

## АКТИВНИ ФИЛТРИ

### ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Активните филтри са избирателни усилватели с фиксирана честотна лента, които се реализират с пасивни честотнозависими RC групи, включени в канала на усилването и/или веригата на ОБ на активен елемент (транзистор или ОУ).

Активните филтри с операционни усилватели (АФ) се използват в честотната област до 1MHz.

Постигането на сравнително високи качествени показатели при много по-малки размери е основното им предимство пред пасивните филтри.

Основни параметри на АЧХ на филтрите са:

-Лента на пропускане (потискане)- честотният обхват, в който филтърът пропуска (спира) сигнали с коефициент на предаване, по-голям или равен на единица (нула).

-Преходен участък- честотната област между лентата на пропускане и лентата на потискане. Основен параметър, с който се характеризира, е наклонът на АЧХ в dB/oct.

-Честота на среза (гранична честота)- това е честотата в преходния участък, при която коефициента на предаване е с 3dB/oct по-малък от стойността си в лентата на пропускане. По аналогичен начин се дефинират и граничните честоти  $f_1$  и  $f_2$  при лентови филтри, а така също и при заграждащите филтри.

-Неравномерност в лентата на пропускане (потискане). Това са пулсациите (отклоненията) в АЧХ. Измерват се в dB спрямо средното ниво.

-Качествен фактор. Дефинира се най-вече за ЛФ и ЗФ и определя избирателността им:

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} \quad (1); \quad \text{където} \quad f_0 = \sqrt{f_1 f_2} \quad (2)$$

Често качественият фактор се използва и при НЧ и ВЧ филтри като величина за сравняване на наклоните на АЧХ в преходния участък.

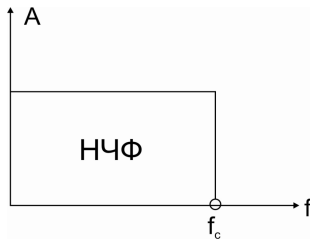
-Чувствителност- зависимостта на параметър на филтъра от промени в стойността на негов градивен елемент. Този параметър е особено важен за стабилността, настройката и повторемостта на филтъра.

Всеки полюс се определя от една елементарна RC верига и обуславя наклон в преходния участък 6dB/oct. Броят на полюсите определя порядъка (реда) на филтъра. Филтър с 4 подходящо подобрени RC вериги е от четвърти порядък и има наклон в преходния участък  $4 \times 6 \text{dB/oct} = 24 \text{dB/oct}$ .

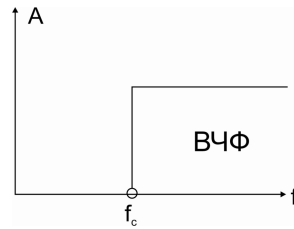
В зависимост от пропусканата честотна област те се делят на:

- 1/. Нискочестотни (НЧФ, LPF)- фиг.1
- 2/. Високочестотни (ВЧФ, HPF)- фиг.2
- 3/. Лентови (ЛФ, BPF)- фиг.3
- 4/. Заграждащи (ЗФ, RF)- фиг.4

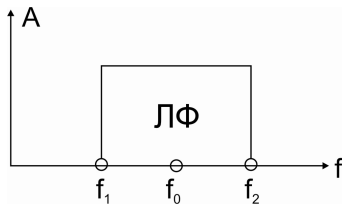
На фигури от 1 до 4 са показани техните идеални характеристики.



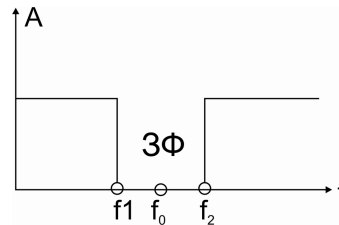
фиг.1



фиг.2

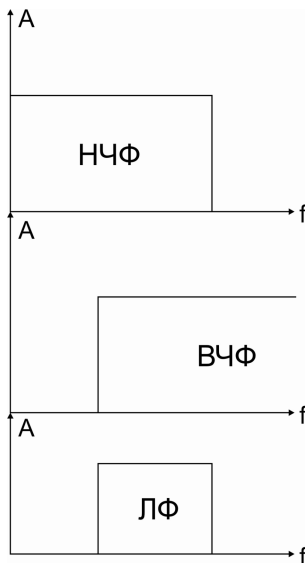


фиг.3

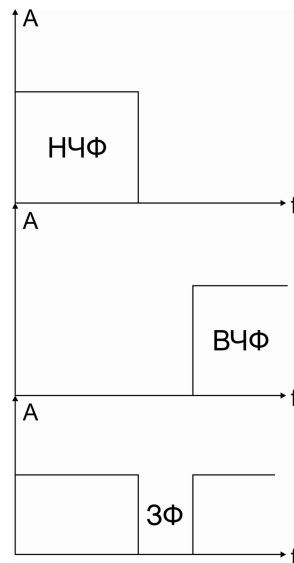


фиг.4

Лентов филтър може да се получи и когато се свържат последователно НЧФ и ВЧФ, ако  $f_{3dB LPF} > f_{3dB HPF}$  -фиг.5.



