



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



Platformă de e-learning și curriculum e-content pentru învățământul superior tehnic

Elemente de Electronică Analogică

56. Oscilatoare armonice

Oscilatoare RC

1. Scopul lucrării experimentale

Scopul lucrării experimentale constă în studierea funcționării a două tipuri de oscilatoare RC; oscilator RC cu trei celule de defazaj cu amplificator cu tranzistoare și oscilator cu rețea Wien, cu amplificator operațional, la care se vor verifica condițiile de amorsare a oscilațiilor și se vor determina amplitudinea și frecvența oscilațiilor pentru diferite condiții de funcționare.

2. Noțiuni teoretice

Oscilatoarele armonice RC se pot realiza cu circuite cu reacție pozitivă, conform fig. (7.1).

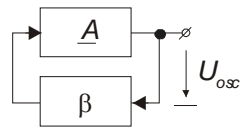


Fig.7.1

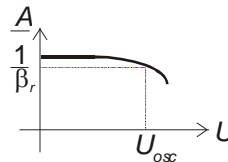


Fig.7.2

Pentru amorsarea și întreținerea oscilațiilor este necesară îndeplinirea condiției lui Barkhausen:

$$\underline{\beta}_r \cdot \underline{A} = 1 \quad (7.1)$$

Relația (7.1) trebuie îndeplinită atât în fază cât și în modul. Din condiția de fază rezulta:

$$\varphi_{\beta_r} + \varphi_A = 0 \text{ sau } 2\pi \quad (7.2)$$

se deduce frecvența de oscilație, iar din condiția de amplitudine :

$$|\underline{A} \cdot \underline{\beta}_r| = 1 \quad (7.3)$$

se deduce condiția de amorsare a oscilațiilor.

Condiția de fază, relația (7.2), se poate realiza în două moduri:

- amplificatorul de bază este de tip inversor, realizează un defazaj de 180^0 ($\varphi_A=180^0$) și, rezultă că, rețeaua de reacție trebuie să realizeze un defazaj $\varphi_{\beta_r}=180^0$; în acest mod se realizează oscilatoare cu rețea de defazare, trece sus sau trece jos, cu trei celule de defazare sau cu mai multe;
- amplificatorul de bază este de tip neinversor și se realizează un defazaj nul, de 0^0 ($\varphi_A=0^0$) și rezultă $\varphi_{\beta_r}=0^0$; în acest caz, se realizează oscilatoare cu rețele de fază minimă, care, la acord, asigură semnale la ieșire în fază cu cele de la intrare; se pot folosi rețele Wien, dublu T, etc.

Schema de principiu a unui oscilator cu rețea de defazare este desenată în fig. (7.3), în care amplificatorul, de tip inversor, poate fi realizat cu tranzistoare.

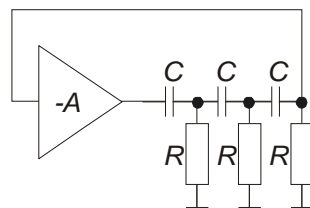


Fig.7.3

Presupunând că amplificatorul de bază are impedanța de intrare foarte mare ($Z_{int} \gg R$) și impedanța de ieșire foarte mică ($Z_{ies} \ll R$) și că rețeaua de reacție de tipul trece sus este formată din trei celule identice, se deduc următoarele relații:

- din condiția ca rețeaua de defazare să realizeze un defazaj de 180^0 pe frecvența de oscilație, relația (7.2), se determină frecvența de oscilație:

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi CR\sqrt{6}} \quad (7.4)$$

- din condiția de amorsare a oscilațiilor, relația (7.3), se obține condiția:

$$|A| \geq 29 \quad (7.5)$$

În cazul în care amplificatorul de tensiune are impedanța de intrare insuficient de mare și/sau impedanța de ieșire insuficient de mică, în relațiile (7.4) și (7.5) se pot introduce termenii de corecție necesari.

