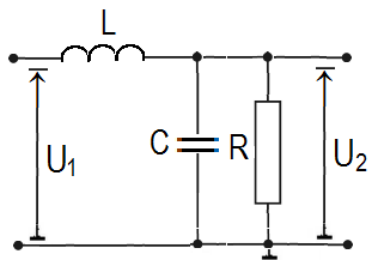


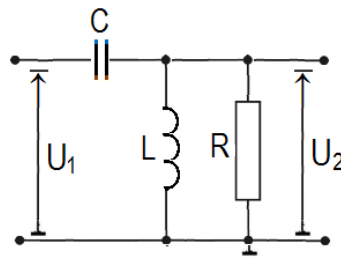
## 9. Пасивни RLC-схеми

Това са схеми, които съдържат поне по един резистор, кондензатор и бобина. По същество всички схеми са RLC-схеми, защото има паразитен капацитет, индуктивност и съпротивление както на свързващите проводници, така и в самите елементи на схемите. Основните приложения на тези схеми са две: като **трептящи кръгове** (последователни и паралелни) и като **филтри**.

Тези филтри по правило са натоварени с резистор LC-схеми, в които товарният резистор е включен паралелно на кондензатора (фиг. 1а) или бобината (фиг. 1б).



фиг. 1а



фиг. 1б

Стойността на резистора влияе съществено на поведението на схемите, които могат да се разглеждат и като последователен трептящ кръг с малък качествен фактор, поради големите загуби внасяни от резистора. Въпреки това може да се наблюдава слабо изявен резонанс, който води до отскок в амплитудно-честотната характеристика ( $K > 1$ ) в определена честотна ивица, което при филтрите, в повечето случаи, е нежелано явление. Въпреки това този тип филтри са били широко използвани в миналото (от около 1920 г. до появата на първите интегрални усилватели през 70-те години на миналия век). В новите схемни реализации бобините са заместени с активни RC-схеми, които имат същите или по-добри параметри. Днес LC-филтрите имат сравнително ограничено приложение, главно в силовата и високочестотната електроника.

Анализът на схемата от фиг. 1а показва, че това е НЧФ. За получаване на монотонно намаляваща АЧХ с максимална **стръмност** (затихване) в лентата на задържане, трябва да е изпълнено  $R = \rho / \sqrt{2}$ , където  $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$  е характеристикното съпротивление на филтъра. В този случай граничната

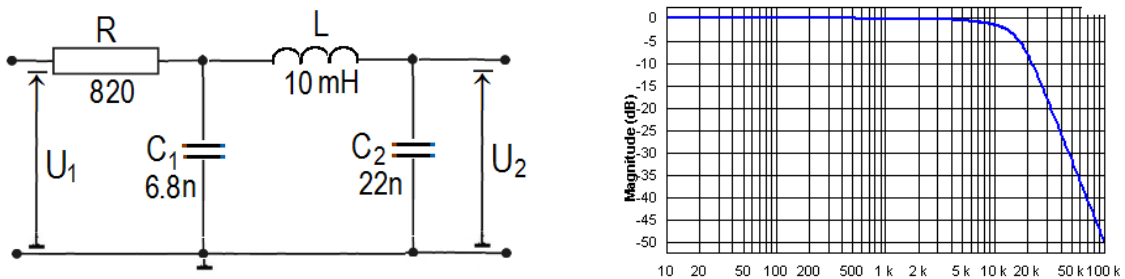
честота е  $\omega_c = \omega_0$ , където  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  е собствената честота на веригата. Стръмността в **първа октава** (от  $\omega_c$  до  $2\omega_c$ ) е  $S_1 = 9.28 \text{ dB/oct}$ . При достатъчно отдалечаване от  $\omega_c$  се получава  $S \approx 12 \text{ dB/oct}$ . За увеличаване на  $S$  в близост до  $\omega_c$  се допуска  $R = \rho$ , което обуславя не голям отскок в лентата на предаване ( $1.25 \text{ dB}$ ), като  $\omega_c = 1.27 \omega_0$  и  $S_1 = 12.6 \text{ dB/oct}$ .

