

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИИ В СИСТЕМЕ MATLAB

*В.Т.Першин, А.А.Хмыль*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь, pershin\_v@mail.ru*

Abstract. The modeling method in system MATLAB of one of important components of system of satellite radio navigation – the differential phase manipulation, used in system GLONASS is considered. This method is focused on use in practice of remote formation and realized by means of code conversion of initial sequence of information symbols in system SIMULINK and also by m-file drawing up.

Бинарная фазовая манипуляция (Binary Phase Shift Keying, BPSK) является достаточно сложным процессом, изучение которого осуществляется во многих учебных планах университетских курсов, в частности, в дисциплинах, связанных со спутниковыми навигационными системами, которые формируют в околоземном пространстве радионавигационное поле. Средства, обеспечивающие навигацию, т. е. спутниковые навигационные приемники, станции с дифференциальным режимом (контрольно-корректирующие станции), аппаратура обслуживания и ряд других радиотехнических устройств, принимают и обрабатывают информацию из радионавигационного поля и решают задачи в соответствии со своим функциональным назначением. Сигналы навигационных спутников, как на спутниках, так и в навигационных приемниках потребителя подвергаются специальной обработке для эффективной передачи, поиска, обнаружения, слежения, измерения в условиях помех данных без потери информации.

В данной работе рассматривается один из важных компонентов системы спутниковой радионавигации – метод дифференциальной бинарной фазовой манипуляции, (Differential Binary Phase Shift Keying, DBPSK) используемый в системе ГЛОНАСС. Этот метод реализуется посредством перекодировки исходной последовательности информационных символов по следующему алгоритму:

$$a_{\text{ВЫХ } i} = a_{\text{ВХ } i} \circ a_{\text{ВЫХ } i-1}, \quad (1)$$

где  $a_{\text{ВХ } i}$ ,  $a_{\text{ВЫХ } i}$  – входная и выходная последовательности символов при передаче соответственно, а знак  $\circ$  соответствует операции сложения по модулю два.

При приеме перекодировка выполняется по принципу:

$$b_i = a_{\text{ВЫХ } i} \circ a_{\text{ВЫХ } i-1}, \quad (2)$$

где  $b_i$  – последовательность символов после перекодировки на выходе приемника.

В докладе приводится описание процесса получения колебаний с дифференциальной фазовой манипуляцией, использующее графические возможности систем SIMULINK и MATLAB [1, 2], ориентированные, прежде всего, на использование этого подхода в практике дистанционного образования.

Идея дифференциального кодирования состоит в том, что передается не абсолютное значение информационного символа, а его изменение (или не изменение) относительно предыдущего значения, т.е. каждый последующий передаваемый символ содержит в себе информацию о предыдущем символе. Тем самым для извлечения исходной информации в качестве опорного сигнала можно использовать не несущую частоту, а предыдущее значение символа. В самом деле, если в приемнике осуществить задержку принятого символа на один символьный интервал, а затем

произвести перемножение полученного и задержанного символов, но результатом этой операции будет исходная информационная последовательность. После фильтрации с помощью ФНЧ или согласованного фильтра остается только постоянная составляющая. Очевидно, что ни временная форма, ни спектральный состав DBPSK сигнала не будет отличаться от обычного BPSK сигнала.

Предлагается из блоков библиотеки SIMULINK собрать схему, представленную на рис. 1. В этой схеме используются следующие блоки: блок Repeating Sequence Interpolated содержит данные (символы), которые надлежит перекодировать, чтобы получить последовательность символов с дифференциальной фазовой манипуляцией. Блоки Unit Delay выполняют задержку на один символ, блоки Logical Operator XOR – это сумматоры по модулю два. Блок Scope – представляет собой трехканальный осциллограф, регистрирующий результаты работы схемы.

Символы [11010100100] в сигнальной форме представлены на верхнем графике рис. 2 и соответствуют данным, передаваемым по соответствующему каналу на рис. 1. Средний график рис. 2 – это результат выполнения алгоритма (1) и соответствует данным, сформированным в другом канале рис. 1. Нижний график рис. 2 представляет собой результат применения алгоритма (2) восстановления данных и соответствует данным, сформированным в соответствующем канале на рис. 1. Из сопоставления графиков рис. 2 видно, что на нижний вход осциллографа подается сигнал, получающийся в результате обратного преобразования сигнала с фазовой манипуляцией в исходный сигнал, поступающий на верхний вход осциллографа.