Amplitudinea oscilațiilor este determinată de limitarea prin intrarea în saturație sau în blocare a tranzistoarelor amplificatorului de bază, mai precis a tranzistorului care lucrează la nivel mare. În cazul schemei amplificatorului din fig. (7.6), limitarea amplitudinii oscilațiilor se produce pe tranzistorul T_3 . În fig. (7.4)

sunt reprezentate situațiile posibile de limitare a amplitudinii de oscilație în funcție de poziția punctului static de funcționare a tranzistorului T_3 (pentru comparare, s-a presupus că dreptele de funcționare dinamică au aceeași pantă cu cea a dreptei de funcționare statică și nu se modifică).

Așa cum se vede din fig. (7.4), limitarea amplitudinii se produce prin intrarea în blocare a tranzistorului T_3 al amplificatorului într-un interval mic de timp din perioada semnalului (în cazul în care punctul de funcționare ocupă poziția M_1), prin intrarea acestuia în saturație (în cazul în care punctul de funcționare ocupă poziția M_2) sau prin intrarea simultană în saturație și în blocare (când punctul static de funcționare ocupă poziția M_3).

Având în vedere selectivitatea redusă a rețelelor RC în comparație cu cea a rețelelor LC, forma de undă nu este sinusoidală decât la limita de amorsare a oscilațiilor; pe măsură ce se intră în neliniaritățile amplificatorului, formele de undă sunt distorsionate iar frecvența de oscilație scade sub frecvența de acord a rețelei de reacție.

Pentru oscilatorul cu rețea Wien, schema de principiu este reprezentată în fig. (7.5).

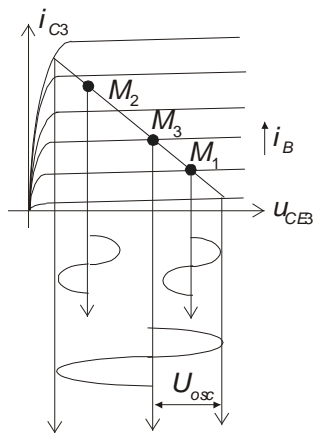


Fig. 7.4

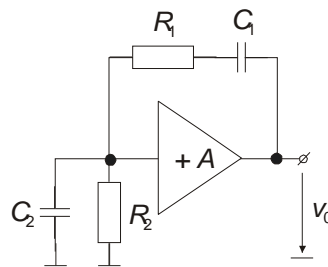


Fig. 7.5

Scriind condiția lui Barkhausen pentru cazul în care amplificatorul este caracterizat prin $Z_{int} \gg R_2$ și $Z_{ies} \ll R_1$, se obțin relațiile:

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (7.6)$$

$$A = 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} \quad (7.7)$$

Dacă sunt îndeplinite condițiile: $R_1 = R_2 = R$ și $C_1 = C_2 = C$, se pot utiliza și relațiile:

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi RC} ; A = 3 \quad (7.8)$$

Amplificatorul de bază este de tip neinversor, cu amplificarea de tensiune redusă. Neidealitățile amplificatorului de bază pot fi luate în considerație la deducerea relațiilor (7.6) și (7.7).

În cazul schemei din fig. (7.7), limitarea amplitudinii oscilațiilor se face prin micșorarea amplificării de tensiune obținute prin deschiderea diodei D din rețeaua de reacție (pentru performanțe mai bune, se folosește încă o diodă ce funcționează pe cealaltă semialternanță a semnalului de ieșire).

Se remarcă faptul că, dacă amplificarea amplificatorului de bază este la limita de îndeplinire a condiției (7.3), amorsarea oscilațiilor se produce lent, amplitudinea acestora crescând, de la valoarea 0 la valoarea finală, U_{osc} , care asigură amplificarea medie ce satisface condiția (7.3).

Forma de undă a tensiune obținute la ieșirea oscilatorului de bază are un grad de distorsiuni cu atât mai mic cu cât amplificarea amplificatorului de bază este mai aproape (dar mai mare) de valoarea care satisface condiția (7.3), respectiv (7.7), în cazul oscilatorului cu rețea Wien.