Схемата от фиг. 1б е ВЧФ с подобни параметри на тези на НЧФ и с огледална АЧХ относно  $\omega_c$ .

В редица приложения се налага използването на филтри с **максимално плоска честотна характеристика** в лентата на предаване – такива са **филтрите на Бътървурт**. Те се явяват най-добра апроксимация на идеалните филтри. По дефиниция това са филтри, при които асимптотата за ниски честоти е константа, а наклонът на асимптотата за високи честоти се регулира чрез степента на  $\omega$  в знаменателя на предавателната функция:

$$|K(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega/\omega_c)^{2N}}}, \text{ където параметърът } N \text{ (} N = 1, 2, 3, \dots \text{)} \text{ се нарича}$$

ред филтъра. Колкото по-висок е редът на филтъра, толкова по-стръмен е прехода от лентата на предаване към лентата на задържане. За реализиране на филтри на Бътървурт от по-висок ред се използват бобини. На фиг. 2 е показана схемата филтър от трети ред с неговата АЧХ в dB.



фиг. 2

Трябва да се отбележи, че стойностите на елементите са подбрани така, че да се избегне отскок в предавателната характеристика.

Съществуват и други широко използвани филтри, които имат равномерно отклоняваща се характеристика в лентата на предаване или в лентата на задържане или и в двете. Към този клас филтри се отнасят елиптическите филтри и филтрите на Чебишев.

## Задачи

### Задача 1. Изследване на LC НЧФ.

Свързва се схемата от фиг. 1а с елементи  $L = 2.2 \text{ mH}$ ,  $C = 2.2 \text{ nF}$  и три стойности на резистора –  $R = 470; 680 \text{ и } 1000 \Omega$ . На входа схемата се подава синусоидално напрежение  $U_1 = 1\text{V}$ . Напрежението на входа и изхода се измерва с цифров волтметър. Да се снемат АЧХ ( $K = K(f)$ ,  $K = U_2 / U_1$ ) за следните стойности честотата  $f = 1 \text{ kHz}, 10 \text{ kHz}, 20 \text{ kHz}, \dots, 150 \text{ kHz}$  (през  $10 \text{ kHz}$ ) за трите стойности на  $R$ . Резултатите да се оформят в таблица и да се начертаят на една диаграма. Да се определи експериментално граничната честота  $f_c$  за трите АЧХ (на ниво  $0.707$  от  $K(1\text{kHz})$ ). Да се пресметнат вълновото съпротивление  $\rho$  и собствената честота  $f_0$  ( $\omega_0 = 2\pi f_0$ ). Коя АЧХ е най-близко до максимално-плоската? Да се определи стръмността  $S_1$  в първа октава ( $S_1 = 20 \lg [K(f_c) / K(2f_c)]$ , dB/oct.) за трите АЧХ, като се използват данни от графиките.

### Задача 2. Изследване на НЧФ на Бътървурт от трети ред.

Свързва се схемата от фиг. 2. На входа схемата се подава синусоидално напрежение  $U_1 = 1\text{V}$ . Напрежението на входа и изхода се измерва с цифров волтметър. Да се снемат АЧХ ( $K = K(f)$ ,  $K = U_2 / U_1$ ) за следните стойности честотата  $f = 1 \text{ kHz}, 10 \text{ kHz}, 20 \text{ kHz}, \dots, 60 \text{ kHz}$  (през  $10 \text{ kHz}$ ). Резултатите да се оформят в таблица и да се начертаят. Да се определи експериментално граничната честота  $f_c$  (на ниво  $0.707$  от  $K(1\text{kHz})$ ). Да се определи стръмността  $S_1$  в първа октава ( $S_1 = 20 \lg [K(f_c) / K(2f_c)]$ , dB/oct.) и стръмността  $S_2$  във втора октава ( $S_2 = 20 \lg [K(2f_c) / K(4f_c)]$ , dB/oct.), като се използват данни от графиката.