

Выделение комплексной
огибающей

Выделение комплексной огибающей

При модуляции мы умножали комплексную огибающую на $e^{j\omega_0 t}$

Поэтому для возвращения на нулевую частоту надо было бы умножить на $e^{-j\omega_0 t}$, и все дела.

Но передавали то мы только реальную часть, поэтому при умножении принятого полосового сигнала на $e^{-j\omega_0 t}$ мы получим другой комплексный сигнал.

$$(I_k \cos(\omega t) - Q_k \sin(\omega t))[\cos(\omega t) - j \sin(\omega t)]$$

Тригонометрические тождества

$$\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) = \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$$

$$\sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) = \frac{1}{2} \cdot [\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)]$$

$$\cos(\alpha) \cdot \sin(\beta) = \frac{1}{2} \cdot [\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)]$$

$$\sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) = \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$$

Синфазная составляющая на приеме

$$\begin{aligned} A_k &= (I_k \cos(\omega t) - Q_k \sin(\omega t)) \cos(\omega t) = \\ &= I_k \cos(\omega t) \cos(\omega t) - Q_k \sin(\omega t) \cos(\omega t) = \\ &= \frac{1}{2} I_k + \frac{1}{2} I_k \cos(2\omega t) - \frac{1}{2} Q_k \sin(2\omega t) \end{aligned}$$

$\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) = \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$
 $\sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) = \frac{1}{2} \cdot [\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)]$

Квадратурная составляющая на приеме

$$\begin{aligned} B_k &= (I_k \cos(\omega t) - Q_k \sin(\omega t)) (-\sin(\omega t)) = \\ &= -I_k \cos(\omega t) \sin(\omega t) + Q_k \sin(\omega t) \sin(\omega t) = \\ &= -\frac{1}{2} I_k \sin(2\omega t) - \frac{1}{2} Q_k \cos(2\omega t) + \frac{1}{2} Q_k \end{aligned}$$

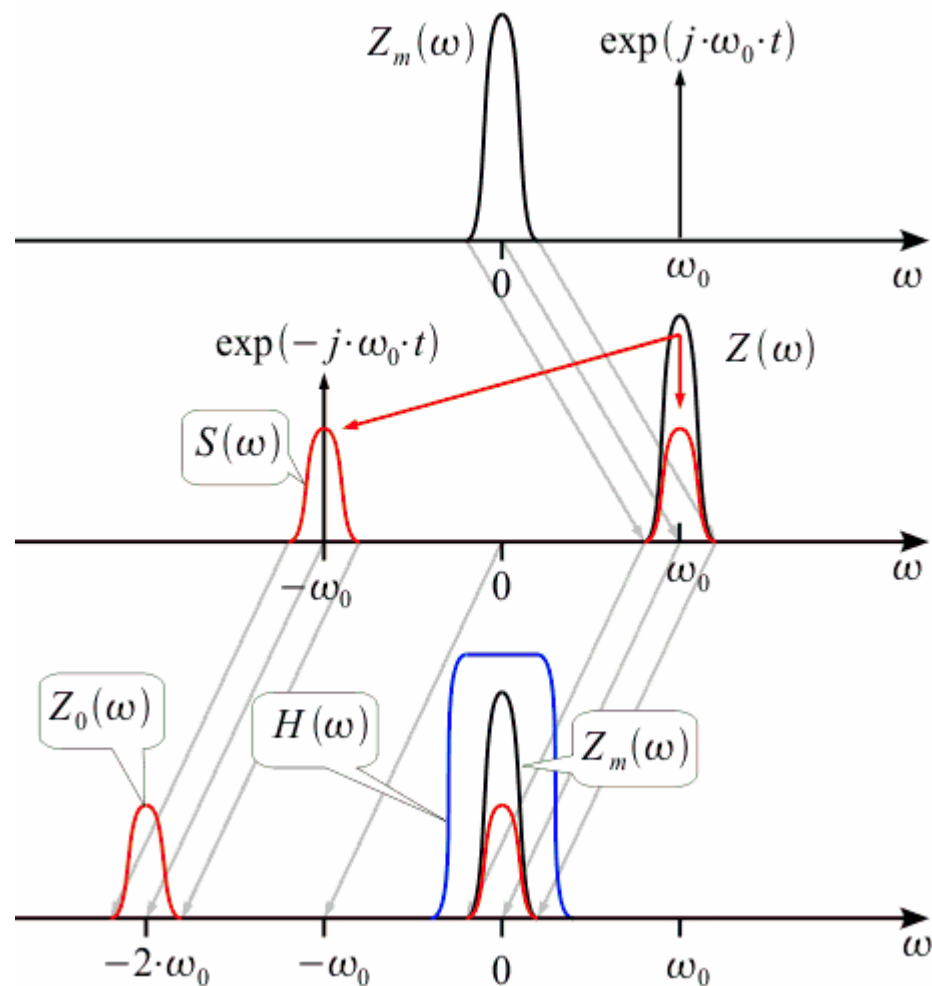
$\cos(\alpha) \cdot \sin(\beta) = \frac{1}{2} \cdot [\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)]$
 $\sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) = \frac{1}{2} \cdot [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$