Pentru circuitul din fig. (7.7), amplificatorul de bază este realizat cu un amplificator operațional și are amplificarea :

$$A = 1 + \frac{R'}{R''} \quad (7.9)$$

dependentă atât de R' cât și de R'' .

3. Desfășurarea lucrării experimentale

Se identifică circuitul din fig. (7.6), cu ajutorul căruia se poate realiza un oscilator cu rețea de defazare trece sus. Amplificatorul de bază este realizat cu trei tranzistoare cuplate direct, cu reacții negative locale atât pe curent continuu cât și pe curent alternativ (pentru a realiza o independență a amplificării de tensiune de punctele statice de funcționare); intrarea amplificatorului de bază este de impedanță mărită, prin bootstraparea circuitului de polarizare.

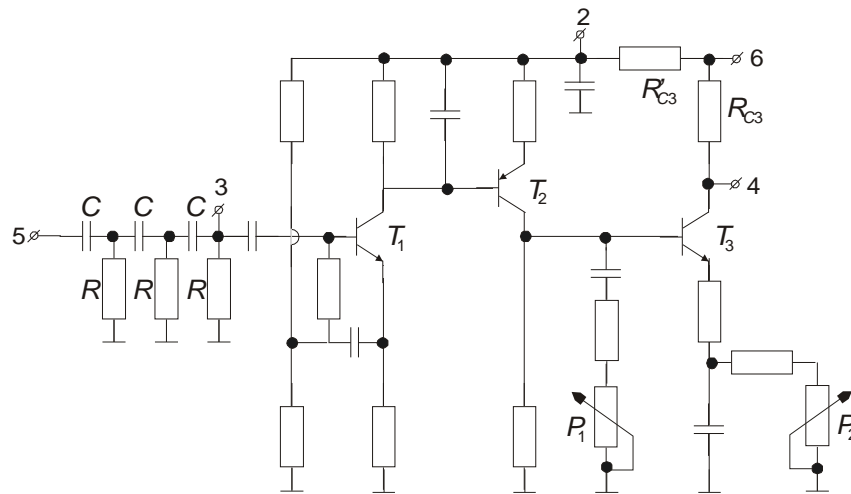


Fig.7.6

Cu ajutorul potențiometrului P_1 , amplificarea de tensiune relativă la borna de ieșire a amplificatorului (borna 4) va fi cuprinsă între -25 și -40 (valori aproximative); cu ajutorul potențiometrului P_2 se reglează poziția punctului static de funcționare al tranzistorului T_3 , ceea ce va determina limitarea amplitudinii oscilațiilor prin intrarea acestui tranzistor în saturație, în blocare sau, simultan, atât în saturație cât și în blocare.

Se alimentează circuitul cu $E_c = 12V$ (la borna 2) și se măsoară punctele statice de funcționare ale tranzistoarelor. Se calculează valorile limită ale amplificării de tensiune a amplificatorului de bază, pentru cele două valori extreme ale potențiometrului P_1 , cu relații aproximative.

Se consideră la intrarea circuitului de defazare (borna 5) un generator de frecvență variabilă și de valoare eficace $1V$ și se măsoară caracteristica de transfer a rețelei de defazare. Se determină frecvența la care rețeaua de defazare asigură un

defazaj de 180^0 cu ajutorul figurilor Lissajous. Se trasează grafic caracteristica de transfer și se determină factorul de calitate al circuitului, precum și atenuarea la frecvența de acord. Se vor verifica relațiile (4) și (5) pentru frecvența de oscilație și pentru atenuarea la frecvența de acord.

Se aplică, la borna 3, un generator de semnal sinusoidal cu amplitudinea reglabilă U_1 și cu frecvența de acord a rețelei de reacție. Se reglează potențiometrul P_1 pe valoarea maximă (amplificare de tensiune maximă) și se reglează potențiometrul P_2 astfel încât punctul static de funcționare al tranzistorului T_3 să se afle la mijlocul plajei dinamice maxime (la mărirea tensiunii de intrare, limitarea tensiunii de ieșire să se producă simultan sus și jos), când $U_{CE3} = U_{Rc3}$.

