

## CIRCUITE RC. CIRCUITE RL.

**Scopul lucrării** : cunoașterea comportării circuitelor RC, RL în funcție de frecvență

### Circuite RC în regim permanent armonic.

În fig.1a și fig.1b se dau cele mai simple circuite pasive de tip RC. Vom considera că impedanțele de sarcină, conectate la ieșire, au modul foarte mare la orice frecvență. Pentru valoare infinită a modului se asigură condiția de gol la ieșire, situație în care se va analiza comportarea celor două circuite. Vom aplica la intrare un semnal armonic de tensiune,  $\underline{U}_1$ , și vom determina amplitudinea și faza semnalului de la ieșirea circuitului, semnalul  $\underline{U}_2$ .

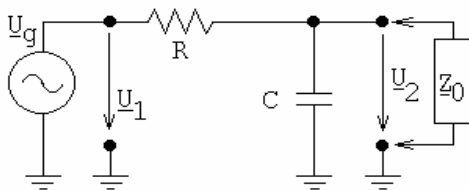


Fig. 1a

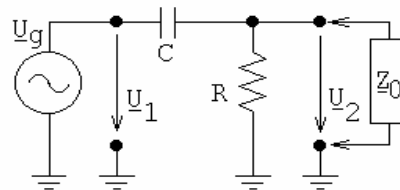


Fig. 1b

Se definește funcția de transfer a circuitului prin numărul complex (*dependent de frecvență*),

$$\underline{F}(j\omega) = \underline{A}(j\omega) = \underline{A}(j2\pi f) = \underline{U}_2 / \underline{U}_1 \quad (1)$$

Se obține pentru circuitul din fig. 1a, în gol la ieșire,

$$\underline{A}(f) = \underline{U}_2 / \underline{U}_1 = 1 / (1 + j2\pi fRC) \quad (2)$$

iar pentru circuitul din fig. 1b,

$$\underline{A}(f) = \underline{U}_2 / \underline{U}_1 = 1 / [1 + 1/(j2\pi fRC)] \quad (3)$$

Din relațiile (2), (3) se obțin dependența de frecvență a transferului de tensiune de semnal (modul numărul complex  $\underline{A}(f)$ , notat  $A(f)$ ) și a defazajului dintre tensiunea de ieșire și cea de intrare,  $\varphi(f)$ . Transferul este definit prin modulul funcției de transfer iar defazajul la care ne-am referit este argumentul funcției de transfer. Se obține; pentru fig. 1a,

$$A(f) = |\underline{A}(f)| = 1 / [1 + (2\pi fRC)^2]^{1/2}, \quad \varphi(f) = -\arctg(2\pi fRC) \quad (4)$$

iar pentru fig. 1b,

$$A(f) = |\underline{A}(f)| = 1 / [1 + 1/(2\pi fRC)^2]^{1/2}, \quad \varphi(f) = +\arctg(1/(2\pi fRC)) \quad (5)$$

Observații:

- 1) Din relațiile (4) rezultă  $A(0) = 1$  pentru  $f = 0$  și  $A(f) = 0$  pentru  $f = \infty$ . Din acest motiv circuitul din fig. 1a se mai numește **filtru RC trece jos** ( pentru semnal de intrare de amplitudine constantă, amplitudinea semnalului de ieșire scade la creșterea frecvenței) . Transferul maxim de tensiune, egal cu unitatea, se obține numai la frecvență nulă ( în curent continuu) . De asemenea, pentru circuitul din fig. 1a, conform relației (4) care dă

modificarea defazajului cu frecvența, se obține  $\varphi(f) \leq 0$ , deci semnalul tensiune de ieșire este întârziat față de cel de intrare. Valoarea acestui defazaj este nulă în curent continuu și scade la  $-\pi/2$  pentru frecvență infinită.

- 2) Din relațiile ( 5 ) rezultă, în același mod, că circuitul din fig. 1b este de tip **filtru trece sus** (transfer minim la frecvență nulă și maxim la frecvență infinită, unitar) iar tensiunea de ieșire este defazată înaintea tensiunii de intrare.
- 3) În fig. 2 se dau graficele  $A(f)|_{dB}$  și  $\varphi(f)$  pentru cele două circuite.

