

L9 OSCILATOARE DE JOASĂ FRECVENȚĂ

1. Prezentare teoretică

Schema bloc a unui oscilator – (varianta uzuală), e prezentată în fig. 1. Pentru a controla funcționarea prin reglaje independente de nivel și de frecvență, de obicei, una din rețelele de reacție e dependentă de frecvență și independentă de nivel în timp ce cealaltă e independentă de frecvență și dependentă de nivel.

Studiul rețelilor dependente de reacție dependente de frecvență

Rețeaua Wien (v fig. 2)

Mai utilizată este rețeaua Wien de tensiune (v. fig. 2.a), pentru A.O. de tensiune sunt mai des folosite (în lucrarea noastră se utilizează cea mai populară variantă, cu BA741 – I.P.R.S. Băneasa).

Rețeaua Wien de curent (v. fig.2.b) poate fi utilizată și A.O. de curent (A.O. “Norton”), de exemplu BM3900 – I.P.R.S. – Băneasa

Rețeaua Wien de tensiune (v.fig.2.a, fig.3-5)

$$f(s) = \frac{\frac{1}{G + sC}}{R + \frac{1}{sC} + \frac{1}{G + sC}} = \frac{sC}{sRC \cdot (G + sC) + G + sC + sC}$$

F(jw) e real pentru numitor imaginar

Modulul și faza lui F la frecvențe fizice sunt prezentate în fig.3

Polinomul de la numitor e imaginar în $s = jw$ pentru $s^2.R.C^2 - G = 0$, deci pentru $s = \frac{j}{RC} = j \cdot w_0$.

Frecvența de oscilație va fi $f_0 = 1/(2\pi RC)$

Pentru simetrizarea curbelor de modul și fază din fig.3 s-a folosit abscisa relativă $x = w/w_0 - w_0/w$.

Pentru calculul aproximativ al rețelei Wien se poate utiliza și monograma din fig.4 (pe care sunt deja prezentate două exemple)

Rețeaua dublu T – e prezentată în fig.A și fig.10.

Se observă că defazajul la frecvența centrală este de 180° , ceea ce impune conectarea rețelei dependente / independente de frecvență la intrarea inversoare / neinversoare a A.O.

Similar cu rețeaua Wien, rețeaua dublu T poate fi conectată și în oscilatoare cu amplificatoare de curent.

Rețeaua defazoare – e prezentată în fig.11.

Din motive de cost, se lucrează practic exclusiv cu defazoare RC, cu celule Γ tip FTJ sau FTS în cascadă.

Similar cu celelalte rețele reactive, există și implementări pentru amplificatoare de curent.

În lucrare se studiază doar rețeaua defazoare “trece sus”, pentru A.O. de tensiune.

Pentru calculul aproximativ al rețelei defazoare cu 3 celule RC (tip FPS și FPJ) se poate utiliza și monograma din fig.B, pe care e deja prezentat un exemplu.

Rețele de reacție dependente de nivel

Pentru rețelele de reacție independente de frecvență se întâlnesc situațiile: [cu notațiile uzuale din fig.1, unde notăm cu $F_{(+)}(j\omega_0)$ factorul de transfer al rețelei dependente de frecvență (frecvențele) la care e REAL] (v.fig.C,D)

(a1) $F_{(-)} < F_{(+)}(j\omega_0)$, oricare ar fi nivelul de semnal (între 0 și E, în cazul uzual al lucrului cu alimentare simetrică, $\pm E$) – în scheme fără transformatoare)

NU E INDEPLINITĂ CONDIȚIA DE AMORSARE. CIRCUITUL NU OSCILEAZĂ

(a2) $F_{(-)}|_{U_0=0} < F_{(+)}(j\omega_0)$, dar există $U_{0,1}$ pentru care inegalitatea se inversează.

