Задание на контрольную работу

Заданы модели систем связи с:

* битовой скоростью передачи Rb, Мбит/с;
* модуляцией 4, 8 PSK, 16, 64, 256 QAM;
* фильтром с коэффициентом сглаживания ROF;
* каналом с шумом AWGN с отношением Eb/N0, dB.

Варианты задания **(по двум последним цифрам пароля)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ вар** | **Скорость****Rb, Мбит/с** | **Модуляция** | **ROF** |
| 1 | 0.1 | 4 PSK | 16-QAM | 0.2 | 0.55 |
| 2 | 1.8 | 8 PSK | 64-QAM | 1.0 | 0.5 |
| 3 | 0.2 | 4 PSK | 64-QAM | 0.85 | 0.35 |
| 4 | 0.7 | 4 PSK | 256-QAM | 0.5 | 0.9 |
| 5 | 0.4 | 8 PSK | 16-QAM | 0.35 | 0.75 |
| 6 | 1.5 | 8 PSK | 16-QAM | 0.9 | 0.4 |
| 7 | 0.6 | 16-QAM | 64-QAM | 0.45 | 0.95 |
| 8 | 1.3 | 16-QAM | 256-QAM | 0.6 | 1.0 |
| 9 | 0.8 | 16-QAM | 8 PSK | 0.55 | 0.95 |
| 10 | 1.7 | 16-QAM | 4 PSK | 1.0 | 0.3 |
| 11 | 1.0 | 64-QAM | 4 PSK | 0.65 | 0.25 |
| 12 | 0.3 | 64-QAM | 8 PSK | 0.3 | 0.6 |
| 13 | 1.2 | 64-QAM | 16-QAM | 0.75 | 0.25 |
| 14 | 0.9 | 64-QAM | 256-QAM | 0.6 | 0.2 |
| 15 | 1.4 | 256-QAM | 64-QAM | 0.35 | 0.95 |
| 16 | 0.5 | 256-QAM | 16-QAM | 0.4 | 0.7 |
| 17 | 1.6 | 256-QAM | 8 PSK | 0.95 | 0.2 |
| 18 | 1.1 | 256-QAM | 4 PSK | 0.5 | 1.0 |
| 19 | 0.1 | 4 PSK | 16-QAM | 0.2 | 0.55 |
| 20 | 1.8 | 8 PSK | 64-QAM | 1.0 | 0.5 |
| 21 | 0.2 | 4 PSK | 64-QAM | 0.85 | 0.35 |
| 22 | 0.7 | 4 PSK | 256-QAM | 0.5 | 0.9 |
| 23 | 0.4 | 8 PSK | 16-QAM | 0.35 | 0.75 |
| 24 | 1.5 | 8 PSK | 16-QAM | 0.9 | 0.4 |
| 25 | 0.6 | 16-QAM | 64-QAM | 0.45 | 0.95 |
| 26 | 1.3 | 16-QAM | 256-QAM | 0.6 | 1.0 |
| 27 | 0.8 | 16-QAM | 8 PSK | 0.55 | 0.95 |
| 28 | 1.7 | 16-QAM | 4 PSK | 1.0 | 0.3 |
| 29 | 1.0 | 64-QAM | 4 PSK | 0.65 | 0.25 |
| 30 | 0.3 | 64-QAM | 8 PSK | 0.3 | 0.6 |
| 31 | 1.2 | 64-QAM | 16-QAM | 0.75 | 0.25 |
| 32 | 0.9 | 64-QAM | 256-QAM | 0.6 | 0.2 |
| 33 | 1.4 | 256-QAM | 64-QAM | 0.35 | 0.95 |
| 34 | 0.5 | 256-QAM | 16-QAM | 0.4 | 0.7 |
| 35 | 1.6 | 256-QAM | 8 PSK | 0.95 | 0.2 |
| 36 | 1.1 | 256-QAM | 4 PSK | 0.5 | 1.0 |
| 37 | 0.1 | 4 PSK | 16-QAM | 0.2 | 0.55 |
| 38 | 1.8 | 8 PSK | 64-QAM | 1.0 | 0.5 |
| 39 | 0.2 | 4 PSK | 64-QAM | 0.85 | 0.35 |
| 40 | 0.7 | 4 PSK | 256-QAM | 0.5 | 0.9 |
| 41 | 0.4 | 8 PSK | 16-QAM | 0.35 | 0.75 |
| 42 | 1.5 | 8 PSK | 16-QAM | 0.9 | 0.4 |
| 43 | 0.6 | 16-QAM | 64-QAM | 0.45 | 0.95 |
| 44 | 1.3 | 16-QAM | 256-QAM | 0.6 | 1.0 |
| 45 | 0.8 | 16-QAM | 8 PSK | 0.55 | 0.95 |