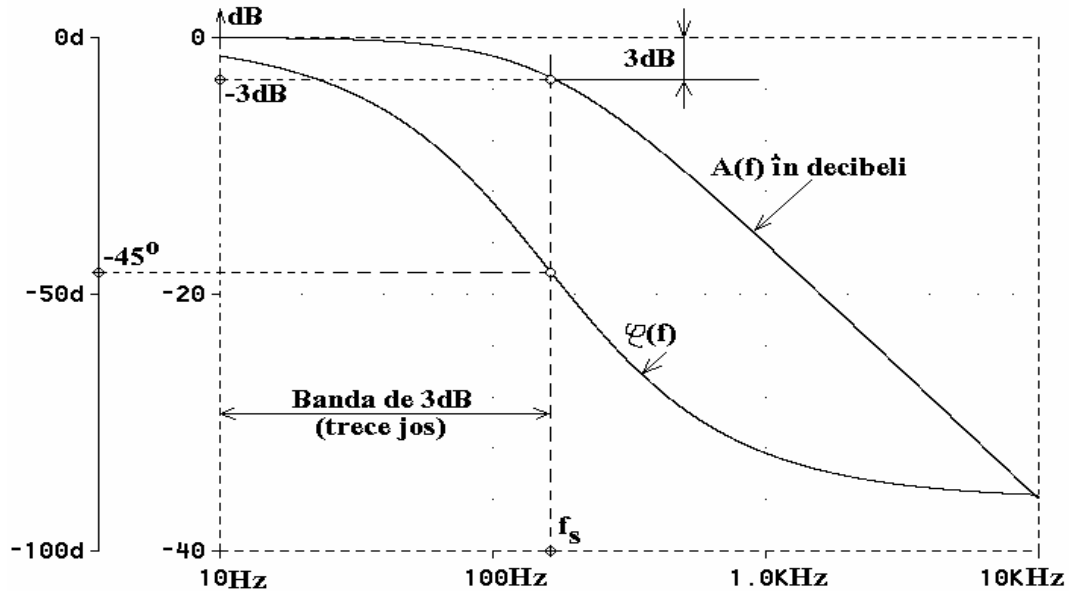


Fig. 2a

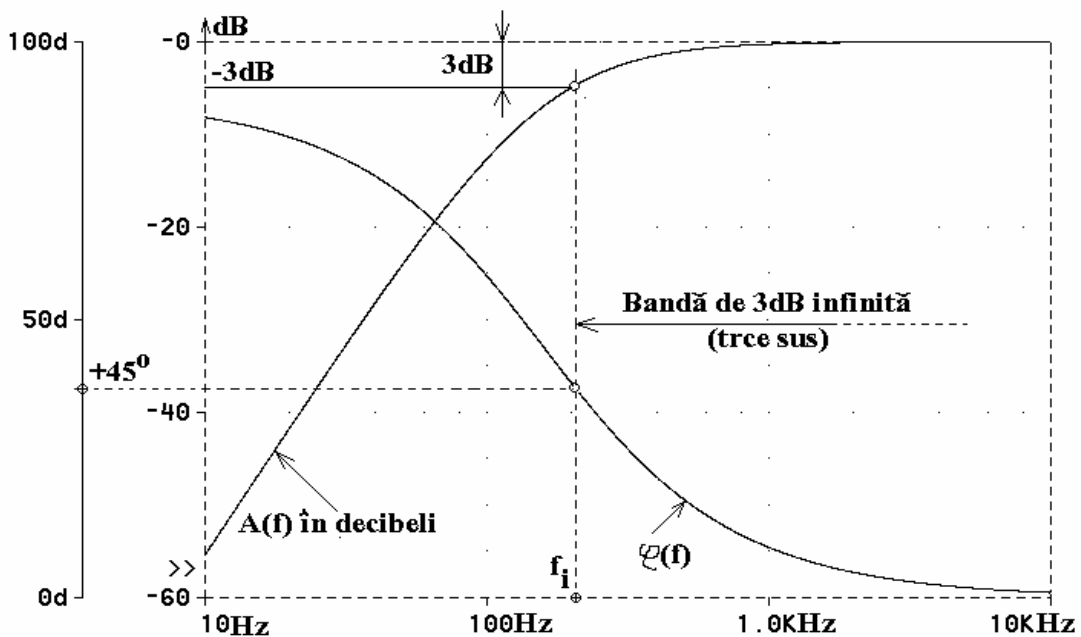


Fig. 2b

Datorită proprietăților de mai sus circuitele din fig. 1 se mai numesc **filtre elementare RC** (trece jos, fig. 1a și trece sus fig. 1b), sau uneori **celule defazoare RC**, trece jos respectiv trece sus.