CIRCUITUL NU OSCILEAZĂ DECÂT CU EXCITAȚIE INIȚIALĂ CU ω_0 SI NIVEL U_0 ÎN JURUL LUI $U_{0,1}$, DUPĂ CARE OSCILAȚIA SE AUTO-MENȚINE

(b1) $F_{(-)} > F_{(+)}(j\omega_0)$, oricare ar fi nivelul de semnal

OSCILAȚIA SE AUTO-AMORSEAZĂ DAR NU ESTE SINUSOIDALĂ CI PREZINTĂ LIMITARE SUPERIOARĂ LA NIVELUL DE TENSIUNE $+E$

(b2) $F_{(-)}|_{U_0=0} < F_{(+)}(j\omega_0)$, dar există $U_{0,1}$ pentru care inegalitatea se inversează.

OSCILAȚIA SE AUTO-AMORSEAZĂ SI ESTE SINUSOIDALĂ, CU AMPLITUDINEA STABILĂ LA $U_{0,2}$ (CEL MAI MIC U_0 PENTRU CARE EGALITATEA E STRICTĂ)

(b2.2) în condițiile de mai sus, dacă mai exista ondulații ale lui $F_{(-)}$ în jurul lui $F_{(+)}(j\omega_0)$ după $U_{0,2}$, cu excitație exterioară, circuitul poate funcționa și la nivelele $U_{0,2}', ', ', ', \dots$

Printre dipolii cu rezistența controlată în tensiune, se utilizează în rețelele de reacție dependente de nivel:

- i) - perechi de diode redresoare anti-paralele
- TEC – cu punct static de funcționare comandat de nivelul semnalului alternativ de oscilație (TEC are avantajul unui Terminal de comandă separat)

Dezavantaj: necesită, pentru liniaritate, nivele alternative mici, deci amplasarea în serie cu rezistențe fixe care să preia cea mai mare parte a semnalului scăzând deci variația relativă a rezistenței globale cu nivelul

Avantaj: permit lucrul cu puteri mici, putând fi pilotate direct de A.O.

- ii) - rezistoare cu coeficient mare de variație funcție de nivelul de semnal (coeficient mare de variație cu temperatura în regimul termic determinat de propriul semnal)

- cu coeficient de temperatură pozitiv (CTP) – “baretoare”

- cu coeficient de temperatură negativ (CTN) – termistoare

Avantaj: datorită inerției termice, sunt constante în raport cu nivelul instantaneu de semnal, dacă puterea medie e constantă

Dezavantaj: cea mai mică CTP/N necesită puteri mai mari decât cele maxime ale A.O. uzuale, deci trebuie pilotate cu amplificatoare intermediare de putere (în general repetitoare de tensiune)

iii) – perechi de diode anti-paralel (Zener sau redresoare) pentru lucrul cvasi-sinusoidal la nivel mare

2. Modul de lucru

- studiul rețelelor de reacție se FACE înaintea studiului fiecărui tip de oscilator, pentru a reduce la minim modificările de conexiuni
- părțile din tabelele care se completează după prelucrarea datelor experimentale sunt alăturate celor completate la măsurători, pentru scriere compactă, fără reluarea capului de table și, mai ales, pentru a permite comparația între valorile măsurate și cele calculate.
- se recomandă minimizarea timpului de reglaj prin alegerea unor valori aproximative, în jurul celor recomandate, cu dezavantajul minor al calculelor cu mai multe cifre și al reprezentărilor amănunțite pe abscisă (cu aceeași complexitate, oricum necesară, pentru reprezentările pe ordonată)

Aparate Necesare

- 1) – macheta de laborator
 - 2) – ohm-metru (se recomandă multimetrul EO302 - I.E.M.I. – București)
 - 3) – sursa de tensiune [două simple sau una dublă (se recomandă I4102 - I.C.E. – București)
 - 4) – generator de joasă frecvență
- voltmetru de curent alternativ } (se recomandă “Versatester-ul” EO502 – I.E.M.I. – București)
- 5) – frecvențmetru
 - 6) – osciloscop

3. Desfășurarea lucrării

Recomandări *Orice conexiune se FACE doar după oprirea alimentării, care va fi pornită pentru măsurători doar după o atentă verificare

*Se vor vizualiza pe osciloscop semnalele de ieșire în toate etapele de măsurare de semnal

3.1. Măsurători preliminare

Se măsoară, la rece, următoarele rezistențe:

R1	R2	R3	R4	R6	R8	TH	BEC

3.2. Rețeaua Wien pentru amplificatoare de tensiune

*Se fac conexiunile din fig.5

*Se reglează (și eventual, se corectează pe parcurs) $U_{0,f}$ aplicat rețelei, la valoarea aproximativă $4V_{ef}$.

