Технічні науки / 7. Електротехніка, радіоелектроніка та мікросхемотехніка

д.т.н. Сукачев Э.А., к.т.н. Казакова Н.Ф., асп. Чуприна А.А.
Международный гуманитарный университет, г. Одесса

СИНТЕЗ СИГНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

В [1, 2] были предложены свободные от межсимвольной интерференции (МСИ) сигнальные функции, расширяющие множество уже известных селективных функций, используемых в технике связи [3, 4]. Применяемая в [1, 2] методика позволяет обобщить полученные ранее результаты и построить новый класс сигнальных функций, включающий в себя большинство селективных сигналов, нашедших применение в теоретических и практических исследованиях.

Рассмотрим класс функций в пространстве L^2 $(-\infty, \infty)$, спектральная плотность которых принадлежит пространству $L^2(-\omega_B, \omega_B)$ и может быть записана в виде

$$\left|S\left(j\omega\right)\right| = \begin{cases} UT & \text{ï ðè } 0 \le |\omega| \le \omega_A; \\ S_\Delta\left(\omega\right) & \text{ï ðè } \omega_A \le |\omega| \le \omega_B; \\ 0 & \text{ï ðè } \omega_B \le |\omega|; \end{cases} \qquad (1)$$

где: $S_\Delta\left(\omega\right)$ – вещественная функция, обладающая нечетной симметрией относительно точки (ω_c, $UT/2$), что является достаточным условием того, чтобы сигнал удовлетворял первому критерию Найквиста [3, 4]; $\omega_A=(1-\alpha)\omega_c$, $\omega_B=(1+\alpha)\omega_c$ – границы переходной области; $0 \le \alpha \le 1$ – коэффициент «скругления» спектральной характеристики; $\omega_c= \pi/T$ – центральная частота переходной области; T – длительность тактового интервала.

Фазовый спектр сигнала принимается равным нулю. Спектральную характеристику в переходной области $S_\Delta(\omega)$ можно аппроксимировать линейной функцией и синусоидой так, чтобы сохранить указанную симметрию. В этом случае

$$S_\Delta(\omega) = S_\Delta^{(1)}(\omega) + S_\Delta^{(2)}(\omega),\ \ \omega_A \le \omega \le \omega_B, \qquad (2)$$

где: $S_{\Delta}^{(1)}(\omega)=\frac{\mathrm{UT}}{2}\left[\frac{(1-2\beta)+\alpha}{\alpha}-\frac{(1-2\beta)}{\alpha\omega_c}\right]$: $\beta=\left(y_1-y_A\right)/y_1$ – параметр линейной составляющей (рис.1); $S_{\Delta}^{(2)}(\omega)=UT\alpha\sin\left[\frac{p\pi(\omega-\omega_c)}{\alpha\omega_c}\right]$, $\omega_A<\omega\le\omega_B$, где α – амплитуда синусоидальной составляющей спектральной характеристики в переходной области; p – число полуволн синусоидальной составляющей в полосе $\Delta\omega=\alpha\omega_c$.

При выборе β, α и ρ должно выполняться условие $S_{\Delta}(\omega)\le UT$. Для получения сигнальной функции воспользуемся обратным преобразованием Фурье. Поскольку $S(j\omega)$=$S(\omega)$ – вещественная функция, обладающая четной симметрией относительно оси ординат, то справедливо равенство:

$$S(t)=\frac{1}{\pi}\int_0^{\infty}S(\omega)\cos\omega t d\omega=\frac{UT}{\pi}\int_0^{\omega_A}\cos\omega t d\omega+\frac{UT}{2\pi}\int_{\omega_A}^{\omega_B}\frac{(1-2\beta)+\alpha}{\alpha}\cos\omega t d\omega-$$
$$-\frac{UT}{2\pi}\int_{\omega_A}^{\omega_B}\frac{(1-2\beta)\omega}{\alpha\omega_c}\cos\omega t d\omega+\frac{UT}{\pi}\int_{\omega_A}^{\omega_B}\alpha\sin\left(p\pi\frac{\omega-\omega_c}{\alpha\omega_c}\right)\cos\omega t d\omega, \tag{3}$$

