



## АНАЛИЗ КВАДРАТУРНОЙ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ (QPSK)

**<sup>1</sup>Короткова Лариса Александровна**

ст. пр. Ташкентский Государственный Технический Университет,  
кафедра «Радиотехнические устройства и системы»,

**<sup>2</sup>Хасанов Миркомил Мирхидоят угли**

ст. пр. Ташкентский Государственный Технический Университет,  
кафедра «Радиотехнические устройства и системы»,

**<sup>3</sup>Худойбергатов Шавкат Каримович**

ст. пр. Ташкентский Государственный Технический Университет,  
кафедра «Радиотехнические устройства и системы»,

**<sup>4</sup>Жабборов Алибек Ботиркул угли**

ст. пр. Ташкентский Государственный Технический Университет,  
кафедра «Радиотехнические устройства и системы».

### ARTICLE INFO

Received: 14<sup>th</sup> January 2023

Accepted: 23<sup>th</sup> January 2023

Online: 24<sup>th</sup> January 2023

### KEY WORDS

Последовательностью  
кодовых видеосигналов,  
квадратурная фазовая  
модуляция,  
высокочастотный сигнал,  
логический  
нуль.

### ABSTRACT

*Эта статья посвящена квадратурной фазовой модуляции, ее реализации и практическому применению в высокочастотных сигналах.*

Цифровые виды модуляции используются для передачи кодированных сообщений дискретными методами. Сущность цифровой модуляции заключается в том, что передаваемый непрерывный сигнал дискретизируется во времени, квантуется по уровню и полученные отчеты, следующие в дискретные моменты времени, преобразуются в кодовые комбинации. Полученной последовательностью кодовых видеосигналов модулируется высокочастотный сигнал-переносчик.[1]

В квадратурной фазовой модуляции используются четыре значения фазы несущего колебания. Например, четыре (0, 90, 180 и 270°). В этом случае говорят о так называемой квадратурной (четырёхпозиционной) фазовой модуляции (Quadrature Phase Shift Key, QPSK). Чтобы понять происхождение этого термина, рассмотрим общий вид сигнала, модулированного по фазе.

С учетом простейших тригонометрических соотношений данную формулу несложно привести к виду:

$$S(t) = A\sin(2\pi ft)\cos\varphi(t) + A\cos(2\pi ft)\sin\varphi(t). \quad (1)$$

Из полученного выражения видно, что исходный сигнал можно представить в виде суммы двух гармонических составляющих, смещенных друг относительно друга по фазе на 90°. В передатчике, производящем модуляцию, одна из этих составляющих синфазна сигналу генератора, а вторая находится в квадратуре по отношению к этому



сигналу (отсюда — квадратурная модуляция). Синфазная составляющая обозначается как I (In Phase), а квадратурная — как Q (Quadrature). Исходный сигнал несложно преобразовать:

$$\begin{aligned} S(t) &= A \sin(2\pi ft + \varphi) = \\ &= \frac{A}{\sqrt{2}} \sin(2\pi ft + \frac{\pi}{4})(\cos \varphi + \sin \varphi) - \\ &\quad - \frac{A}{\sqrt{2}} \cos(2\pi ft + \frac{\pi}{4})(\cos \varphi - \sin \varphi) \end{aligned}$$

Если ввести обозначения  $d_i = \cos \varphi + \sin \varphi$ ;  $d_q = \cos \varphi - \sin \varphi$ , то получим следующий вид сигнала:

$$\begin{aligned} S_{QPSK}(t) &= \frac{A}{\sqrt{2}} d_i \sin(2\pi ft + \frac{\pi}{4}) - \\ &\quad - \frac{A}{\sqrt{2}} d_q \cos(2\pi ft + \frac{\pi}{4}) \\ I &= \frac{A}{\sqrt{2}} d_i \sin(2\pi ft + \frac{\pi}{4}) \\ Q &= \frac{A}{\sqrt{2}} d_q \cos(2\pi ft + \frac{\pi}{4}) \end{aligned}$$

Кодирующие сигналы  $d_i$  и  $d_q$  могут принимать значения +1 и -1; учитывая, что  $d_i = \cos \varphi + \sin \varphi$ ;  $d_q = \cos \varphi - \sin \varphi$ , получим соотношение между сдвигом фазы и кодирующими сигналами, приведенное в таблице 1:

Таблица 1.

Фаза сигнала	$d_i$	$d_q$
0°	+1	+1
90°	+1	-1
180°	-1	-1
270°	-1	+1

При реализации квадратурной фазовой модуляции входной поток бит преобразуется в кодирующую последовательность  $\{d_k\}$  так, что логическому нулю соответствует кодирующий бит +1, а логической единице — кодирующий бит -1. После этого кодирующий поток разделяется на четные и нечетные биты. Четные биты поступают в I-канал, а нечетные — в Q-канал.[2]

Причем длительность каждого управляющего импульса  $d_i$  и  $d_q$  в два раза больше длительности исходного импульса  $d_k$ . Управляющие биты  $d_i$  модулируют по фазе сигнал  $\sin(2\pi ft + \pi / 4)$ , а биты  $d_q$  модулируют ортогональный сигнал (смещенный по фазе на 90°), то есть  $\cos(2\pi ft + \pi / 4)$ .

После этого оба сигнала складываются и образуется модулированный сигнал (рис.1).[3]

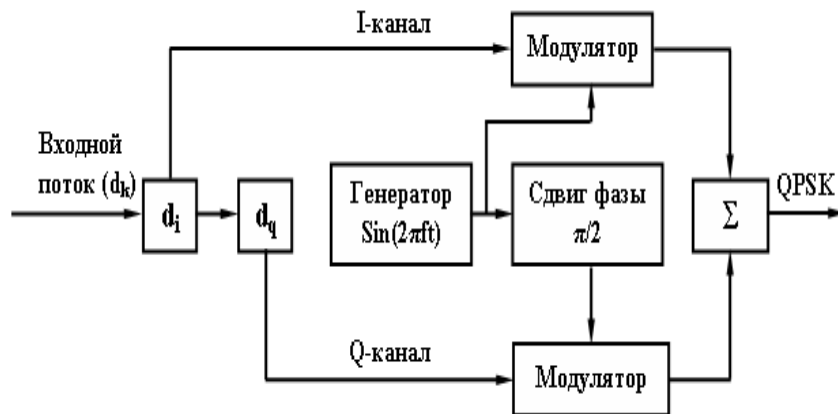


Рис.1. Структурная схема квадратурной фазовой модуляции.

### References:

1. К. Феер. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра.: Пер. с англ. /Под ред. В.И. Журавлева. -М.: «Радио и связь», 2000.
2. Дж. Прокис. Цифровая связь.: Пер с англ. /Под ред. Д.Д. Кловского.-М.: «Радио и связь», 2000.
3. Gronemeyer S. A., McBride A. L., MSK and Offset QPSK modulation, "IEEE Trans. on Commun.", 1976, v. COM-24, № 8, p. 809.