| 46 | 1.7 | 16-QAM | 4 PSK | 1.0 | 0.3 |
| 47 | 1.0 | 64-QAM | 4 PSK | 0.65 | 0.25 |
| 48 | 0.3 | 64-QAM | 8 PSK | 0.3 | 0.6 |
| 49 | 1.2 | 64-QAM | 16-QAM | 0.75 | 0.25 |
| 50 | 0.9 | 64-QAM | 256-QAM | 0.6 | 0.2 |
| 51 | 0.1 | 4 PSK | 16-QAM | 0.35 | 0.95 |
| 52 | 1.8 | 8 PSK | 64-QAM | 0.4 | 0.7 |
| 53 | 0.2 | 4 PSK | 64-QAM | 0.95 | 0.2 |
| 54 | 0.7 | 4 PSK | 256-QAM | 0.5 | 1.0 |
| 55 | 0.4 | 8 PSK | 16-QAM | 0.2 | 0.55 |
| 56 | 1.5 | 8 PSK | 16-QAM | 1.0 | 0.5 |
| 57 | 0.6 | 16-QAM | 64-QAM | 0.85 | 0.35 |
| 58 | 1.3 | 16-QAM | 256-QAM | 0.5 | 0.9 |
| 59 | 0.8 | 16-QAM | 8 PSK | 0.35 | 0.75 |
| 60 | 1.7 | 16-QAM | 4 PSK | 0.9 | 0.4 |
| 61 | 1.0 | 64-QAM | 4 PSK | 0.45 | 0.95 |
| 62 | 0.3 | 64-QAM | 8 PSK | 0.6 | 1.0 |
| 63 | 1.2 | 64-QAM | 16-QAM | 0.55 | 0.95 |
| 64 | 0.9 | 64-QAM | 256-QAM | 1.0 | 0.3 |
| 65 | 1.4 | 256-QAM | 64-QAM | 0.65 | 0.25 |
| 66 | 0.5 | 256-QAM | 16-QAM | 0.3 | 0.6 |
| 67 | 1.6 | 256-QAM | 8 PSK | 0.75 | 0.25 |
| 68 | 1.1 | 256-QAM | 4 PSK | 0.6 | 0.2 |
| 69 | 0.1 | 4 PSK | 16-QAM | 0.35 | 0.95 |
| 70 | 1.8 | 8 PSK | 64-QAM | 0.4 | 0.7 |
| 71 | 0.2 | 4 PSK | 64-QAM | 0.95 | 0.2 |
| 72 | 0.7 | 4 PSK | 256-QAM | 0.5 | 1.0 |
| 73 | 0.4 | 8 PSK | 16-QAM | 0.2 | 0.55 |
| 74 | 1.5 | 8 PSK | 16-QAM | 1.0 | 0.5 |
| 75 | 0.6 | 16-QAM | 64-QAM | 0.85 | 0.35 |
| 76 | 1.3 | 16-QAM | 256-QAM | 0.5 | 0.9 |
| 77 | 0.8 | 16-QAM | 8 PSK | 0.35 | 0.75 |
| 78 | 1.7 | 16-QAM | 4 PSK | 0.9 | 0.4 |
| 79 | 1.0 | 64-QAM | 4 PSK | 0.45 | 0.95 |
| 80 | 0.3 | 64-QAM | 8 PSK | 0.6 | 1.0 |
| 81 | 1.2 | 64-QAM | 16-QAM | 0.55 | 0.95 |
| 82 | 0.9 | 64-QAM | 256-QAM | 1.0 | 0.3 |
| 83 | 1.4 | 256-QAM | 64-QAM | 0.65 | 0.25 |
| 84 | 0.5 | 256-QAM | 16-QAM | 0.3 | 0.6 |
| 85 | 1.6 | 256-QAM | 8 PSK | 0.75 | 0.25 |
| 86 | 1.1 | 256-QAM | 4 PSK | 0.6 | 0.2 |
| 87 | 0.1 | 4 PSK | 16-QAM | 0.35 | 0.95 |
| 88 | 1.8 | 8 PSK | 64-QAM | 0.4 | 0.7 |
| 89 | 0.2 | 4 PSK | 64-QAM | 0.95 | 0.2 |
| 90 | 0.7 | 4 PSK | 256-QAM | 0.5 | 1.0 |
| 91 | 0.4 | 8 PSK | 16-QAM | 0.2 | 0.55 |
| 92 | 1.5 | 8 PSK | 16-QAM | 1.0 | 0.5 |
| 93 | 0.6 | 16-QAM | 64-QAM | 0.85 | 0.35 |
| 94 | 1.3 | 16-QAM | 256-QAM | 0.5 | 0.9 |
| 95 | 0.8 | 16-QAM | 8 PSK | 0.35 | 0.75 |
| 96 | 1.7 | 16-QAM | 4 PSK | 0.9 | 0.4 |
| 97 | 1.0 | 64-QAM | 4 PSK | 0.45 | 0.95 |
| 98 | 0.3 | 64-QAM | 8 PSK | 0.6 | 1.0 |
| 99 | 1.2 | 64-QAM | 16-QAM | 0.55 | 0.95 |
| 100 | 0.9 | 64-QAM | 256-QAM | 1.0 | 0.3 |