- 4) Se definește atenuarea în decibeli (de tensiune sau de curent, semnale armonice),

$$A_U(f)|_{dB} = 20 \log \left| \frac{U_2}{U_1} \right| = 20 \log A(f) \quad (6)$$

**Banda de 3dB** se definește în jurul frecvenței la care transferul de la intrare la ieșire este extrem (maxim sau minim, funcție de tipul circuitului). Pentru circuitul din fig. 1a se obține transfer maxim la  $f = 0$ , deci banda de 3dB a circuitului se întinde pînă la frecvența la care  $A(f)|_{dB}$  a scăzut cu 3dB. Se obține astfel banda de 3dB folosind (4), din condiția ca  $A(f=0)/A(f=f_s) = 1/(2)^{1/2}$  sau,

$$A(0)|_{dB} - A(f_s)|_{dB} = +3dB, \text{ deci } f_s = 1/(2\pi RC) \quad (7)$$

În relația (6)  $f_s$  este limita superioară a benzii de 3dB a filtrului trece jos din fig. 1a. Limita inferioară a benzii de trecere în cazul acestui circuit este  $f_i = 0Hz$ .

Pentru circuitul din fig. 1b, de tip trece sus se obține, utilizând relația (5),  $f_i = 1/(2\pi RC)$  iar  $f_s = \infty$ , deci banda de trecere a acestui circuit trece sus este infinită.

### Circuite RL în regim armonic.

În fig.3 se dau două circuite echivalente circuitelor RL reale. În rezistoarele de valoare R se înglobează și pierderile în bobinele reale din cele două circuite.

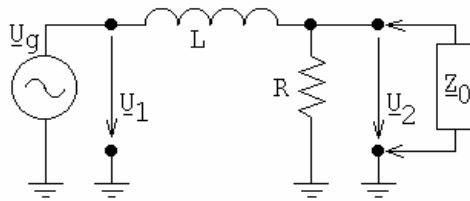


Fig. 3a

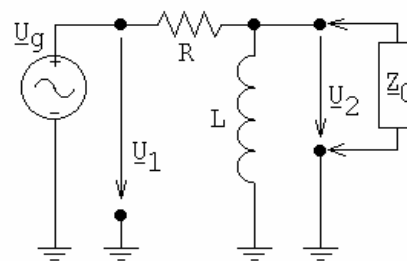


Fig. 3b

Pentru fig. 3a, circuit de tip trece jos, se obține la funcționarea în gol la ieșire (impedanța de modul infinit conectată în paralel cu R),

$$\begin{aligned} \underline{A}(j\omega) &= \underline{U}_2 / \underline{U}_1 = 1 / [1 + j(\omega L/R)], \quad \text{sau,} \\ A(f) &= 1 / [1 + (2\pi f L/R)^2]^{1/2} \\ \varphi(f) &= - \arctg(2\pi f L/R) \end{aligned} \quad (8)$$

Pentru fig. 3b, circuit trece sus se obține la funcționarea în gol,

$$\begin{aligned} \underline{A}(j\omega) &= \underline{U}_2 / \underline{U}_1 = 1 / [1 + R/(j\omega L)], \quad \text{sau,} \\ A(f) &= 1 / \{1 + [R/(2\pi f L)]^2\}^{1/2} \\ \varphi(f) &= + \arctgf[R/(2\pi f L)] \end{aligned} \quad (9)$$

Comparând relațiile transferului de tensiune și a defazajului de la circuitele din fig.3 (trece jos respectiv trece sus) cu cele rezultate în cazul circuitelor din fig.1 rezultă că observațiile anterioare, din cazul circuitelor **RC**, sunt valabile și în cazul circuitelor **RL**. Se obține frecvența limita superioară a circuitului trece jos din fig. 3a (de fapt banda de trecere de 3dB),

$$f_s = R/(2\pi f L) \quad (10)$$

iar frecvența limită inferioară a benzii de trecere a filtrului **RL** trece sus din fig. 3b (banda de trecere este infinită în acest caz),

$$f_i = R/(2\pi L) \quad (11)$$

Graficele mărimilor  $A(f)|_{dB}$  și  $\varphi(f)$  au de asemenea formele din fig. 2.