- dacă se lucrează cu “Versatesterul” IEMI-EO502, recomandat, corecțiile nu sunt necesare căci tensiunea la ieșire e practic constantă cu frecvența)

*Se completează tabelul:

F(KHZ) ORIENTATIV MASURAT	0.5	0.7	1.4	2	2.5
F(khz)					
$U_{0,F} (V \sim)$					
$U_{i,F} (V \sim)$					
Calculat $F=U_0/U_i$					

F(KHZ) ORIENTATIV MASURAT	2.6	3.5	5	7	10
F(khz)					
$U_{0,F} (V \sim)$					
$U_{i,F} (V \sim)$					
Calculat $F=U_0/U_i$					

*Se verifică funcționarea pe monogramă.

ATENȚIE! Pentru următoarele două configurații,

- limitatoarele de curent ale sursei de tensiune continuă trebuie poziționate la minim 200 mA (acoperitor pentru cei maximum 100 mA prin termistor)
- se menține cât mai mult alimentarea pentru a menaja P3 și T1,2.

3.3. Oscilator Wien cu baretor (CTP) în rețeaua de reacție negativă

*Se fac conexiunile din fig.6

*Se reglează P3 observându-se regimul becului 6V; 0,3A-“SELUM”-Fieni (luminozitatea, care reprezintă implicit și puterea absorbită de bec), pentru a putea da explicațiile facultative cerute în TEMĂ (punctul 8)

*Se reglează P3 pentru o oscilație sinusoidală stabilă

*Se măsoară f_0 și U_0 în punctul (9) f

*Fără a modifica poziția P3, se oprește alimentarea, se deconectează capătul liber, (5), al lui P3, se oprește și se măsoară cu ohm-metrul (P3)

*Datele se trec în tabelul:

F_0 (KHZ) (CĂLCULATĂ)	F_0 (KHZ)	P(3) (OHMI)	U_0 (V ~)	REZISTENȚA DE LUCRU A BARETORULUI (CTP)

3.4. Oscilator Wien cu termistor (CTN) în rețeaua de reacție negativă

*Se modifică conexiunile conform fig.7

*Se așteaptă stabilizarea regimului termic al termistorului

- se poate măsura, orientativ, timpul de încălzire, comparativ cu constanta de timp termică, de cca. 1 minut, a lui TG1106 produs de I.P.E.E. – “ELECTROARGES” Curtea de Argeș

*Se măsoară datele din tabelul:

F_0 (KHZ) (CALCULATĂ)	F_0 (KHZ)	U_0 (V ~)	REZISTENȚA DE LUCRU A TERMISTORULUI (CTN)

3.5. Oscilator Wien cu rețea de reacție negativă cu TECJ

*Se fac conexiunile din fig.8

*Se observă stabilitatea amplitudinii de oscilație și posibilitatea de reglaj al amplitudinii cu P2.

*Se reglează P2 pentru o tensiune de ieșire de aproximativ $5V_{ef}$ (cca. $15 V_{vv}$)

*Fără a modifica poziția aleasă pentru P2, se măsoară datele din tabelul:

F_0 (KHZ) (CALCULATĂ)	F_0 (KHZ)	U_0 (V ~)	U_{-} (V ~)

3.6. –FACULTATIV – Rețeaua de reacție negativă cu TECJ

*Fără a modifica poziția aleasă pentru P2

*Se fac conexiunile cf. Fig.8

*Se determină funcția de transfer a rețelei de reacție negativă cu TECJ în funcție de nivelul de intrare, $F_{(-)}(U_0)$ pentru o frecvență fixă f aleasă în preajma f_0 , completând tabelul:

F(KHZ)					
$U_{0,f}$ (V ~) orientativ	1	2	3	4	5
Măsurat $U_{0,f}$ (V ~)					
$U_{i,f}$ (V ~)					
$U_{GS,T3}$ (V =)					
Calculat $F = U_0/U_i$					
$R_{ds,T3}$					

$U_{0,F}$ (V ~) ORIENTATIV	1	2	3	4	5
Măsurat $U_{0,f}$ (V ~)					
$U_{i,f}$ (V ~)					
$U_{GS,T3}$ (V =)					
Calculat $F = U_0/U_i$					
$R_{ds,T3}$					

3.7. Oscilator cu rețea dublu T cu $k=1/2$ (v.fig.10)

*Se fac conexiunile cf. Fig.10.