**Выполнение контрольной работы.**

Перед выполнением контрольной работы необходимо изучить теоретические сведения в размере соответствующих глав учебного пособия по данному курсу. Основой для выполнения контрольной работы являются модели, выполненные в MATLAB R2018b SIMULINK, представленные в разделе Модели.

Для выполнения работы на компьютере должен быть установлен MATLAB R2018b. В начале работы следует запустить основное окно программы MATLAB R2018b (рисунок 1), щелкнув на его ярлыке.



Рисунок 1 – Основное окно программы MATLAB R2018b

Затем необходимо открыть нужные файлы, например, “id\_4\_PSK” “id\_16\_ QAM ”, пользуясь либо кнопкой Open, либо проводником в левой части экрана, указав путь к каталогу Модели.

После открытия нужной модели, её нужно скопировать, нажав на клавиатуре клавишу Prt Sc. Далее открыть графический редактор, например, Paint. В открывшемся окне редактора правой кнопкой мыши (ПКМ) вставить содержимое экрана в окно. Затем выбирается нужная часть экрана и копируется и вставляется в документ Word. Таким образом, создаётся Screen shot экрана.

Screen shot модели, необходимой для выполнения рассматриваемого варианта контрольной работы, представлен на рисунке 2. Аннотация в нижней части рисунка создаётся двойным щелчком ЛКМ.

Модель, представленная на рисунке 2, собрана из совокупности элементов, образующих упрощенную модель системы радиосвязи. Описание элементов модели приведено в лекционном материале по курсу.

В модели в соответствии с рассматриваемым вариантом задания *должны быть установлены*: скорость в Bernoulli binary generator – Sample time = 1/(R, bit/s); Rolloff factor в Raised Cosine Transmit and Receive Filter; Eb/N0 и Symbol period = 1/(R/log2M) в AWGN Channel.



Рисунок 2 – Модель системы связи с модуляцией 16- QAM на панели Simulink

Цифровой сигнал, генерируемый блоком Bernoulli binary generator с заданной скоростью, поступает на вход фазового модулятора QPSK Modulator Baseband. Далее осуществляется ограничение спектра модулированного сигнала в Raised Cosine Transmit Filter. После фильтрации модулированный сигнал поступает в канал AWGN Channel, где на него накладывается аддитивный белый гауссовский шум. Уровень шума в канале регулируется параметром Eb/N0. После прохождения канала сигнал подается на вход Raised Cosine Receive Filter. После фильтра сигнал подаётся на вход фазового демодулятора QPSK Demodulator Baseband, где происходит обратное преобразование аналогового модулированного сигнала в цифровой; после чего производится подсчет вероятности ошибок в Error Rate Calculation.

Для наблюдения за сигналом в различных точках модели используются блоки графического отображения: дисплей Display, спектроскоп SpectrumAnalyzer и вектограф Constellation Diagram.

Основные сведения для работы с моделью.

* Запуск и остановка работы модели осуществляется кнопками Run** и Stop *,* расположенными на рабочей панели Simulink.
* Изменение скорости передачи производится в блоке Bernoulli binary generator, после открытия двойным щелчком ЛКМ на блоке модели, параметров блока Block Parameters в строке Sample time – 1/R.
* Изменение величины ROF производится в блоках Raised Cosine Transmit Filter и Raised Cosine Receive Filter в параметрах блока Block Parameters в строке – Rolloff factor.
* Изменение отношения сигнал/шум производится в блоке AWGN Channel в параметрах блока Block Parameters в строке – Eb/N0.
* Окна вектограмы и спектрограммы появляются на экране автоматически после запуска модели. Их также можно открыть двойным щелчком ЛКМ в нужном блоке.

