

УДК 621.319.019

А.А.Егоров (6 курс, каф. РЭСЗИ), С.Б.Макаров, д.т.н., проф.

## СИНТЕЗ СПЕКТРАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНЫХ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИГНАЛОВ С ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ

**ABSTRACT:** This paper demonstrates the application of solving method for the task of spectrum-effective signal envelope obtaining and use this envelope for phase (-shift) keying (PSK). The study of dependence of signal form and spectrum from the peak-factor and speed recession spectrum was made. The study of noiseproof feature phase (-shift) keying (PSK) on application of spectrum-effective envelope 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 (Bell Northern Research, TRW, Fujitsu), КАМ сигналы в радиорелейной связи (TRW, Fujitsu), модуляция с минимальным сдвигом (ММС) в стандарте POCSAG, квадратурно-фазовая манипуляция (КФМ) в спутниковой, сотовой связи (Mobile Satellite, North America Digital Cellular), частотно-манипулированные сигналы с частотным импульсом вида трапеции (ТРЧМ) и приподнятый косинус (ПКЧМ) в КВ связи (Омский НИИ приборостроения), гауссовская ММС (ГММС) в цифровой сотовой связи (Ericsson). 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 данной работе сформулирована “общая” задача оптимизации огибающей спектрально-эффективного сигнала, у которого скорость спада спектра подчиняется функции вида  $g(w) = w^{2n}$  (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  $g(w) = w^{2n}$  для  $n=1,2,3,4$ . Исследование помехоустойчивости модуляций ФМ-8, ФМ-16 при применении пары спектрально-эффективных огибающих с разными скоростями спада.

Полученные решения являются непрерывным семейством спектрально-эффективных огибающих, зависящих от пик-фактора. Повышение пик-фактора приводит к более плавным фазовым переходам при применении данных огибающих для фазовой манипуляции, что приводит к быстрому спаду боковых лепестков спектра, но в тоже время, к расширению главного лепестка спектра. Таким образом, при применении спектрально-эффективных огибающих 99% энергии сигнала концентрируется в более узкой полосе спектра, что позволяет экономить спектральные ресурсы. Использование в ФМ-8 и ФМ-16 двух спектрально-эффективных огибающих может привести не только к экономии спектральных ресурсов, но и к выигрышу по помехоустойчивости в сравнении с ФМ-8 и ФМ-16 с применением прямоугольной огибающей (для ФМ-8 выигрыш от 0.5дБ до 1.9дБ, для ФМ-16

выигрыш от 2.2дБ до 5.7дБ в зависимости от огибающих). Рассчитанные огибающие могут применяться в цифровой радиосвязи при использовании систем с несколькими несущими частотами т.к. высокая скорость спада и большая концентрация энергии в относительно узкой полосе позволяют избежать значительных помех соседних каналов, а значит можно более плотно располагать каналы в отведенной полосе частот, что и позволяет экономить спектральные ресурсы.

#### 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, 424с.