

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ ИДЕАЛЬНОМУ ФИЛЬТРУ В ПОЛОСЕ ПРОПУСКАНИЯ

В.Н. ШАШОК

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
пр. Независимости, 220, г. Минск 220057, Республика Беларусь
shashokv@gmail.com*

Предложен критерий комплексной оценки соответствия частотно-избирательных цепей идеальному фильтру в полосе пропускания, основанный на применении математической модели идеального сигнала для совместной оценки равномерности амплитудно-частотной и линейности фазочастотной характеристик цепей, представленных их функциями передачи.

Ключевые слова: идеальный фильтр, идеальный сигнал, частотно-избирательные цепи.

С учетом комплексного характера частотных искажений сигналов, вносимых частотно-избирательными цепями, выбор аппроксимирующих функций на начальном этапе их аналитического синтеза требует применения комплексного критерия, обеспечивающего совместную оценку равномерности амплитудно-частотной и линейности фазочастотной характеристик синтезируемых цепей или иначе, их соответствия идеальному фильтру в полосе пропускания [1]. Для проведения такой оценки предлагается в качестве входного тест-сигнала использовать идеальный низкочастотный сигнал [2], имеющий равномерный амплитудно-частотный и линейный фазочастотный спектры и представленный выражением спектральной плотности

$$S(j\omega) = \begin{cases} 0, & \omega < -\omega_0, \\ S_0 e^{-j\omega t_0}, & -\omega_0 \leq \omega \leq \omega_0, \\ 0, & \omega > \omega_0, \end{cases} \quad (1)$$

где t_0 – задержка сигнала относительно момента начала отсчета времени, определяющая наклон фазочастотного спектра.

Примем условие, что по ширине спектра сигнал (1) согласован с полосой пропускания фильтра-прототипа ($\omega_0 = 1$). Данный сигнал во временной области определяется обратным преобразованием Фурье

$$u_{с.вх}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) e^{-j\omega t_0} e^{j\omega t} d\omega = \frac{S_0}{\pi} \frac{\sin(t - t_0)}{t - t_0}. \quad (2)$$

Так как мнимая часть подынтегральной функции является нечетной, то выражение (2) содержит только реальную часть. Такой сигнал является бесконечным во времени и не имеет практической реализации. Вид сигнала во временной области совпадает с импульсной характеристикой идеального фильтра и приведен на рис. 1.

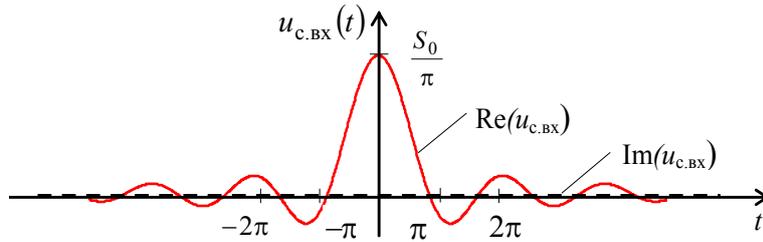


Рис. 1. Вид идеального сигнала (2), во временной области при $t_0 = 0$

Отклик фильтра-прототипа с нормированной функцией передачи $\frac{1}{k}K(j\omega)$ на тест-сигнал (2) описывается выражением

$$u_{c. \text{вых}}(t) = \frac{S_0}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{k} K(j\omega) e^{j\omega t} d\omega, \quad (3)$$

где $-k \leq 1$ – максимальный коэффициент передачи ЭДС источника в нагрузку.

Использование степени совпадения формы выходного сигнала (3) входному (2) в качестве критерия оценки позволяет судить о соответствии функции передачи синтезируемого фильтра функции передачи идеального неискажающего фильтра в полосе пропускания. С увеличением искажений амплитудно-частотного и фазочастотного спектров идеального сигнала происходит снижение его главного лепестка, уровень которого примем за оценку соответствия. Для повышения различимости оценок при высокой степени приближения характеристик к идеальным выражение для коэффициента соответствия синтезируемого фильтра идеальному неискажающему запишем в виде

$$C = 10 \lg \frac{1}{1 - \left(\frac{\max u_{c. \text{вых}}}{\max u_{c. \text{вх}}} \right)^2} = 10 \lg \frac{1}{1 - \left[\max \left(\int_{-1}^1 \frac{1}{k} K(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \right) \right]^2} \text{ дБ.}$$

Для неискажающих цепей, осуществляющих только масштабирование сигнала и его временную задержку, коэффициент $C = \infty$.

Таким образом, предложенный критерий комплексной оценки соответствия частотно-избирательных цепей идеальному фильтру в полосе пропускания, разработанный с учетом комплексного характера вносимых частотных искажений, позволяет совместно оценить отличия их амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик от идеальных в пределах полосы пропускания. Данную оценку целесообразно проводить на первом этапе синтеза малоискажающих частотно-избирательных цепей при выборе их аппроксимирующей функции передачи.

Список литературы

1. Батура М. П. Теория электрических цепей: учеб. / М. П. Батура, А. П. Кузнецов, А. П. Курулев; под общ. ред. А. П. Курулева. – 2-е изд., испр. – Минск: Высш. шк., 2007. – 608 с.: ил.
2. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / С. И. Баскаков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2003. – 462 с.: ил.