Se va ridica curba $A = A(U_1)$, măsurând amplificarea de tensiune pentru diferite valori ale tensiunii de intrare aplicate la intrare, la borna 3.

Pentru o amplificare egală, în modul, cu atenuarea de la frecvența de acord a rețelei de reacție, se determină amplitudinea de oscilație, U_{osc} .

Se repetă măsurătorile și determinările pentru o poziție intermediară a potențiometrului P_1 (dar cu $A > 29$); se constată că noua valoare a amplitudinii de oscilație, U'_{osc} , va fi diferită de valoarea U_{osc} , determinată anterior; se va justifica acest lucru.

Se reglează potențiometrul P_2 astfel încât punctul static de funcționare al tranzistorului T_3 să se afle la jumătatea plajei dinamice. Se conectează intrarea rețelei de reacție la ieșirea amplificatorului și se reglează potențiometrul P_1 (în sensul măririi amplificării de tensiune) până la apariția oscilațiilor. Se vizualizează forma de undă de la ieșirea circuitului și se măsoară frecvența de oscilație cu un frecvențmetru numeric sau pe osciloscop, cu ajutorul figurilor Lissajous.

Se mărește amplificarea de tensiune și se constată deformarea formei de undă de la ieșire; pentru $P_1 = P_{1max}$, se măsoară frecvența de oscilație.

Se compară valorile măsurate cu cele calculate cu relația (4) și cu frecvența de acord a circuitului de reacție măsurată la punctul 2; se măsoară amplitudinea de

oscilație și se compară cu valoarea determinată la punctul 2 pentru poziții similare ale potențioanelor P_1 și P_2 .

Se studiază efectul distorsiunilor asupra frecvenței de oscilație. Pentru aceasta, se aduce potenționometrul P_2 pe poziția maximă și apoi minimă, iar potenționometrul P_1 se menține la o valoare ce asigură înțrinerea oscilațiilor. Se completează tabelul 1 măsurând frecvențele de oscilație pentru limitare sus, limitare jos și limitare bilaterală, determinând și abaterea relativă a frecvenței de oscilație față de frecvența de acord a rețelei de reacție a oscilatorului.

Se vizualizează caracteristica dinamică a circuitului aplicând pe plăcile orizontale ale osciloscopului tensiunea de la borna 5 (tensiunea de pe colectorul tranzistorului de ieșire al amplificatorului de bază) și pe plăcile verticale o tensiune proporțională cu curentul de colector al tranzistorului T_3 , I_{c3} , culeasă de pe rezistența R'_3 (la borna 6, pe curent alternativ).

Potenționometrul P_1 va fi pe poziția maximă și se va studia efectul poziției punctului static de funcționare al tranzistorului T_3 (modificând potenționometrul P_2 asupra caracteristicii dinamice) și se va deduce amplitudinea de oscilație pentru pozițiile extreme ale potenționometrului P_2 ; se vor face corelații cu rezultatele obținute la punctul 4.

Se identifică circuitul din *fig.7* cu ajutorul căruia se poate realiza un oscilator cu rețea Wien. Circuitul se alimentează cu +12V (la borna 2) și cu -12V (la borna 3). Potenționometrul P_1 se folosește la modificarea amplificării amplificatorului de bază (în jurul valorii 3, pentru amorsarea oscilațiilor). Dioda D se deschide când tensiunea la ieșire ia o valoare mare și produce micșorarea rezistenței de reacție negativă a circuitului și, deci, și a amplificării de tensiune, ceea ce va produce limitarea amplitudinii oscilațiilor; amplitudinea oscilațiilor se poate regla cu ajutorul potenționometrului P_2 .