***Порядок выполнения работы***

1 Изучить структурные схемы моделей, пояснить назначение элементов схемы. Ознакомится с основными сведениями по работе с моделью.

2 Пронаблюдать и привести скриншоты вектограмм (с заполненной легендой) на выходе модулятора для заданных видов модуляции. По вектограммам определить и записать расстояние между соседними точками созвездий. По полученным расстояниям сделать вывод, какая из двух систем более помехоустойчивая. Пояснить полученные результаты.

3 Изучить влияние позиционности модуляции на полосу частот, занимаемую модулированным сигналом.

3.1 При одинаковых значениях Rolloff factor (любом из двух заданных) по спектрограммам (привести скриншоты с курсорами, установленными на уровне минус 20 дБ и с заполненной легендой) для двух видов модуляции определить и записать полосы частот, занимаемые модулированными сигналами.

3.2 Сравнить их с полосами частот, определёнными по теоретической формуле $∆=\frac{R\left(1+ROF\right)}{log\_{2}M}$ . Пояснить полученные результаты.

4 Изучить влияние величины Rolloff factor (ROF) на полосу частот, занимаемую модулированным сигналом.

4.1 Для одного из двух заданных видов модуляции при двух заданных значениях Rolloff factor по спектрограммам (привести скриншоты с курсорами, установленными на уровне минус 20 дБ и с заполненной легендой) определить и записать полосы частот, занимаемые модулированными сигналами.

4.2 Сравнить их с полосами частот, определёнными по теоретической формуле $∆=\frac{R\left(1+ROF\right)}{log\_{2}M}$ . Пояснить полученные результаты.

5 Изучить влияние аддитивного белого Гауссовского шума (AWGN) на параметры вектограмм. Вектограммы наблюдаются после блока AWGN Channel на выходе Raised Cosine Receive Filter.

5.1 Установите в блоке AWGN Channel Eb/N0 = 10 дБ и для двух заданных видов модуляции приведите скриншоты вектограмм с заполненной легендой. Для этих вектограмм запишите значения Avg MER (dB).

5.2 Измените установленный уровень шума в канале Eb/N0 = 20дБ и для двух заданных видов модуляции приведите скриншоты вектограмм с заполненной легендой. Для этих вектограмм запишите значения Avg MER (dB).

5.3 Сравните выполненные измерения и поясните полученные результаты.

6 Построение зависимостей коэффициента ошибок (BER) от отношения Eb/N0.

6.1 Для определения исследуемого диапазона отношения Eb/N0 откройте специализированный графический пользовательский интерфейс Bit Error Rate Analysis и постройте графики для двух заданных видов модуляции, в режиме Theoretical путём нажатия кнопки Plot (рисунок 3.9).

6.2 По полученным теоретическим графикам определить для значений BER = 10-2, 10-4 и 10-6 три значения Eb/N0 для каждого вида модуляции.

6.3 Откройте окно модели для первого вида модуляции, установите одно из заданных значений ROF и первое из определённых выше значение Eb/N0 , заполните аннотацию на модели и запустите симуляцию. Симуляцию остановить при общем количестве бит не менее 107 (нижнее окно дисплея на выходе Error Rate Calculation). После окончания симуляции сделать скриншот модели.

6.4 Проделайте п. 6.3 для остальных двух значений Eb/N0 (скриншот модели не делать).

6.5 Откройте окно модели для второго заданного вида модуляции, установите одно из заданных значений ROF и первое из определённых выше значение Eb/N0 , заполните аннотацию на модели и запустите симуляцию. Далее проделайте тоже, что и в п.п. 6.3 и 6.4.

6.6 По трём точкам постройте графики зависимости BER от Eb/N0 , сравните их с теоретическими (п.6.1) и поясните полученные результаты.

***Содержание отчета***

Отчет к лабораторной работе должен содержать:

* Вектограммы для 2,4,8-*PSK*, осциллограммы 2-*PSK* и 4-*PSK;*
* График зависимости полосы частот, занимаемой модулированным сигналом от позиционности модуляции (*М*);
* Графики зависимости коэффициента ошибок от отношения ;

Вывод о влиянии шума на помехоустойчивость различных видов модуляции