## Моделирование передающей части цифровой системы связи

**Цель работы:** изучение принципов формирования сигнала в системах цифровой связи.

**Задачи работы:** описание теоретической модели исследуемой системы передачи данных; создание модели передающего устройства цифровой сис- темы связи в Simulink; моделирование работы системы при различных на- чальных условиях; измерение основных параметров работы передающей сис- темы.

Исходные данные для работы приведены в таблице 2.1. Вариант выби- рается согласно последней цифре зачетной книжки или назначается препода- вателем.

Таблица 2.1

Исходные данные

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **Вид****манипуляции** | **Позиционность****созвездия** | **Кратность****созвездия** |
| 0 | BPSK | 2 | 1 |
| 1 | QPSK | 4 | 2 |
| 2 | 8PSK | 8 | 3 |
| 3 | 16PSK | 16 | 4 |
| 4 | 32PSK | 32 | 5 |
| 5 | 16QAM | 16 | 4 |
| 6 | 32QAM | 32 | 5 |
| 7 | 64QAM | 64 | 6 |
| 8 | 128QAM | 128 | 7 |
| 9 | 256QAM | 256 | 8 |

Для выполнения задания необходимо использовать следующие блоки:

*Random Integer Generator* – генератор случайных целых чисел;

*1-D Lookup Table* – таблица соответствий (истинности);

*Raised Cosine Transmit Filter* – формирующий фильтр с характеристикой корень из приподнятого косинуса;

*Gain* – усилитель сигнала;

*Complex to Real-Imag* – блок выделения реальной и мнимой части ком- плексного сигнала;

*Scope* – осциллограф;

*Discrete-Time Eye Diagram Scope* – блок отображения глазковой диа- граммы сигнала;

*Discrete-Time Signal Trajectory Scope* – блок отображения траектории вектора комплексной огибающей сигнала на плоскости;

*Discrete-Time Scatter Plot Scope* – блок отображения диаграммы рассея- ния сигнала;

*Subsystem* – подсистема, позволяет оформить часть модели в виде от- дельного блока;

*Spectrum Scope* – анализатор спектра сигнала.

Из указанных блоков необходимо собрать модель, показанную на ри- сунке 2.2. *Modulator* – подсистема формирователя сигнала цифрового пере- датчика (рис. 2.3).



Рисунок 2.2 – Общий вид модели передающей системы

В настройках генератора случайных чисел необходимо задать позици- онность созвездия (*M-ary number*) согласно варианту и частоту дискретизации (*Sample Time*) 1/9600, что соответствует символьной скорости передачи дан- ных 9600 бод/сек. В настройках анализатора спектра (*Spectrum Scope*) необ- ходимо выставить размер окна БПФ 1024 и включить буферизацию входного сигнала с размером буфера 1024 отсчета. Входными сигналами осциллографа являются сигнал данных и составляющие выходного комплексного сигнала передатчика, которые выделяются при помощи блока *Complex to Real-Imag*.

На рисунке 2.3 показана модель формирователя сигнала. В настройках таблицы истинности (*1-D Lookup Table*) необходимо указать соответствие между вектором входных символов и точками сигнального созвездия. В стро- ке *Breakpoints* укажите вектор входных символов согласно позиционности со- звездия, например, для QAM16: [ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 ]. В стро- ке *Table Data* укажите точки созвездия, соответствующие входным символам, для QAM16 это: [ -3+3\*i -3+1\*i -3-3\*i -3-1\*i -1+3\*i -1+1\*i -1-3\*i -1-1\*i +3+3\*i

+3+1\*i +3-3\*i +3-1\*i +1+3\*i +1+1\*i +1-3\*i +1-1\*i ]. Для манипуляций высоко- го порядка необходимо использовать методы автоматической генерации век- торов в MATLAB, например [ 0 : 1 : 255 ] и т. п.



Рисунок 2.3 – Формирователь сигнала

Ограничение спектра сигнала выполняется при помощи формирующего фильтра с характеристикой корень из приподнятого косинуса (рис. 2.3) со следующими настройками: тип фильтра (*Filter Type*) – корень из приподнято- го косинуса (*Square Root*); групповая задержка, определяющая длину ИХ фильтра, (*Group Delay*) – 5 символов; коэффициент скругления (*Rolloff Factor*) – 0.8; коэффициент повышения частоты дискретизации (*Upsampling factor*) – 8; характер обработки сигнала (*Input Processing*) – *sample based*.

Комплексный сигнал с выхода формирующего фильтра поступает на усилитель, в котором выполняется его нормировка. Коэффициент передачи усилителя равен 1/*K*, где

*K* ,

1 *N* 1

*N i* 0

2

*si*

где *N* – позиционность созвездия.

Для исследования процессов формирования сигнала необходимо ис- пользовать блоки отображения глазковых диаграмм, блоки отображения тра- ектории вектора комплексной огибающей и блоки отображения диаграммы рассеяния (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Блоки отображения информации о сигналах

На рисунке 2.5 показан пример работы анализатора спектра.

При помощи трехканального осциллографа имеется возможность со- поставить сигнал данных и компоненты сигнала комплексной огибающей (рис. 2.6).



Рисунок 2.5 – Спектр формируемого сигнала



Рисунок 2.6 – Осциллограммы шины данных и комплексной огибающей сформированного сигнала

## Порядок выполнения работы:

1. Согласно приведенным выше рисункам, создайте модель передатчи- ка в Simulink, убедитесь в ее работоспособности.
2. Установите коэффициент скругления формирующего фильтра рав- ным 0 и запустите модель. Сохраните для отчета все графики, полученные в ходе моделирования. Произведите оценку ширины спектра сигнала, крутизны скатов, уровня первого бокового лепестка и занесите эти данные в таблицу. При помощи осциллографа оцените амплитуду квадратурных составляющих для внешних точек сигнального созвездия (точек с максимальной амплиту- дой) и для внутренних (точек с минимальной амплитудой). Занесите полу- ченные данные в таблицу, найдите отношение максимального значения к ми- нимальному.
3. Повторите задание пункта 2 для коэффициентов скругления фильтра 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 и 1.
4. По результатам выполнения моделирования составьте отчет, который должен содержать: цели и задачи работы, вид модели в Simulink, графики, полученные при выполнении пунктов 2 и 3, выводы по результатам модели- рования.