### Modul de lucru

- 1) Se alimentează circuitul din fig. 4 de la generatorul de semnal cu 2V<sub>v</sub>v (vârf la vârf) între cosele notate cu 0 și 2.

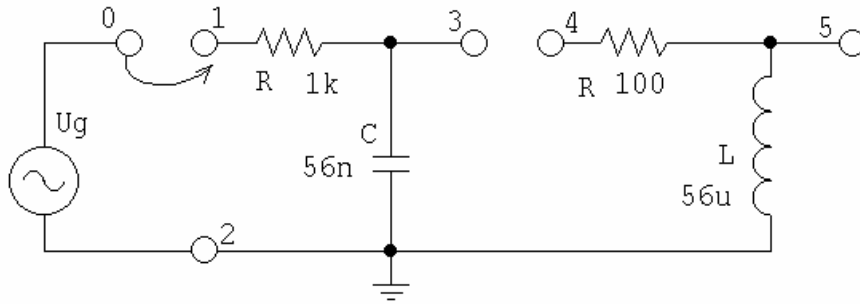


Fig. 4

Se scurtcircuitează cota 0 la cota notată 1 și se obține :

- un circuit **RC trece jos** dacă tensiunea de ieșire se culege de la bornele condensatorului (cosele 2 și 3),
- un circuit **RC trece sus** dacă tensiunea de ieșire se culege de la bornele rezistorului (cosele 1 și 3).

- 2) Se completează tabelul, în care variabila independentă este frecvența generatorului. Aceasta se fixează prin măsurare cu osciloscopul E0102 sau cu frecvențmetrul digital. Tensiunile se măsoară de asemenea cu osciloscopul în valori vârf la vârf. Valorile numerice din ultimele două linii ale tabelului rezultă indirect prin calcul – relațiile (4), (5).

f [kHz]	0,2	0,4	0,8	1	2,2	2,6	2,8	3	3,5	4	5	7	10	15	20
$U_G=U_{02}$															
$U_R=U_{13}$															
$U_C=U_{23}$															
$A_{Ca}(f)$															
$\varphi_{Ca}(f)$															

Astfel, pentru ieșire pe condensator se calculează:

$A_{Ca}(f) = U_C/U_G$  și  $\varphi_{Ca}(f) = -\arctg(U_R/U_C)$  (pentru Fig. 1a ),  
iar pentru ieșire pe rezistor,

$A_{Ra}(f) = U_R/U_G$  și  $\varphi_{Ra}(f) = +\arctg(U_C/U_R)$ , (pentru Fig. 1b).

Tabelul se completează cu încă două rubrici necesare pentru ultimele două mărimi referitoare la circuitul de forma celui din Fig.1b.

- 3) Se unește 0 cu 4 și se obține:

- circuit **trece sus** RL dacă tensiunea de ieșire este  $U_{52}$  (la bornele bobinei),

- circuit **trece jos** RL dacă tensiunea de ieșire se ia de la bornele rezistorului ,  $U_{45}$ .  
Se completează un alt tabel de forma celui din cazul anterior cu observațiile:

- frecvențele la care se fac măsurătorile sunt **de 100 ori mai mari**,
- în loc de  $U_{13}$  din tabel se trece  $U_{45}$  în noul tabel,
- în loc de  $U_{32}$  din tabel se trece  $U_{52}$  în noul tabel,
- în loc de  $A_{Ca}(f)$  și  $\varphi_{Ca}(f)$  se va trece  $A_{Lb}(f)$  și respectiv  $\varphi_{Lb}(f)$ .

4) Se trasează grafic, pe hârtie milimetrică rezultatele obținute în cele două tabele,  $A_{Ca}(f)$ ,  $\varphi_{Ca}(f)$ ,  $A_{Lb}(f)$ ,  $\varphi_{Lb}(f)$  pentru circuite **RC** și idem pentru circuite **RL**. Se compară graficele obținute cu cele teoretice. Se identifică grafic banda de trecere de la caz la caz.

În total sunt 8 grafice.

Materiale necesare : calculator științific, riglă, hârtie milimetrică.