

УВЕЛИЧЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ФАЗОЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СОГЛАСУЮЩИХ УСТРОЙСТВ И ФИЛЬТРОВ, АДАПТИВНЫХ К РАЗЛИЧНЫМ ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Сутько А.А.,

курсант 5-го курса УО «ВА РБ», г. Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель – **Бойкачев П.В.**, канд. техн. наук, доцент

Заметный прогресс в технологии спутниковой и мобильной систем телекоммуникации, а также в радиолокационных системах связан с применением широкополосных и сверхширокополосных сигналов. Для обработки таких сигналов, к входным трактам радиоприемных устройств предъявляются некоторые требования, такие как избирательность и внесение минимальных искажений амплитудного и фазового спектров сигнала. В традиционной схемотехнике под неискажающим устройством понималось то устройство, которое имеет равномерную амплитудно-частотную характеристику, но неравномерность фазочастотной характеристики (ФЧХ) может оказать более серьезные проблемы на этапе обработки сигналов.

Для обеспечения вышеизложенных требований в последние годы стали применять фильтры с модифицированными функциями (МФ) передачи [1, 2]. В сравнении с классическими аппроксимирующими функциями (АФ) модифицированные функции передачи имеют следующие недостатки:

- большую неравномерность в полосе фильтрации;
- меньшее затухание в полосе заграждения;
- отсутствие свойства квадратной симметрии;
- большую нелинейность ФЧХ.

Предлагается новый вариант модификации АФ, аналитическое выражение для прототипа функции передачи (ФП) имеет следующий вид:

$$K_m(-s^2) = \frac{k^2}{1 + \varepsilon^2 \prod_{q=1}^N (s_q - 1)} \frac{\Psi_m(s) \Psi_m^*(s)}{\prod_{q=1}^N (s + s_q)}, \quad (1)$$

где $s = \sigma + j\omega$

$\Psi(s)$ – аппроксимирующий полином m порядка,

ε – коэффициент неравномерности характеристики в полосе фильтрации,

S_0 – комплексная частота, на которой функция принимает нулевое значение,

k – коэффициент передачи по мощности,

q – частота, на которой ФП мощности принимает нулевое значение,

N – число частот, на которых функция передачи мощности принимает нулевое значение.

МФ (1) отличается от классической функции тем, что в нее, определенным образом добавляются нули передачи. Данные нули образованы комплексно сопряженными парами, расположенными на комплексной плоскости s -переменной. Корни числителя и знаменателя (1) должны подчиняться квадрантной симметрии, благодаря чему коэффициенты полинома Гурвица будут являться действительными, в этом случае цепи согласования и фильтрации, с выбранной ФП, будут иметь физическую реализуемость.

В ранее опубликованных работах [2; 3] нули передачи МФ располагались только на мнимой оси комплексной плоскости s -переменной, что обеспечивало максимальный уровень спада и равномерность в полосе согласования и фильтрации амплитудно частотной характеристики, но ухудшало линейность фазочастотной характеристики. Для коррекции фазы, а именно улучшения ее линейности в полосе согласования и фильтрации предлагается модифицировать классические АФ таким образом, что бы нули образовывали комплексно сопряженную четверку на всей s - плоскости, а не только на мнимой оси.

Линейность фазочастотной характеристики нагляднее описывает групповое время запаздывания (ГВЗ), чем больше величина разброса ГВЗ между минимальным и максимальным значением, тем нелинейность фазы больше. На рисунке 1 приведена зависимость разброса ГВЗ от расположения нулей функции передачи для МФ Чебышева пятого порядка.

Рис. 1 позволяет определить область расположения вводимых нулей передачи, в которой разброс ГВЗ минимальный. Видимая на рисунке пара нулей расположена в районе $\sigma = \pm 0,035$ и $j\omega = \pm 0,96$.

Для значений $\sigma = \pm 0,035$, $j\omega = \pm 0,96$ коэффициент передачи по мощности (а) и ГВЗ (б) от частоты модифицированной функции Чебышева пятого порядка (сплошная линия), в сравнении с классической функцией Чебышева пятого порядка (пунктирная линия), для одинаковых начальных условий, будет выглядеть следующим образом, рисунок 2.

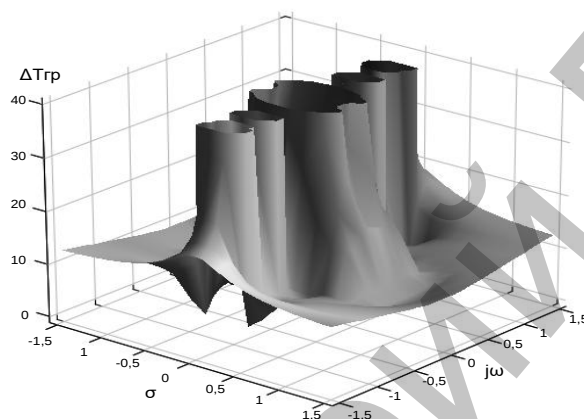


Рисунок 1 – Зависимость разброса ГВЗ от расположения нулей ФП для МФ Чебышева пятого порядка

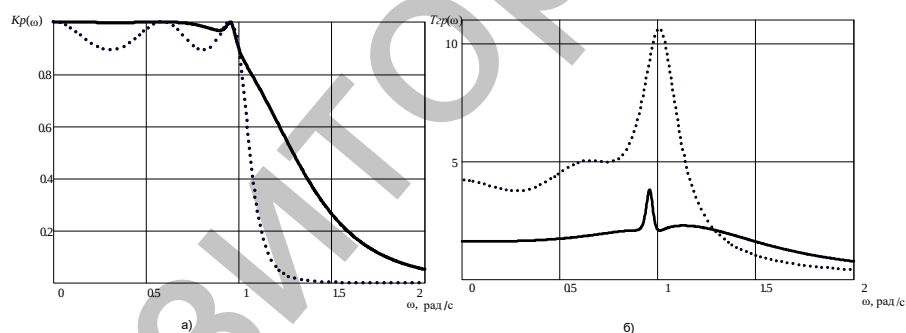


Рисунок 2 – Коэффициент передачи по мощности (а) и ГВЗ (б) от частоты модифицированной функции Чебышева 5-го порядка (сплошная линия) в сравнении с классической функцией Чебышева 5-го порядка (пунктирная линия)

Анализ приведенных зависимостей показывает, что модифицированная функция Чебышева пятого порядка уступает классической функции передачи в избирательности, но имеет большую равномерность в полосе фильтрации (согласования) коэффициента передачи и более равномерное и меньшее ГВЗ.

Следует отметить, что модифицированная аппроксимирующая функция может использоваться для конструирования широкого класса полиномиальных фильтров и широкополосных согласующих цепей по различным критериям, таким как минимизация искажения сигнала, как по фазе, так и по амплитуде, минимизация чувствительности на тот или иной элемент схемы, минимизация вероятности ошибки приема сигнала.

1. Cameron, R. J. Advanced Filter Synthesis / R. J. Cameron // Microwave magazine IEEE. – 2011. – Vol. 12. – P. 42–43.
2. Cameron, R. J. Generation of Transfer and Reflection Polynomials / R. J. Cameron // Microwave magazine IEEE– 2011. – Vol. 12. – P. 46–47.
3. Бойкачев П.В., / П.В.Бойкачев, Г.А.Филиппович // Вестник ВАРБ. – 2012. – №3(36). – с.43– 47