

Расчёт и изучение характеристик фильтра Кауэра

1. Цели работы

- освоить расчёт и моделирование фильтра гармоник (фильтр Кауэра);
- оценить влияние «паразитных» элементов на АЧХ фильтра.

При работе радиопередатчика в диапазоне частот для перехода с одной частоты на другую приходится перестраивать цепи связи, в частности, цепи связи с нагрузкой (антенной). Чтобы исключить процедуру настройки цепей связи, которая требует определённого времени и квалификации оператора, в качестве цепей связи используют неперестраиваемые фильтры гармоник, которые в ограниченном диапазоне частот пропускают в нагрузку сигнал основной частоты (первую гармонику) и подавляют вторую и более высокие гармоники сигнала до допустимых по нормам значений. Обычно в качестве фильтров гармоник используются фильтры нижних частот Кауэра, Баттерворта или Чебышева. На рис. 1 в качестве примера изображён фильтр Кауэра шестого порядка.

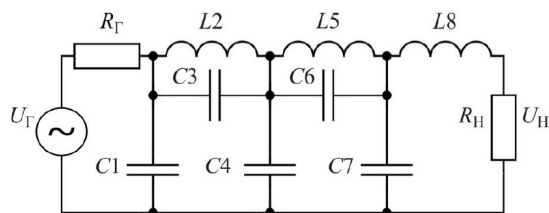


Рис.1. Схема фильтра Кауэра 6 порядка

Как правило, фильтр рассчитывают для случая, когда сопротивление генератора и нагрузки равны друг другу: $R_G = R_H$. В этом случае на нагрузке выделяется напряжение U_H равное половине напряжения генератора U_G .

Частотные характеристики фильтра оценивают с помощью функции рабочего затухания $A(\omega) = 20 \lg 1/|T(j\omega)|$ (рис. 2, а) или обратной ей функции передачи $|T(j\omega)| = 2|U_H(\omega)/U_G|$. Резонансные частоты контуров $L2, C3$ и $L5, C6$ фильтра Кауэра отмечены на рисунке частотами f_2 и f_4 .

Полоса задерживания, в которой фильтр обеспечивает гарантированное значение затухания A_S начинается с частоты f_S .

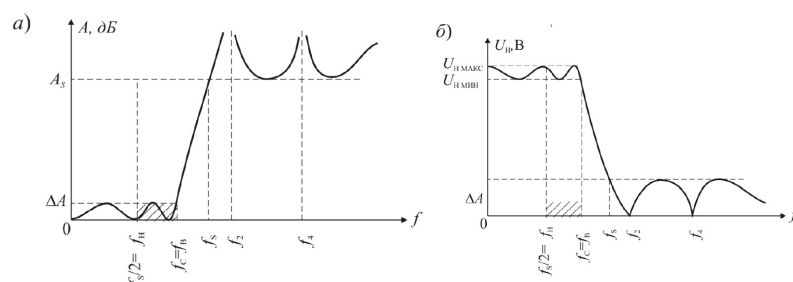


Рис. 2. АЧХ фильтра гармоник

Гарантированное затухание в полосе задерживания определяется по соотношению:

$$A_s = 20 \lg \frac{U_{H \text{ МАКС}}}{U_s}. \quad (1)$$

При работе передатчика в диапазоне частот от $f_s/2=f_H$ до $f_{CP}=f_B$ сигнал основной частоты (первая гармоника) без изменений будет передан в нагрузку, а вторая и все более высокие гармоники его сигнала будут ослаблены до уровня A_s .

Частота среза $f_{CP} = f_B$ в фильтрах Кауэра определяется по уровню ΔA (рис. 2, а) или по уровню напряжения $U_{H \text{ МИН}}$ (рис. 2, б). Таким образом, коэффициент перекрытия по частоте определяется по соотношению:

$$\gamma = \frac{f_B}{f_H} = \frac{f_{CP}}{f_s/2} = \frac{2f_{CP}}{f_s} < 2 \quad (2)$$

Причём γ тем ближе к двум, чем больше порядок фильтра. Однако с увеличением порядка фильтра, с ростом числа индуктивностей, увеличиваются потери энергии сигнала, уменьшается КПД фильтра.

Ожидаемый вид характеристики изображён на рис. 2, б.

Неравномерность затухания в полосе пропускания рассчитывается по формуле

$$\Delta A = 20 \lg \frac{U_{H \text{ МАКС}}}{U_{H \text{ МИН}}}, \text{ дБ} \quad (3)$$

Задание

Выполняется при подготовке:

1. Частоту среза и сопротивление нагрузки – из табл. 1, нормированные значения элементов фильтра выписать из табл. 2.

Таблица 1

Частота среза и сопротивление нагрузки

№№ заданий	1...5	6...10	11...15	16...20	21...24	25...28
Частота среза f_{CP} , МГц	100	125	150	175	200	250
Сопротивление нагрузки R_H , Ом	50	75	50	75	50	75

