

ТРИФОНОВ И. И., ШЕЛЕПЕНКО С. Ю.

СИНТЕЗ МИНИМАЛЬНО-ФАЗОВЫХ НЕРЕКУРСИВНЫХ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ

Рассмотрены методики аппроксимации АЧХ и реализации цифровых минимально-фазовых нерекурсивных цифровых фильтров.

Передаточные функции нерекурсивных цифровых фильтров (НРЦФ) описываются рациональными функциями с вещественными коэффициентами [1, 2]

$$H(z) = \sum_{k=0}^N h_k z^{-k}. \quad (1)$$

Методы решения задачи аппроксимации амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) фильтров со строго линейными фазочастотными характеристиками (ФЧХ) разработаны достаточно полно [1, 2]. Коэффициенты h_k в (1) этих фильтров обладают симметрией, т. е. коэффициенты с номерами $N/2 \pm i$, $i = 0, N/2$, при четном N и номерами $N/2 \pm (i + 0,5)$, $i = 0, (N-1)/2$, при нечетном N попарно равны. Это означает, что, соответственно, $N/2$ и $(N+1)/2$ варьируемых параметров функции (1) отводится на аппроксимацию ФЧХ, а остальные — на аппроксимацию АЧХ.

Такие фильтры относятся к классу неминимально фазовых. В некоторых устройствах, например, сопряжения многоканальных систем передачи с частотным и временным разделением каналов [2], к ФЧХ требования не предъявляются. Поэтому ограничение симметрии можно снять и все $N+1$ варьируемых параметров функции (1) использовать для аппроксимации АЧХ, что при заданных требованиях к АЧХ позволит получить фильтр минимальной сложности. Решению этой задачи и посвящена данная работа.

Кратко рассмотрим свойства передаточных функций НРЦФ, представив функцию (1) в виде m сомножителей первого порядка, соответствующих вещественным ее нулям, m_1 сомножителей второго порядка, соответствующих парам комплексно-сопряженных нулей, и m_2 парам комплексно-сопряженных нулей, расположенным на единичной окружности комплексной плоскости z :

$$H(z) = h_0 \prod_{i=1}^m (1 + \alpha_i z^{-1}) \cdot \prod_{i=1}^{m_1} (1 + \beta_{1i} z^{-1} + \beta_{2i} z^{-2}) \cdot \prod_{i=1}^{m_2} (1 + \gamma_i z^{-1} + z^{-2}). \quad (2)$$