностями  $p(x_1)=0.3, p(x_2)=0.28, p(x_3)=0.15, p(x_4)=0.13, p(x_5)=0.10, p(x_6)=0.02, p(x_7)=0.015, p(x_8)=0.005$ . Найти энтропию сообщения и среднюю длину кодового слова.
3. Дискретный источник генерирует 5 независимых символов с вероятностями 0.45, 0.25, 0.12, 0.12 и 0.06, соответственно. Найти энтропию источника.
4. Спектр узкополосного сигнала является равномерным в полосе от 1.9 до 2.1 ГГц. Чему равна минимальная частота дискретизации сигналов для их идеального восстановления после переноса спектра на низкие частоты?
5. Спектр сигнала является равномерным в полосе от 140 до 160 МГц. Чему равна минимальная частота дискретизации сигналов для их идеального восстановления?
6. Входной диапазон 8-ти битового АЦП составляет  $E_m \pm 10\text{В}$ . Найти шаг квантования  $q$ , дисперсию шума квантования и среднее ОСШ для полномасштабного входного сигнала.
7. Найти импульсную характеристику сверточного кодера с двумя векторами связи  $g_1=(1,1,1,1)$  и  $g_2=(1,1,0,0)$ . Нарисовать данный кодер.

8. Найти выходную последовательность бит для сверточного кодера с двумя векторами связи  $g_1=(1,1,1,1)$  и  $g_2=(1,1,0,0)$ , если на входе имеется последовательность бит 11101, а в ячейках регистра сдвига содержатся нулевые биты.
9. Нарисовать сверточный кодер с тремя векторами связи  $g_1=(1,1,1,1,0,0,1)$   $g_2=(1,1,0,0,1,1,0)$  и  $g_3=(1,0,1,0,0,1,0)$ .
10. Найти наибольшее расстояние Хемминга между последовательностями (10110011001111), (11010111001101) и (11010001111110).
11. Найти максимальную скорость безошибочной передачи данных в канале без замираний сигналов в полосе частот 20 МГц, если ОСШ  $\rho_0=14$  дБ.
12. Система сотовой связи работает в условиях релейских замираний сигналов. Пусть среднее ОСШ  $\rho_0=10$ . Найти вероятность того, что мгновенное ОСШ будет ниже  $3\rho_0$ ,  $\rho_0$ ,  $0.3\rho_0$  или  $0.1\rho_0$ .
13. Найти максимальное ОСШ на выходе согласованного фильтра, если на его входе имеется импульс прямоугольной формы длительностью  $T=5$  мсек и мощностью  $P=30$  Вт. Спектральная плотность мощности шума равна 1 мВт/Гц. Как зависит максимальное ОСШ от формы импульса?
14. Вероятность битовой ошибки в релейском канале для 2-ФМ сигналов. Предполагая ОСШ  $\rho_0 \ll 1$ , найти приближенную формулу для  $BER$  и значение  $BER$ , если  $\rho_0=0$ .

$$BER = \frac{1}{2} \left( 1 - \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_0 + 1}} \right)$$

15. Необходимо уменьшить вероятность битовой ошибки с  $BER_1=0.001$  до  $BER_2=0.0001$ . На сколько дБ должна быть увеличена мощность передатчика в двух системах связи, одна из которых имеет одну приемную антенну, а другая – две антенны с когерентным суммированием сигналов. Считать, что используется двоичная фазовая модуляция, среднее ОСШ  $\rho_0 \gg 1$ , а замирания сигналов в приемных антеннах являются некоррелированными релеевскими.

16. Имеются две системы связи. Первая использует 8-ричную ФМ, а вторая – 8-точечную КАМ с амплитудами сигналов, различающимися в 3 раза. (см. рис.). Средняя мощность сигналов одинаковая. В какой системе будет меньше BER?



17. Имеются две системы связи. Первая использует 8-ричную ФМ, а вторая – 8-точечную КАМ с амплитудами сигналов, различающимися в 3 раза (см. рис. к предыдущей задаче). На сколько дБ должна различаться средняя мощность этих сигналов, чтобы BER было одинаковым?

18. Найти скорость передачи данных (бит/сек) в OFDM-системе со следующими параметрами: размерность Фурье-преобразования  $N_{FFT}=1024$ , расстояние между поднесущими  $\Delta f_{sub}=15$  кГц, длительность защитного интервала составляет 1/6 от длительности OFDM-символа, скорость кодирования  $r_c=5/6$ , модуляция – 64-КАМ, на каждые 8 поднесущих используется 1 пилотная поднесущая.

19. Показать, что скорость передачи данных (бит/сек) в OFDM-системе зависит от ширины полосы и не зависит от размерности Фурье-преобразования. Считать, что на всех поднесущих передаются данные.