или в окончательном виде:

$$S(t;\alpha,\beta,\alpha,\rho)=U\frac{\sin\omega_c t}{\omega_c t}\left\{2\beta\cos\alpha\omega_c t+(1-2\beta)\frac{\sin\alpha\omega_c t}{\alpha\omega_c t}+\right.$$
$$\left.+\frac{2\alpha}{1-\left(\alpha t/\rho T\right)^2}\left[\frac{\alpha t}{\rho T}\cos(\rho\pi)\sin\alpha\omega_c t-\left(\frac{\alpha t}{\rho T}\right)^2\sin(p\pi)\cos\alpha\omega_c t\right]\right\}. \tag{4}$$

В силу оговоренных выше свойств спектральной характеристики (1) сигнальная функция (4) удовлетворяет первому критерию Найквиста. Варьируя четырьмя параметрами α, β, α и ρ, можно получить большое количество импульсных сигналов, обладающих разнообразными свойствами.

Рассмотрим некоторые частные случаи.

1. При $\alpha\to0$ сигнал (4) превращается в импульсную реакцию идеального ФНЧ с прямоугольной АЧХ

$$S(t;\ 0,\beta,\alpha,\rho)=U\,\frac{\sin\omega_c t}{\omega_c t}.$$

2. При α=0 получается импульс, рассмотренный в [1]

$$S(t;\ \alpha,\beta,0,\rho)=U\,\frac{\sin\omega_c t}{\omega_c t}\left[2\beta\cos\alpha\omega_c t-(2\beta-1)\frac{\sin\alpha\omega_c t}{\alpha\omega_c t}\right].$$

3. Если β=1/2 и ρ=1/2, то функция (4) совпадает с обобщенной сигнальной функцией в [2] , параметры которой равны $\alpha_1=-2\alpha$ и $\alpha_3=\alpha_5=...=0$, т. е.

$$S(t;\alpha,1/2,\alpha,1/2)=U\,\frac{\sin\omega_c t}{\omega_c t}\cos\alpha\omega_c t\left[1-\frac{2\alpha\left(2\alpha t/T\right)^2}{1-\left(2\alpha t/T\right)^2}\right],\ \text{ãäå}\ -0,5\le\alpha\le0,5.$$

4. Если β=0,5; α=-0,5 и ρ=0,5, то выражение (4) принимает вид

$$S(t;\alpha,1/2,-1/2,1/2)=U\,\frac{\sin\omega_c t}{\omega_c t}\,\frac{\cos\alpha\omega_c t}{1-\left(2\alpha t-T\right)^2},$$

т.е. соответствует спектральной характеристике типа «приподнятый» косинус [3].

5. Если β=0 и α=0, то приходим к соотношению $S(t;\alpha,0,0,\rho)=U\,\frac{\sin\omega_c t}{\omega_c t}\cdot\frac{\sin\alpha\omega_c t}{\alpha\omega_c t}$,

соответствующему спектральной характеристике с «треугольным» срезом [4].

В докладе представлены нормированные функции (4) для α=0,3; β=0,25; α=0,1, когда период аппроксимирующей синусоиды изменяется в пределах 0,5≤ρ≤ 2.

Литература:

1. Сукачев Э.А. Класс функций, удовлетворяющих первому критерию Найквиста // Труды УНИИРТ. – 1995. – №1. – С.30-31.

2. Сукачев Э.А. Обобщенная сигнальная функция для цифровых систем передачи // Информатика и связь. Сб. научных трудов Укр. гос. академии связи им.А.С.Попова. – Київ: Техніка. – 1995. – С.63-65.

3. Кисель В.А. Синтез гармонических корректоров для высокоскоростных систем связи. – М.: Связь, 1979. – 252 с.

4. Скопа А.А. Исследование межсимвольной интерференции в системах с парциальным откликом при скоростях передачи, превышающих скорость Найквиста // Информатика и связь: Сб. науч. тр. Укр. госуд. акад. связи им.А.С.Попова. – Одесса. – 1996.– С.91-95.