

УДК 621.391

С.П. Белов, Д.И. Ушаков, С.Б. Зуза

Belov@bsu.edu.ru, Ushakov_d@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛЬНО-КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОВЫШАЮЩИЙ СПЕКТРАЛЬНУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИГНАЛОВ OFDM¹

Предложенный в работе сигнальный базис для формирования канальных сигналов обладает преимуществами с точки зрения концентрации энергии в частотном диапазоне и инвариантности к временному рассеиванию по-сравнению с используемыми в настоящее время сигналами OFDM [1].

Как показало компьютерное моделирование, сигналы сформированные на основе базиса собственных векторов субполосных матриц обладают достаточно низким уровнем внеполосных излучений (рис. 3.1) [2].

Передаемый сигнал представим в виде:

$$s(t) = \sum_{k=1}^N C_k g_k(t). \quad (1)$$

Где: C_k – передаваемые символы;

$g_k(t)$ – собственные функции базиса;

Однако, так как предполагается цифровая обработка формируемых сигналов то ядро представимо в виде матрицы $A = \{a_{i,j}\}$ с элементами вида:

$$a_{i,j} = \begin{cases} \frac{e^{j\Omega_2(i-j)} - e^{j\Omega_1(i-j)}}{j2\pi(i-j)} & \text{при } i \neq j; \\ v_2 - v_1 & \text{при } i = j \end{cases} \quad (7)$$

$$v_1 = f_1 \Delta t; \quad \Omega_1 = 2\pi f_1;$$

$$v_2 = f_2 \Delta t; \quad \Omega_2 = 2\pi f_2;$$

Таким образом, задача вычисления базисных функций может быть сведена к вычислению собственных векторов и собственных чисел матриц вида (7).

Для передачи информации необходимо использовать собственные функции с максимальными значениями собственных чисел.

При условии что, если все $\lambda_i = 1$ и $i=1...J$, то достигается условие $P_{\Omega}(s) = \max$.

Таким образом, используя свойство минимизации энергии за выделенным частотным диапазоном в синтезируемых канальных сигналах, можно снизить требования к величине защитного интервала. Это позволяет формировать канальный сигнал в более широкой полосе частот (не превышая при этом границы выделенного частотного ресурса), что обеспечит передачу большего количества информационных символов в одном канале, при минимальном уровне внеполосных излучений (1).

Оценить спектральную эффективность сигналов сформированных на основе собственных векторов матриц с помощью выражения (1.5) [10]:

$$\gamma = R/\Delta F;$$

где: R - скорость передачи информации; F - ширина полосы частот, занимаемая сигналом [3].

Результаты оценки спектральной эффективности исследуемых сигналов, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Спектральная эффективность сигналов

Модуляция \ Базис	Базис Фурье	Базис СВМ
QPSK	1,57	1,96
QAM-16	3,14	3,9
QAM-64	6,28	7,78

Данные значения были рассчитаны исходя из предположения, что полоса, занимаемая сигналом, составляет 20 МГц, длительность сигнала – 12,8 мкс, количество поднесущих на которых передается информация – 201 для базиса Фурье и 242 для базиса собственных векторов матриц.

В результате проведенных исследований свойств канальных сигналов, сформированных на основе применения ортогонального базиса собственных векторов матрицы (7), удалось установить, что предлагаемый класс сигналов обладает спектральной эффективностью на 20% большей, чем сигналы, сформированные с использованием базиса Фурье, при одинаковых выделенных частотно-временных ресурсах канала связи.

Список литературы

1. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебн. пособие / Под ред. д.т.н., проф. Быховского М.А. [Текст] / М.: Эко-Трендз, 2006. с. 323-325. ОрелГТУ
2. Жиляков Е.Г. Об одном методе повышения эффективности использования выделенного частотного ресурса в системах с OFDM [Текст] / Е.Г. Жиляков, С.П. Белов, Д.И. Ушаков Сборник трудов международной конференции ДСПА-2011.
3. Прокис, Дж. Цифровая связь [Текст]: пер. с англ. / Дж. Прокис; Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000.

¹ Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 12-07-00514-а