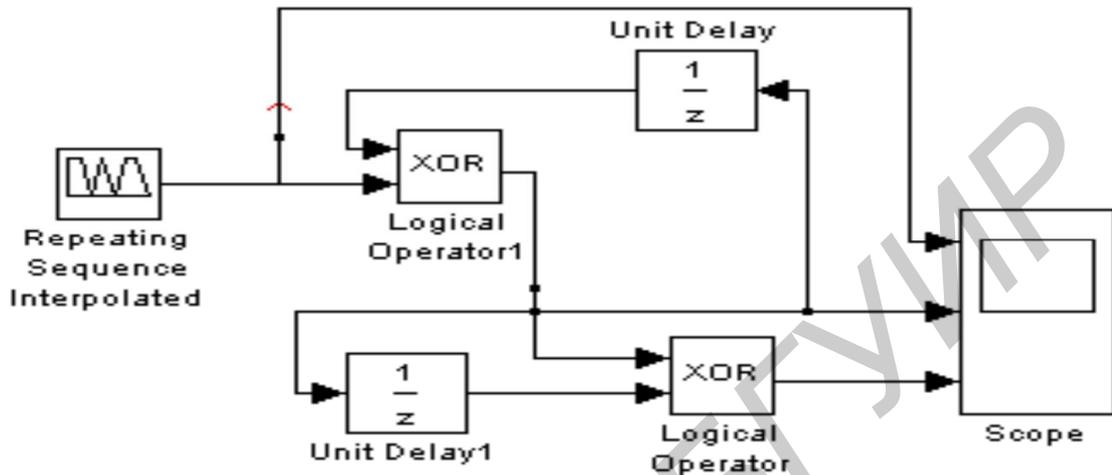
Моделирование преобразований по алгоритмам (1) и (2) можно выполнить и непосредственно в системе MatLAB, для чего необходимо создать m-файл, с помощью которого будет реализована процедура перекодировки по алгоритмам (1) и (2):

```
%m-файл процедуры перекодировки
%входная последовательность
a = [11010100100];
%выходная последовательность
aout = a(1);
i = 1;
for i= 5
    aout (i) = xor(a(i), aout(i-1));
end
aout
%вывод выходной последовательности в командное окно
b(1) = aout(1);
for I = 2:5
    b(i) = xor(aout(i-1), aout(i))
end
b
%вывод обратного преобразования последовательности в командное окно
```

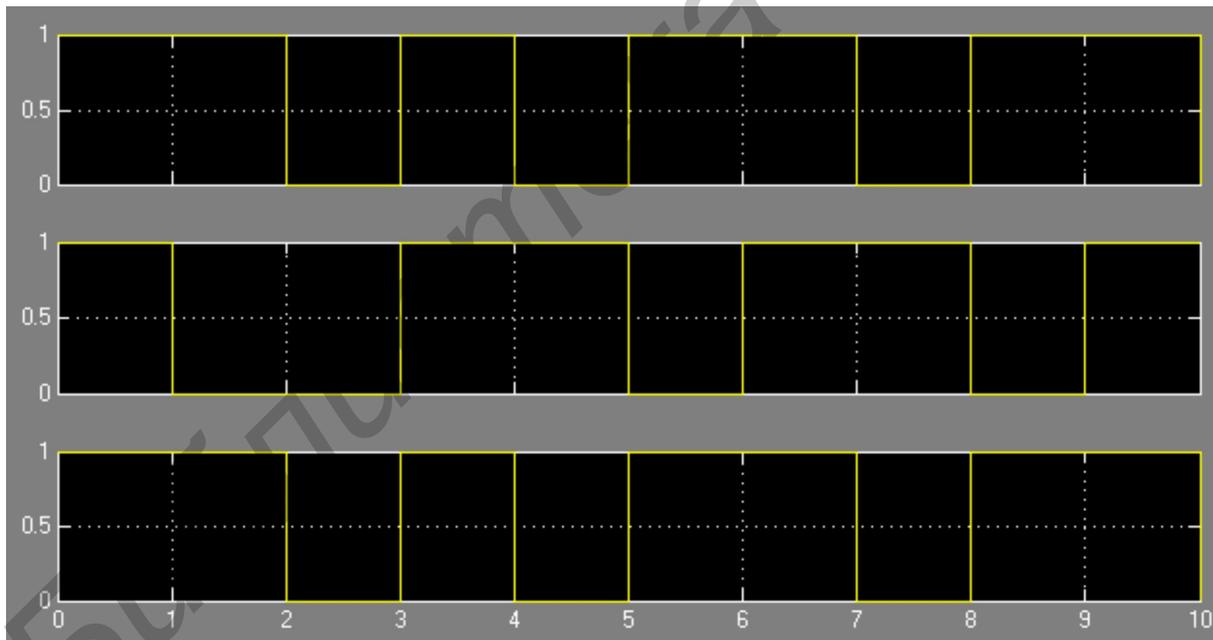
Выполняя этот m-файл легко убедиться, что результат выполнения соответствует данным, изображенным в командном окне.

Изложенный метод можно применять и к другим видам фазовой манипуляции, например, к дифференциальной фазовой манипуляции со смещением на  $\pi/4$  ( $\pi/4$  Differential Quadrature Phase Shift Keying,  $\pi/4$ DQPSK), которая является формой дифференциальной фазовой манипуляции, специально разработанной для четырехуровневых квадратурно манипулированных сигналов (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK). Сигнал этого вида модуляции может быть демодулирован некогерентным детектором, как это свойственно сигналам DBPSK модуляции. Отличие дифференциального кодирования в  $\pi/4$ DQPSK модуляции от дифференциального кодирования в DBPSK модуляции состоит в том, что передается не

относительное изменение модулирующего цифрового символа, а относительное изменение модулируемого параметра, в данном случае фазы. Подробный анализ показывает, что  $\pi/4$ DQPSK сигнал лучше, чем DBPSK или QPSK сигналы, сохраняется при многолучевом распространении и фединге, характерных для мобильной связи.



**Рисунок 1-** Модель формирования относительной фазовой манипуляции, построенная в системе SIMULINK



**Рисунок 2** - Осциллограммы исходного сигнала с фазовой манипуляцией (верхний рисунок), сигнала с относительной фазовой манипуляцией (средний рисунок) и обратно преобразованного сигнала с относительной фазовой манипуляцией в сигнал с фазовой манипуляцией (нижний рисунок)

#### Литература

1. В.П.Дьяконов, MATLAB 6/6.1/6.5+Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя. – М.: СОЛОН Пресс, 2002. – 768 с.
2. В.П.Дьяконов, MATLAB 6.5 SP1/7.0+Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров. – М.: СОЛОН Пресс, 2005. – 576 с.