При умножении комплексной огибающей на комплексную экспоненту спектр сигнала просто смещается на частоту несущей. Но при взятии действительной части спектр реального сигнала становится симметричным относительно нуля и раздваивается (каждая копия в 2 раза меньше оригинала).

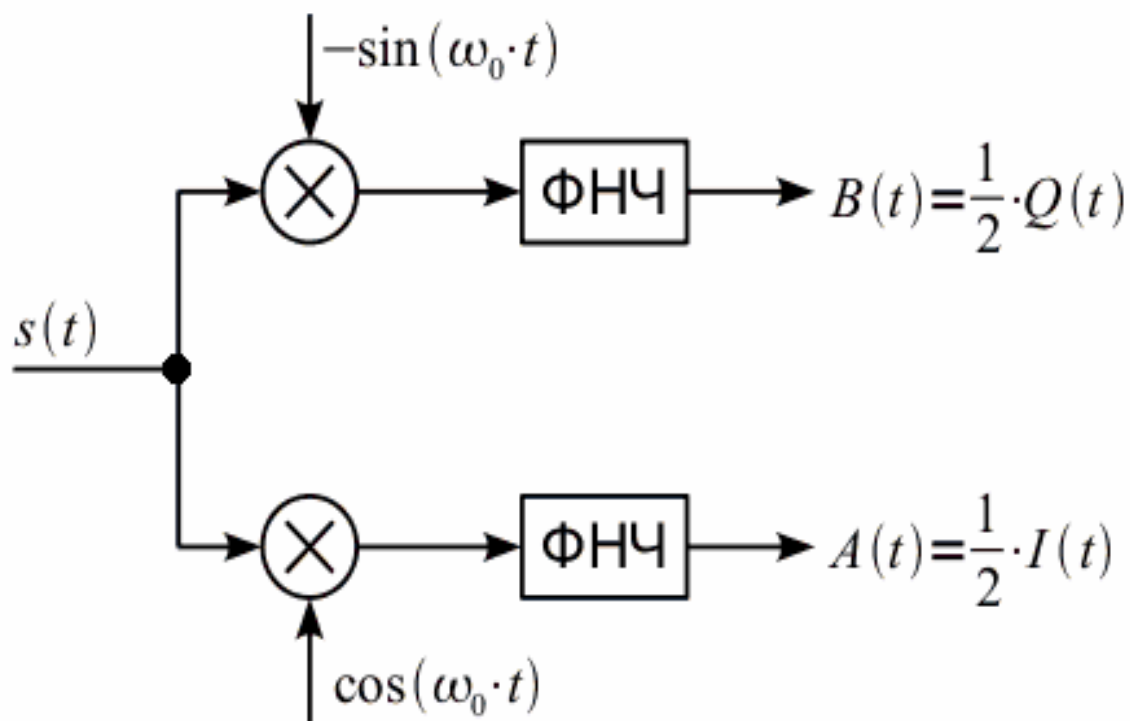
При умножении такого спектра на комплексную экспоненту обе боковые смещаются на $-\omega$ в сторону отрицательных частот.