фиг.5



фиг.6

Заграждащи филтри се получават и при паралелно свързване на НЧФ и ВЧФ при условие  $f_{3dB LPF} < f_{3dB HPF}$  -фиг.6 с последващо сумиране на сигналите.

Филтрите се класифицират както в зависимост от типа на предавателната характеристика, така и в зависимост от вида на схемната реализация.

Филтрите с предавателна характеристика по Бътървурт са с максимално плоски характеристики в честотния обхват на пропускане. Фазово-честотната им характеристика е нелинейна, поради което те изкривяват преминаващите през тях импулсни сигнали- появяват се отскоци.

Филтрите с предавателна характеристика по Чебишев имат вълнообразен характер на АЧХ в лентата на пропускане. Вълните се сгъстяват в близост до преходната област и имат амплитуда, която може да се контролира при проектирането.

Филтрите с предавателна характеристика по Бесел са подобни на тези по Бътървурт по отношение на стръмността в преходната област, но имат линейна фазово-честотна характеристика.

Филтрите с предавателна характеристика по Чебишев-Кауер наричани още елиптически филтри имат пулсации както в лентата на пропускане, така и в лентата на потискане. Стръмността им в преходната област е най-голяма.

Изграждането на филтри с необходимата амплитудно-честотна характеристика става чрез каскадно свързване на звена от втори ред.

Звената от втори ред са пет основни типа:

а/. АФ от втори ред с един ОУ с ограничаван коефициент на усилване и едноконтурна обратна връзка. Пресмятат се лесно, имат голяма чувствителност към промяна в стойностите на елементите и малък качествен фактор. Типичен представител са филтрите на Сален и Кий.

б/. АФ от втори ред с един ОУ с неограничаван коефициент на усилване и многоконтурна обратна връзка. Пресмятат се трудно, имат малка чувствителност и малък качествен фактор.

в/. АФ от втори ред с един ОУ с неограничаван коефициент на усилване и едноконтурна обратна връзка. Пресмятат се лесно, имат малка чувствителност и малък качествен фактор.

г/. АФ от втори ред синтезиран по метода на променливите на състоянието- нарича се универсален филтър, тъй като са налични четири изхода, от които се получават АЧХ на филтрите от 1 до 4. Характерно за този тип филтри е трудното пресмятане и необходимостта от четири ОУ, но те са с малка чувствителност, много голям качествен фактор и устойчивост.

д/. АФ от втори ред от резонаторен тип. Това са предимно лентови филтри, които се изграждат от три или повече ОУ, пресмятат се лесно, имат малка чувствителност и много голям качествен фактор.

## ОПИСАНИЕ НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА

НЧФ на Сален и Кий от втори ред по Бътървурт е реализиран с елементите U1,R2,R3,R5,R6,R9,C1 и C4.

ВЧФ на Сален и Кий от втори ред по Чебишев с неравномерност 1dB е съставен от елементите U2,R1,R4,R7,R8,R10,C2 и C3.

ЛФ от втори ред с неограничаван коефициент на усилване и многоконтурна обратна връзка е изпълнен с елементите U3,R11,R12,R13,R14,C5 и C6.

## ЗАДАЧИ ЗА ЛАБОРАТОРНОТО УПРАЖНЕНИЕ

1/. Да се разучат принципната схема и разположението на елементите на печатната платка и се съпоставят с тези от лабораторния макет.

2/. Изчислете коефициентът на усилване в лентата на пропускане на НЧФ съгласно израза:

$$A_F = 1 + \frac{(R5 + R6)}{R9}$$

3/. Изчислете коефициентът на усилване в лентата на пропускане на ВЧФ съгласно израза:

$$A_F = 1 + \frac{(R7 + R8)}{R10}$$

4/. За ЛФ изчислете:

а/. Централната честота – $f_0$  съгласно израза (1), ако  $f_1=760\text{Hz}$ ;  $f_2=890\text{Hz}$ .

б/. Качественият фактор-  $Q$  съгласно израза (2).

в/.  $R12$ ,  $R13$ ,  $R11$ , ако  $A_F=10$  и  $C=4,7\text{nF}$  съгласно изразите:

$$R12 = \frac{Q}{2\pi f_0 C A_F} \quad R13 = \frac{Q}{2\pi f_0 C (2Q^2 - A_F)} \quad R11 = \frac{2Q}{2\pi f_0 C}$$

5/. Да се снемат АЧХ на НЧФ

6/. Да се снемат АЧХ на ВЧФ.

7/. Да се снемат АЧХ на ЛФ.

**Забележка:** АЧХ да се снемат с подходящо подбрана стъпка на изменение на честотата и такава амплитуда на синусоидалния сигнал, че да не се получи ограничение в изходния сигнал.

