

УДК 621.319.019

А.А. Егоров (5 курс, каф. РЭСЗИ), С.Б. Макаров, д.т.н., проф.

## СИНТЕЗ СПЕКТРАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНЫХ СИГНАЛОВ

ABSTRACT: This paper demonstrates the application of solving method for the task of spectrum-effective signal (APhM) envelope obtaining. The study of functional dependence of signal form and spectrum from the peak-factor was made.

Повышение эффективности передачи дискретных сообщений было и остается одной из наиболее важных задач теории и практики построения систем передачи информации. Существенно снизить удельные энергетические затраты и удельные затраты полосы занимаемых частот возможно лишь путем перехода к спектрально-эффективным сигналам с большим значением объема канального алфавита. При этом спектрально-эффективные виды модуляции находят широкое применение в СПДИ: АФМ-МСИ сигналы в радиорелейных, спутниковых и проводных системах связи, КАМ сигналы в радиорелейной связи, модуляция с минимальным сдвигом (ММС) в стандарте POCSAG, квадратурно-фазовая манипуляция (КФМ) в спутниковой, сотовой связи, частотно-манипулированные сигналы с частотным импульсом вида трапеции (ТРЧМ) и приподнятый косинус (ПКЧМ) в КВ связи, гауссовская ММС (ГММС) в цифровой сотовой связи. Однако, перечисленные сигналы и виды модуляции либо обеспечивают небольшую удельную скорость передачи и неудовлетворительную скорость спада спектра (ММС, ТРСЧ, КФМ), либо имеют большие энергетические потери (КАМ). Поэтому поиск форм огибающих спектрально-эффективных сигналов является актуальной задачей.

В работе сформулирована “общая” задача оптимизации огибающей спектрально-эффективного сигнала у которого скорость спада спектра подчиняется функции вида  $g(\omega) = \omega^{2n}$  (функция взвешивания) и заданы энергия сигнала, его длительность и пик-фактор. Произведено упрощение “общей” оптимизационной задачи (замена условия на пик-фактор неким адаптированным условием) исходя из того, что при общей формулировке задачи не возможно получение аналитического решения. Решение “упрощенной” оптимизационной задачи для случая, когда скорость спада спектра искомого сигнала ведет себя как функция  $g(\omega) = \omega^2$  (структура и способ решения для функции вида  $g(\omega) = \omega^{2n}$  аналогичен для любого  $n$ , возрастание же  $n$  ведет лишь к более трудоемким вычислениям).

Заключение: Полученные в результате решения оптимизационной задачи непрерывное семейство огибающих АФМ сигналов  $a(t)$ , зависящее от пик-фактора через некоторый параметр оптимизационной задачи  $A$ , и обеспечивающее убывание спектра как функции  $g(\omega) = \omega^2$ , при известной энергии сигнала и его длительности. Полученное семейство оптимальных сигналов, семейство в котором можно изменять пик фактор в пределах от 1 до 1.36, то есть оптимальный сигнал при данной постановке задачи можно найти лишь для данного интервала пик-фактора.

В ходе исследования семейства спектрально-эффективных сигналов  $a(t)$  было выявлено, что форма огибающей сигнала  $a(t)$  стремится к прямоугольной при повышении параметра вариационной задачи (снижении пик-фактора).

Полученное семейство энергетических спектров сигналов  $a(t)$  в зависимости от параметра вариационной задачи  $A$  (пик-фактора), позволяет выявить следующие закономерности: Повышая пик-фактор мы увеличиваем ширину главного лепестка спектра сигнала и следовательно уменьшаем полосу частот в которой сформировано 90% энергии сигнала и тем самым уменьшаем уровни боковых лепестков спектра, что в свою очередь позволяет увеличивать эффективность использования спектральных ресурсов (повышение количества кана-

лов размещаемых в определенной полосе частот). Снижая пик-фактор мы тем самым стремимся к энергетическому спектру прямоугольного сигнала. По сравнению с прямоугольным сигналом, спектрально-эффективный сигнал, полученный в данной работе хотя и имеет такую же скорость спада спектра ( $w^2$ ), но за счет более высокого пик-фактора имеет более выгодную с точки зрения оптимального использования спектральных ресурсов, спектральную характеристику (причем чем выше пик-фактор тем выгоднее спектральная характеристика).

В данной работе показан общий алгоритм решения для функций описывающих более быстрый спад спектра ( $g(w) = w^{2n}$ ,  $n > 1$ ). Для скорости спада спектра сигнала большей, чем  $w^2$  данная задача решается в принципе аналогично, но получение решения более трудоемко.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Вальдман Д. Г., Макаров С. Б., Теаро В. И. “Синтез спектрально-эффективных сигналов с заданными частотно-временными характеристиками для систем связи“, декабрь 1997, выпуск 3, - С. 22-33.
2. Гуревич М. С. “Спектры радиосигналов” – М.: Связьиздат, 1963.-312с.
3. Школьный Л. А. “Оптимизация формы огибающей радиоимпульса по минимуму внеполосных излучений” // Радиотехника, т. 30, №6, 1975. – С. 12-15.
4. Эльсгольц Л. Э. “Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление”, Изд. Наука, 1965 , 424 с.