



«Методы и алгоритмы
цифровой обработки сигналов
на базе MATLAB»

*Методы синтеза и анализа
цифровых фильтров. БИХ-
фильтры. Метод билинейного
z-преобразования*

Клионский Д.М. — к.т.н., доцент кафедры
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)

МЕТОД БИЛИНЕЙНОГО Z-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ (1)

Данный метод позволяет получить **оптимальный БИХ-фильтр**.

$$z = e^{pT} \Rightarrow p = \frac{1}{T} \ln z$$

Разложение логарифма в ряд Тейлора

$$\ln z = 2 \left[\frac{z-1}{z+1} + \frac{1}{3} \left(\frac{z-1}{z+1} \right)^3 + \dots \right]$$

$$p = \gamma \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}; \quad \gamma = \frac{2}{T} \quad z = \frac{\gamma + p}{\gamma - p}$$

Передаточная функция ЦФ

$$H(z) = H(p) \Big|_{p = \gamma \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}}$$



МЕТОД БИЛИНЕЙНОГО Z-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ (2)

Процедура синтеза

1. Задание требований к АЧХ ЦФ.
2. Переход к требованиям к АЧХ АФП.
3. Выбор типа аппроксимации.
4. Расчет нулей и полюсов передаточной функции АФП.
5. Расчет нулей и полюсов передаточной функции ЦФ по формуле.
6. Представление ПФ ЦФ в виде произведения множителей 2-го порядка.



МЕТОД БИЛИНЕЙНОГО Z-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ (3)

Синтез АФП БИХ-фильтров в MATLAB

$[Ra, Wn] = \text{buttord}(Wp, Ws, rp, rs, 's')$

$[Ra, Wn] = \text{cheby1ord}(Wp, Ws, rp, rs, 's')$

$[Ra, Wn] = \text{cheby2ord}(Wp, Ws, rp, rs, 's')$

$[Ra, Wn] = \text{ellipord}(Wp, Ws, rp, rs, 's')$

Синтез БИХ-фильтров

методом билинейного Z-преобразования в MATLAB

$[b, a] = \text{butter}(R, WDn, ftype)$

$[b, a] = \text{cheby1}(R, rp, WDn, ftype)$

$[b, a] = \text{cheby2}(R, rs, WDn, ftype)$

$[b, a] = \text{ellip}(R, rp, rs, WDn, ftype)$



МЕТОД БИЛИНЕЙНОГО Z-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ (3)

Определение порядка БИХ-фильтров

$$[R, WDn] = \text{buttord}(WDp, WDs, rp, rs)$$

$$[R, WDn] = \text{cheby1ord}(WDp, WDs, rp, rs)$$

$$[R, WDn] = \text{cheby2ord}(WDp, WDs, rp, rs)$$

$$[R, WDn] = \text{ellipord}(WDp, WDs, rp, rs)$$

При синтезе БИХ-фильтров сохраняется свойство **оптимальности АФЧ**.



РАССТАНОВКА ЗВЕНЬЕВ И МАСШТАБИРОВАНИЕ В КАСКАДНЫХ СТРУКТУРАХ

6

- 1) Звенья формируются посредством **объединения полюсов с ближайшими нулями**, после чего они расставляются в порядке возрастания радиусов полюсов.
- 2) На входах звеньев добавляются **масштабирующие множители**.

Реализация масштабирования в MATLAB

scale (Hf, norm)





«Методы и алгоритмы
цифровой обработки сигналов
на базе MATLAB»

*Методы синтеза и анализа
цифровых фильтров. БИХ-
фильтры. Метод билинейного
z-преобразования*

Клионский Д.М. – к.т.н., доцент кафедры
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)