После чего положительная копия становится на нулевую частоту, а отрицательная улетает на -2ω

Для выделения детектированного сигнала необходимо применить ФНЧ. Полученные квадратуры будут иметь амплитуду 0.5 от оригинала.

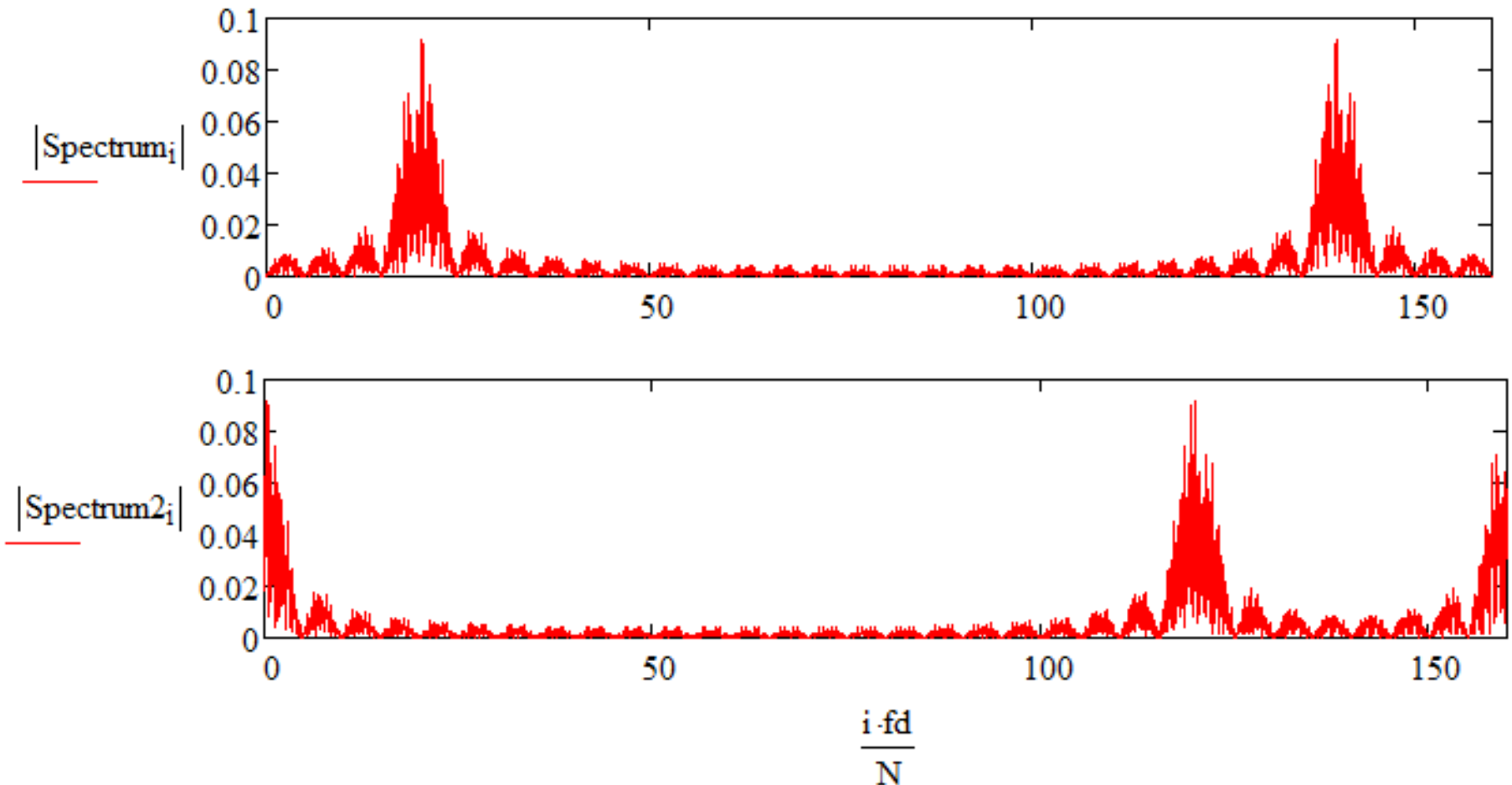


Структурная схема квадратурного гетеродина