20. Найти пропускную способность (бит/сек/Гц) OFDM-системы со следующими параметрами: ширина полосы 20 МГц, длительность защитного интервала -  $1/4$  от длительности OFDM-символа, скорость кодирования  $r_c=1/2$ , модуляция – 64-QAM, на каждые 8 поднесущих используется 1 пилотная поднесущая, информация передается пакетами по  $N_{sym}$  символов в каждом, вероятность пакетной ошибки –  $PER=10\%$ .
21. Средняя мощность передатчика в OFDM-системе  $P_0=10$  мВт. С какой вероятностью мгновенная мощность  $P$  превысит 10, 30 или 50 мВт?
22. Найти скорость передачи (бит/сек) системы с кодовым разделением пользователей при следующих параметрах: скорость кодирования –  $3/4$ , модуляция – двоичная фазовая, длительность фрейма – 10 мсек, фрейм состоит из 192 информационных символов, для разделения пользователей используется 32 последовательности Уолша.
23. Прием сигнала в релейском канале осуществляется двумя антеннами. Замирания в антеннах являются статистически независимыми. Сигналы суммируются с весовыми коэффициентами ( $1/\sqrt{2}$ ,  $1/\sqrt{2}$ ). Найти среднее ОСШ. Каким будет характер замираний результирующего сигнала?
24. Прием сигнала осуществляется двумя антеннами. В первой антенне сигнал не флуктуирует, а во второй антенне наблюдаются релейские замирания. Сигналы суммируются с весовыми коэффициентами ( $1/\sqrt{2}$ ,  $1/\sqrt{2}$ ). Найти среднее ОСШ. Каков характер замираний результирующего сигнала?
25. Сравнить ОСШ на выходе двух систем связи: а) используется одна передающая и одна приемная антенна и канальный коэффициент  $h_1=0.8+0.7j$ ; б) используется когерентное суммирование сигналов в двух приемных антеннах и канальные коэффициенты  $h_1=0.8+0.7j$  и  $h_2=0.5+0.3j$ . Мощность передатчика равна 10, а мощность собственного шума – единице.

26. Система связи использует различные варианты адаптивной РП из двух антенн (АРП(1), АРП(2) и АРП(4)). Мощность передатчика равна  $10^{-3}$  Вт, а мощность шума приемника –  $10^{-6}$  Вт. Значения канальных коэффициентов равны  $h_1=0.6+0.8j$  и  $h_2=0.6+0.2j$ . Найти ОСШ для каждого из этих вариантов адаптивной РП.

27. Найти спектральную эффективность ММО-системы без обратной связи, если имеется 4 передающих антенны и две приемные антенны ( $M=4, N=2$ ). Собственные числа матрицы  $HH^H$  ( $H$  - матрица канальных коэффициентов)  $\lambda_1=8$  и  $\lambda_2=2$ , мощность передатчика равна 100 мВт, мощность собственных шумов приемников равна 1 мВт. Сколько параллельных подканалов передачи данных можно сформировать в такой системе?

28. Найти распределение мощности между параллельными подканалами в ММО-системе с обратной связью, если имеется 4 передающих антенны и две приемные антенны ( $M=4, N=2$ ). Собственные числа матрицы  $HH^H$  ( $H$  - матрица канальных коэффициентов)  $\lambda_1=8$  и  $\lambda_2=2$ , мощность передатчика равна 2 мВт, мощность собственных шумов приемников равна 1 мВт.

29. Найти спектральную эффективность ММО-системы с обратной связью, если имеется 4 передающих антенны и две приемные антенны ( $M=4, N=2$ ). Собственные числа матрицы  $HH^H$  ( $H$  - матрица канальных коэффициентов)  $\lambda_1=8$  и  $\lambda_2=2$ , мощность передатчика равна 2 мВт, мощность собственных шумов приемников равна 1 мВт.

30. Найти выигрыш в спектральной эффективности ММО-системы за счет обратной связи, если имеется 4 передающих антенны и две приемные антенны ( $M=4, N=2$ ). Собственные числа матрицы  $HH^H$  ( $H$  - матрица канальных коэффициентов)  $\lambda_1=8$  и  $\lambda_2=2$ , мощность передатчика равна 2 мВт, мощность собственных шумов приемников равна 1 мВт.

31. Зависимость мощности от расстояния в канале связи имеет вид  $P_r(d) = P_t(d_0/d)^3$  при  $d_0 = 10$  м. Система связи имеет полосу пропускания  $B = 10$  кГц, спектральная плотность мощности шумов приемника равна  $N_0/2$ , где  $N_0 = 10^{-9}$  Вт/Гц, передаваемая мощность  $P_t = 1$  Вт. Найти спектральную эффективность системы для расстояния между передатчиком и приемником 100 м и 1 км.

32. Модуль коэффициента передачи в канале связи является случайной величиной и принимает три значения: 0.05, 0.5 и 1 с вероятностями 0.1, 0.5 и 0.4, соответственно. Передаваемая мощность  $P_t = 10$  мВт, спектральная плотность мощности шумов приемника равна  $N_0/2$ , где  $N_0 = 10^{-9}$  Вт/Гц, полоса пропускания равна  $B = 30$  кГц. Найти спектральную эффективность системы