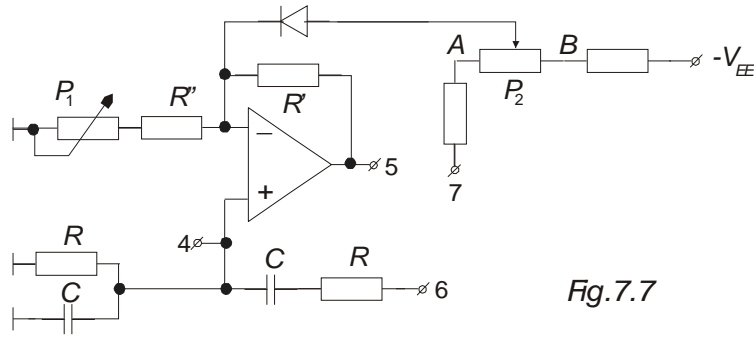


Fig.7.7

Se aplică la borna 6 semnal sinusoidal de valoare eficace fixă (1V) și de frecvență variabilă. Se trasează caracteristica de frecvență a rețelei de reacție Wien, măsurând tensiunea de ieșire a circuitului, la borna 4, pentru diferite frecvențe.

Se determină frecvența de acord (o măsurare mai precisă se poate face cu ajutorul figurilor Lissajous, având în vedere defazajul dintre intrare și ieșire) și factorul de calitate al circuitului; se determină atenuarea la frecvența de acord și se justifică de ce diferă valoarea dată de relația (σ').

Se conectează împreună bornele 5 și 7; la borna 4 a amplificatorului de bază se aplică un generator de tensiune cu frecvență egală cu frecvența de acord a rețelei de reacție și cu amplitudine reglabilă. Pentru cele două poziții extreme ale potențiometrului P_2 și cu rezistența R'' de valoare minimă se trasează dependența amplificării de tensiune, A , de amplitudinea de oscilație, U_{osc} , pentru fiecare caz în parte.

Se repetă măsurătoarea pentru cazul în care bornele 5 și 7 sunt deconectate (în acest caz, limitarea amplificării de tensiune se face prin intrarea amplificatorului operațional în zonele de limitare, determinate de sursele de alimentare).

Cu bornele 5 și 7 conectate, se cuplează circuitul de reacție la ieșirea amplificatorului de bază (bornele 5 și 6 conectate împreună). Pentru P_2 la capătul A, se reglează potențiometrul P_1 până la apariția oscilațiilor; se măsoară frecvența de oscilație (cu un frecvențmetru numeric sau cu ajutorul figurilor Lissajous) precum și amplitudinea de oscilație. Se verifică relația (σ').

Se repetă când cursorul potențiometrului P_2 este la celălalt capăt.

Se compară rezultatele măsurătorilor între ele și cu cele obținute la punctele precedente.

Se deconectează circuitul de reglare automată a amplitudinii de oscilație și, pentru potențiometrul P_2 la valoarea maximă, se vizualizează forma de undă la ieșirea circuitului măsurând frecvența de oscilație și amplitudinea oscilațiilor.

Se repetă punctele 10 și 11 în cazul în care tensiunile de alimentare ale amplificatorului operațional se modifică la ± 15 V.

În condiții normale de funcționare, se aduce potențiometrul P_1 la valoarea minimă care să asigure întreținerea oscilațiilor. Se întrerup oscilațiile (de exemplu, prin scurtcircuitarea bornei 4 la masă) și se vizualizează pe osciloscop (pe o bază de timp lentă) modul de amorsare a oscilațiilor. Se desenează forma de undă (înfășurătoarea oscilațiilor).

Să se arate cum intervin rezistențele de intrare și de ieșire ale celor două amplificatoare de bază în relațiile de calcul ale frecvențelor de oscilație și amplificărilor necesare pentru amorsarea oscilațiilor și de ce diferă formele de undă de la intrarea rețelelor de reacție în cazul funcționării oscilatorului cu semnal de ieșire distorsionat; să se compare cele două oscilatoare prin prisma măsurătorilor efectuate.

Să se deseneze alte circuite de alimentare a amplitudinii de oscilație pentru oscilatorul cu rețea Wien cu amplificator operațional.