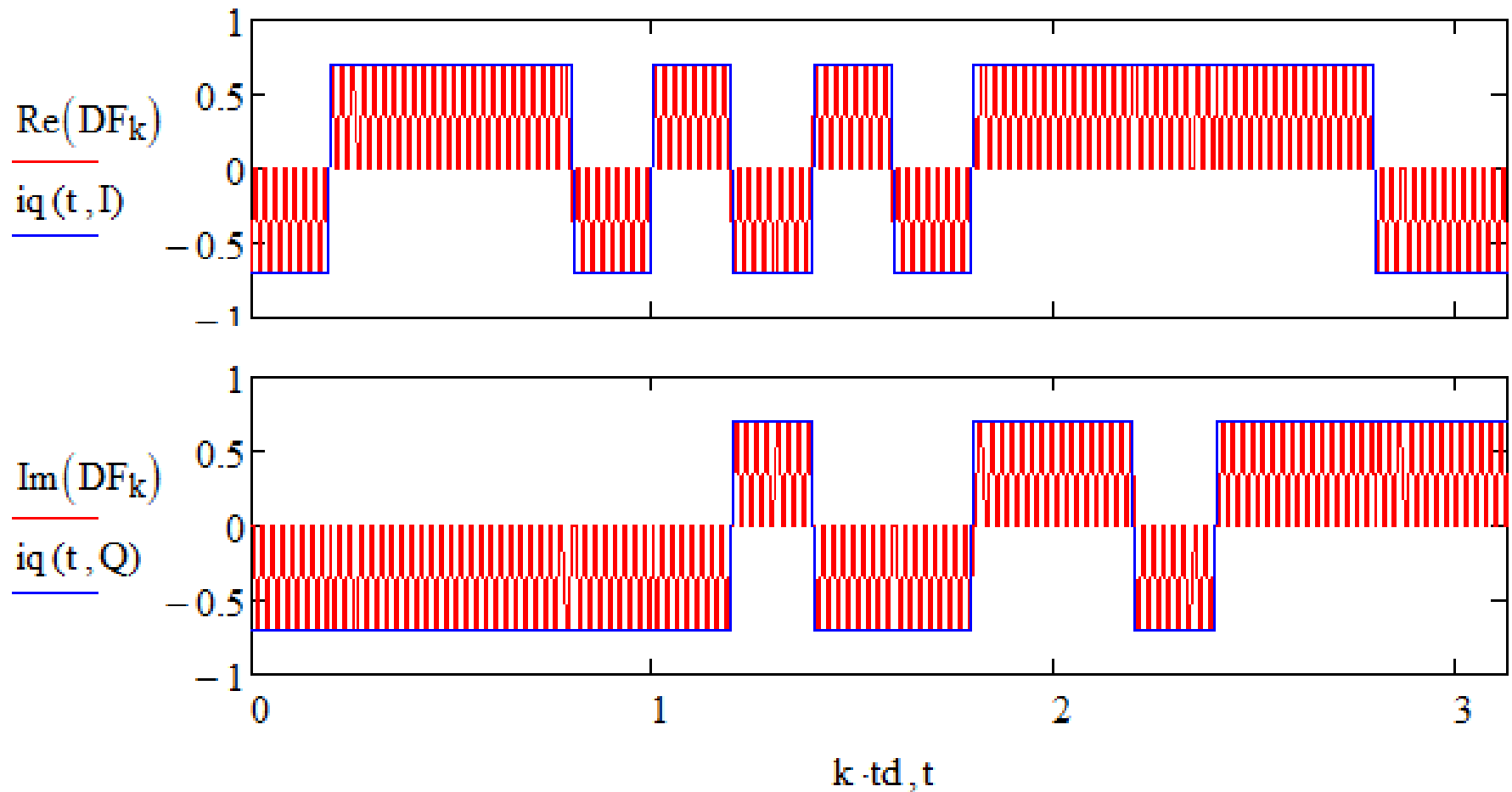


Спектр действительного полосового сигнала с центральной частотой 20 Гц и спектр после понижающего преобразования умножением на комплексную экспоненту

$$M_k e^{-j2\pi f_0 k t_d}$$

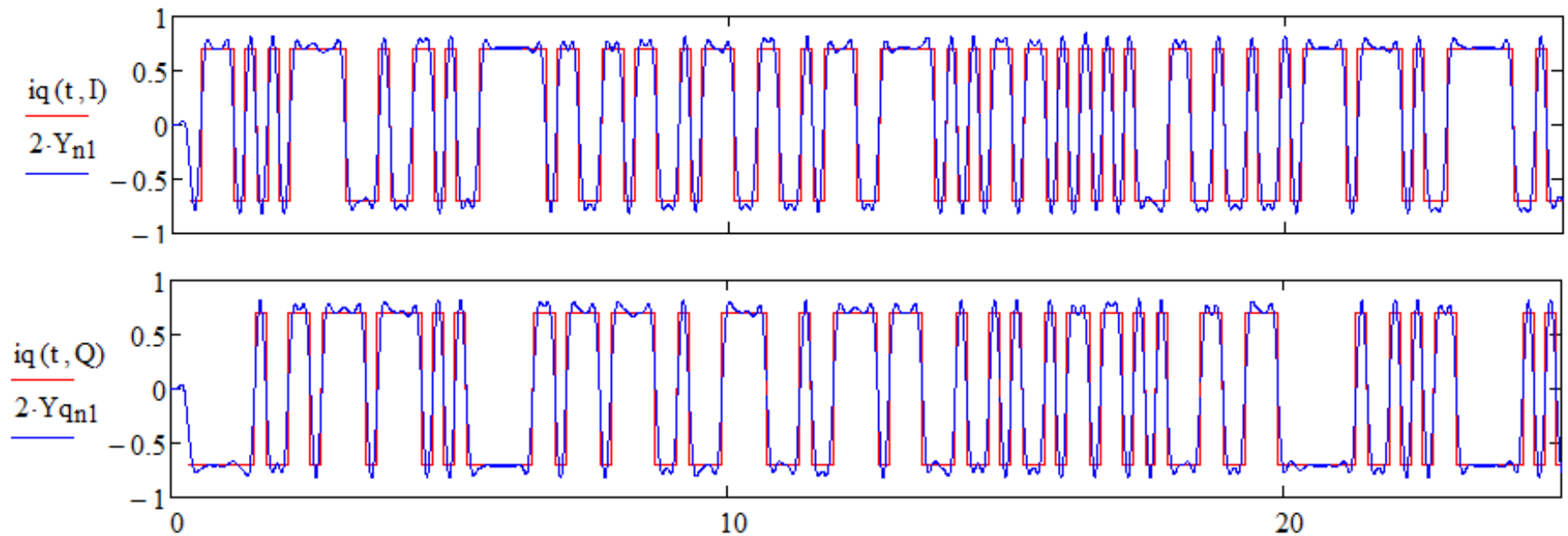


Квадратуры после умножения на комплексную экспоненту



Как видим, помимо квадратур комплексной огибающей присутствует составляющая минус удвоенной частоты несущей

Квадратуры после фильтрации.



Амплитуды принятых квадратур оказались в два раза меньше, чем у исходной комплексной огибающей