

УДК 628.336.42

РАСЧЕТ ЦИФРОВЫХ РЕКУРСИВНЫХ ФИЛЬТРОВ ПО ДАННЫМ АНАЛОГОВЫХ

Кириллюк Н.Н., студент гр.933701

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники¹

г. Минск, Республика Беларусь

Данейко Т.М. – магистр технических наук

Аннотация. Данная работа рассматривает вопрос расчета цифровых фильтров с помощью аналоговых характеристик. В работе указан метод расчета билинейного преобразования.

Ключевые слова. Рекурсивный фильтр, частотная характеристика, частотное преобразование, прямой метод, косвенный метод, норма, передаточная функция.

При расчете рекурсивных фильтров применяются прямые и косвенные методы.

Косвенный метод предполагает в качестве промежуточного этапа расчета аналогового фильтра (АФ). Затем по передаточной функции АФ получают схему цифрового фильтра (ЦФ).

Рассмотрим метод билинейного преобразования:

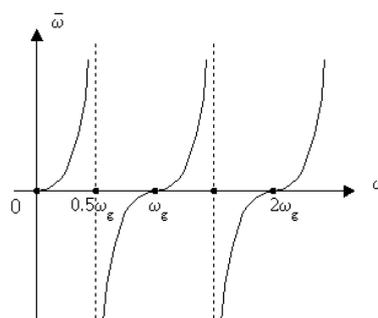
Основой этого метода является такое преобразование частоты, при котором частотная характеристика АФ сжимается до конечных размеров. В результате ошибок наложения, которые всегда существуют при переходе от АФ к ЦФ, частотные преобразования осуществляются с помощью выражения:

$$\frac{\bar{\omega}T}{2} = \operatorname{tg} \frac{\omega T}{2} \quad \text{где} \quad \bar{\omega} \rightarrow \bar{p} = \bar{\sigma} + j\bar{\omega} \quad ; \quad \omega \rightarrow p = \sigma + j\omega$$

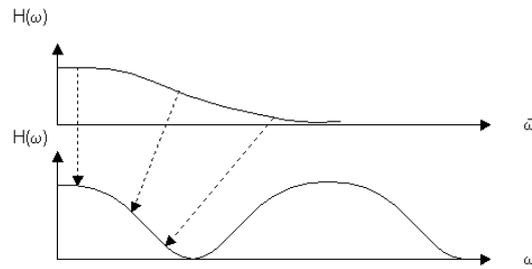
ω – реальная частота (частота ЦФ). Тогда:

$$\frac{\bar{p}T}{2} = \operatorname{th} \frac{pT}{2}$$

Соотношение между реальной и расчетной частотой удобно изобразить на графике.



Рассмотрим графически, как преобразуется частотная характеристика АФ в частотную характеристику ЦФ.



Рассмотрим соотношение частот \bar{p} по отношению к Z-плоскости.

Соотношение между P и Z:

$$e^{pT} = Z$$

Соотношение между \bar{p} и Z-плоскостью:

$$\frac{\bar{p}T}{2} = \text{th} \frac{pT}{2}, \text{ тогда } \bar{p} = \frac{2}{T} \text{th} \frac{pT}{2} = \frac{2}{T} \cdot \frac{e^{\frac{pT}{2}} - e^{-\frac{pT}{2}}}{e^{\frac{pT}{2}} + e^{-\frac{pT}{2}}} = \frac{2}{T} \cdot \frac{1 - e^{-pT}}{1 + e^{-pT}} =$$

$$= \frac{2}{T} \cdot \frac{1 - Z^{-1}}{1 + Z^{-1}} = \bar{p}$$

Последовательность расчета по методу билинейного преобразования.

1. Задано: норма на АФ переходит на ЦФ. $\frac{\bar{\omega}T}{2} = tg \frac{\omega T}{2}$
2. Рассчитать АФ в соответствии в полученных нормах. В результате расчетов становится известной передаточная характеристика $H(\bar{p})$.
3. Определить $H(Z)$ по $H(\bar{p})$ применяя формулу: $\bar{p} = \frac{2}{T} * \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$
4. По передаточной функции $H(Z)$ построить схему ЦФ.
5. Выполнить нужные расчеты по учету эффекта конечных разрядностей.

Недостаток метода в том, что преобразование частот носит нелинейный характер. Метод применяется, в основном, при проектировании частотно-селективных фильтров.

Список использованных источников:

1. <https://studfile.net/preview/7519662/page:27/>
2. <https://siblec.ru/telekommunikatsii/tsifrovaya-obrabotka-signalov/23-raschet-rekursivnykh-filtrov>
3. <http://ru.dsplib.org/forum/viewtopic.php?t=6706>
4. https://dic.academic.ru/dic.nsf/eng_rus/208738/паразитная
5. <https://www.ngpedia.ru/id161223p1.html>