Таблица 1

Значения элементов фильтра

№ задания	Схема по рис. №	Нормированные величины элементов							
		α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8
1	а	0,153	0,677	0,490	0,920	0,517	1,080	0,632	0,511
2	г	0,349	0,870	0,203	1,040	0,443	0,899	0,012	
3	а	0,270	0,815	0,284	1,020	0,770	0,536	0,797	0,505
4	в	0,546	0,987	0,324	1,170	0,447	1,419	0,107	
5	б	0,153	0,677	0,490	0,920	0,517	1,080	0,632	0,511
6	в	0,349	0,870	0,203	1,040	0,443	0,899	0,012	
7	в	0,626	1,110	0,192	1,270	0,712	0,653	0,349	
8	в	0,680	1,187	0,115	1,373	0,921	0,345	0,507	
9	в	0,861	1,216	0,145	1,498	0,919	0,434	0,653	
10	в	1,144	1,153	0,202	1,670	0,834	0,599	0,875	
11	в	1,202	1,224	0,124	1,823	1,006	0,348	1,024	
12	а	0,515	1,067	0,257	1,210	0,990	0,481	1,070	0,736
13	а	0,646	1,110	0,299	1,227	0,990	0,565	1,125	0,897
14	а	0,730	1,230	0,188	1,375	1,213	0,340	1,237	0,889
15	а	0,847	1,116	0,354	1,229	0,967	0,663	1,145	1,138
16	а	0,944	1,242	0,230	1,399	1,211	0,408	1,256	1,146
17	б	0,270	0,815	0,284	1,020	0,770	0,536	0,797	0,505
18	б	0,515	1,067	0,257	1,210	0,990	0,481	1,070	0,736
19	б	0,646	1,110	0,299	1,227	0,990	0,565	1,125	0,897
20	б	0,730	1,230	0,188	1,375	1,213	0,340	1,237	0,889
21	б	0,847	1,116	0,354	1,229	0,967	0,663	1,145	1,138
22	б	0,944	1,242	0,230	1,399	1,211	0,408	1,256	1,146
23	г	0,546	0,987	0,324	1,170	0,447	1,419	0,107	
24	г	0,626	1,110	0,192	1,270	0,712	0,653	0,349	
25	г	0,680	1,187	0,115	1,373	0,921	0,345	0,507	
26	г	0,861	1,216	0,145	1,498	0,919	0,434	0,653	
27	г	1,144	1,153	0,202	1,670	0,834	0,599	0,875	
28	г	1,202	1,224	0,124	1,823	1,006	0,348	1,024	

2. Начертить схему фильтра Кауэра в соответствии с номером задания из табл. 1 по рис. 3 (в любой программе).

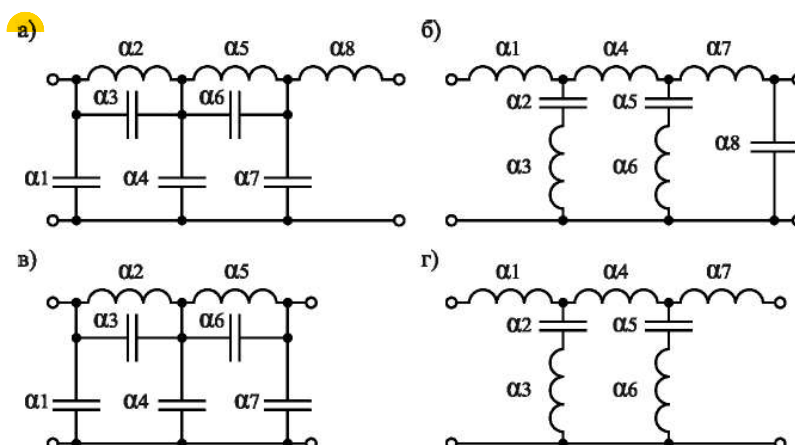


Рис.3. Схемы фильтров Кауэра (фильтров гармоник)

3. Рассчитать денормированные значения индуктивностей и емкостей по формулам:

$$C_i = \frac{\alpha_i}{\omega_{\text{ср}} R}; \quad L_i = \frac{\alpha_i R}{\omega_{\text{ср}}} \quad (4)$$

где

$\omega_{\text{ср}}$ — частота среза фильтра, $\omega_{\text{ср}}=2\pi f_{\text{ср}}$;

α_i — нормированное значение элемента;

R – сопротивление нагрузки фильтра.

4. Изобразить ожидаемый вид частотной зависимости U_H . (Весь расчёт фильтра и построение ожидаемой частотной зависимости U_H - производить в программе Mathcad).
5. Выполняется в классе в Оркаде.

Изобразить на поле OrCAD рассчитанную схему. Выполнить анализ её частотных характеристик.

По результатам моделирования, используя соотношения (1)–(3), рассчитать значения гарантированного затухания в полосе задерживания $A_s(\text{дБ})$ и ΔA , полосу частот $f_H \dots f_B$, в которой подавление второй гармоники каскада, работающего с отсечкой тока, будет равно гарантированному и коэффициент перекрытия по частоте (рис 2).

Затем, чтобы оценить влияние на характеристики фильтра паразитных параметров элементов, добавить в схемы:

- индуктивности выводов $L_{\text{выв}}=20\text{нГ}$, включённые последовательно с конденсаторами $C1, C4, C7$ для фильтров, изображённых на рис. 1, а, в;
- собственные ёмкости $C_{\text{пар}} = 5\text{пФ}$ катушек индуктивностей $L1, L4, L7$ для фильтров, изображённых на рис. 1, б, г.

Промоделировать АЧХ с установленными паразитными элементами и сравнить с исходными АЧХ.

Содержание курсовой работы:

1. Описание фильтра Кауэра (что это за фильтр, в каких случаях применяется).
2. Принципиальная схема фильтра.
3. Расчётные значения денормированных параметров.
4. Прогнозируемый вид частотной характеристики из маткада.
5. Частотные характеристики, построенные в ходе моделирования в Оркаде
6. Принципиальная схема фильтра с паразитными элементами и её частотная характеристика.
7. Выводы по результатам работы.