

Московский Физико-Технический Институт
(государственный университет)

Работа 19
Задание 3

Сибгатуллин Булат, ФРКТ

Цель работы: познакомиться с поведением фильтров Чебышева и Баттерворта, эллиптическим фильтром и посмотреть, как они ведут себя при преобразовании в полосовые фильтры.

text

В работе используются: matlab v.8 для анализа поведения фильтров.

text

Теория

Фильтр Баттерворта порядка n получается при выборе:

Выполнение работы

1. Посмотрим на поведение фильтра Баттерворта при увеличении количества полюсов (n). На АЧХ можем видеть, что скорость затухания на декаду увеличивается пропорционально $20 \cdot n$, что совпадает с теорией. Также можем заметить, что когда количество полюсов нечетное - один из них лежит на вещественной оси, а когда четное - нет.

Перейдем к фильтру Чебышева. Заметим, что при увеличении количества полюсов они начинают сдвигаться в сторону мнимой оси на комплексной плоскости. На АЧХ с увеличением полюсов увеличивается количество колебаний в полосе пропускания. При уменьшении параметра неравномерности (ε), ширина полосы неравномерности (на АЧХ) уменьшается, если для $\varepsilon = 1$ полоса имела ширину в 3dB, то при $\varepsilon = 0.1$ полоса имеет ширину $\ll 1$ dB. Также при уменьшении ε расстояние между полюсами и мнимой осью в комплексной плоскости увеличивается.

Наконец рассмотрим эллиптический фильтр. При увеличении количества полюсов они смещаются в сторону мнимой оси в комплексной плоскости, а на самой мнимой оси появляются нули. На АЧХ увеличивается величина затухания на декаду. При уменьшении неравномерности уменьшается скорость затухания на декаду (график на АЧХ сужается), а на комплексной плоскости расстояние между полюсами и мнимой осью увеличивается. При уменьшении селективности (η) график сужается к оси u , а на комплексной плоскости нули сдвигаются в сторону вещественной оси. Также можем подтвердить, что при нечетном количестве полюсов эллиптический фильтр имеет нули в бесконечности, а при четном, нет.

2. Найдем уровень затухания фильтра Чебышева при параметрах $n = 7, \varepsilon = 1, \eta = 2$:

$$20 \log_{10} |H(s)| = -74dB$$

Тот же уровень затухания достигается у фильтра Баттерворта с параметрами $n = 7, \eta = 3.4$.

3. Уровень затухания фильтра Чебышева с параметрами $n = 7, \varepsilon = 1, \eta = 1.5$ будет равен $stoplevel \simeq 421.5(52.5dB)$. Такое же затухание будет у фильтра Баттерворта при $n = 15, \eta = 1.5$.

4. Уровень затухания эллиптического фильтра с параметрами $n = 7, \varepsilon = 1, \eta = 1.1$ будет равен $stoplevel \simeq 608.5(55.7dB)$. Такое же значение затухания достигается фильтром Чебышева с $n = 7, \varepsilon = 1$ и селективностью $\eta = 1.1$.
5. Определим максимальные добротности полюса полосовых фильтров Баттерворта и Чебышева с $Q = 10, n = 9, \varepsilon = 1$. Для преобразованного фильтра Чебышева $Q_{max} = 357.9$, а для преобразованного фильтра Баттерворта $Q_{max} = 57.7$.
6. Вычислим созвездия и характеристики эллиптического фильтра $ellp(7, 1, 1.5)$. Преобразуем его в фильтр верхних частот с параметрами $n = 7, \varepsilon = 1, \eta = 1.5$ и полосовой фильтр с параметрами $n = 7, \varepsilon = 1, \eta = 1.5$ и меняющейся добротностью $Q = 2; 5; 10$. Для всех Q измерим максимальные добротности полосового фильтра:

	Фильтр верхних частот	Полосовой фильтр		
Q		2	5	10
Q_{max}	23.48	97.97	238.94	476.14

7. Возьмем полосовой фильтр с параметрами $Q = 20, \varepsilon = 1, \eta_1 = 10^4 (80dB)$. Оценим селективность η , которую обеспечивает эллиптический фильтр порядка $n = 7$ с таким затуханием: $\eta = 1.36$. Подберем порядок фильтра Чебышева, который обеспечит сопоставимое с ним значение селективности: $n = 12$.

Преобразуем эти фильтры в полосовые с $Q = 20$, сравним максимальные добротности полюсов:

	Фильтр Чебышева	Фильтр Баттерворта
Q_{max}	2084.96	1049.39