*Se reglează P1 pentru oscilații aproximativ sinusoidale

-se recomandă poziționarea centrală a P1b, reglaj brut cu P1a și apoi reglaj fin cu P1b.

*Se măsoară datele din tabelul:

F_0 (KHZ) (CALCULATĂ)	F_0 (KHZ)	U_0 (V ~) MĂSURATE	U_+ (V ~)	CALCULAT $F = U_+ / U_0$

3.8. Rețeaua dublu T cu $k=1/2$

*Se oprește alimentarea, păstrând conexiunile anterioare ale rețelei dublu Z dar eliminând legăturile cu amplificatorul

*Se conectează aparatele similar cu studiul rețelei Wien

*Se verifică frecvența centrală prin 2 perechi de măsurători simetrice, la cca. 1 și respectiv 2 octave înainte și după f_0

*Se reglează $f_{inf,1}$ în jur de 600 Hz și se reglează la ieșire un nivel $U_{0,1}$ de aproximativ 1 V

*Se caută, modificând crescător frecvența, celălalt punct de funcționare, cu tensiunea de ieșire U_0 având valoarea EXACTĂ stabilită anterior, $U_{0,1}$

*Se măsoară frecvența reglată, $f_{sup,1}$

*Se reia procedura pentru $f_{inf,2}$ în jur de 1,2 kHz

*Datele se trec în tabelul:

$F_{inf,1}$ (KHZ) ORIENTATIV 0,6	$F_{inf,1}$ (KHZ) MASURATĂ	$U_{0,1}$ (V ~) ORIENTATIV 1	$U_{0,1}$ (V ~) MASURATĂ	$F_{sup,1}$ (KHZ) MĂSURATĂ	F_0 (KHZ) CALCULAT
$F_{inf,2}$ (KHz) ORIENTATIV 1,2	$F_{inf,2}$ (KHZ) MĂSURATĂ	$U_{0,2}$ (V ~) ORIENTATIV 1	$U_{0,2}$ (V ~) MĂSURATĂ	$F_{sup,2}$ (kHz) MĂSURATĂ	F_0 (kHz) CALCULAT

3.9. Oscilator cu rețea de defazare “trece sus”

*Se fac conexiunile cf. fig.11, pentru 3 și apoi pentru 4 celule RC

*Se măsoară datele din tabelele:

F_0 (KHZ) CALCULATĂ	F_0 (KHZ)	U_0 (V ~) MĂSURATE	$U_{(R3)}$ (V ~)	$F = U_{(R3)} / U_0$	
				CALCULAT	TEORETIC
F_0 (KHZ) CALCULATĂ	F_0 (KHZ)	U_0 (V ~) MĂSURATE	$U_{(R4)}$ (V ~)	$F = U_{(R4)} / U_0$	
				CALCULAT	TEORETIC

*Pentru rețeaua cu 3 celule RC, se verifică funcționarea pe monogramă.

3.10. – FACULTATIV – Oscilator în cuadratură

*Se fac conexiunile cf. Fig.12

*Se reglează eventual P2 (are o influență redusă), pentru oscilații cât mai aproape de cele sinusoidale.

*Se măsoară f_0 , trecându-se rezultatul alături de f_0 calculat

F_0 (KHZ)	F_0 (KHZ)
CALCULATĂ	MĂSURATĂ

*Se verifică cuadratură celor două ieșiri ale A.O. realizându-se o figură LISSAJOUX pe ecranul osciloscopului.

*Se modifică +/- E pentru încadrare în domeniul de baleiaj pe orizontală a osciloscopului (pt. IEMI – EO102, cca. +/- 5V)

*Se verifică:

X	$U_{0,2}$	$U_{0,1}$	$U_{0,1}$	$U_{0,2}$
Z	$U_{0,2}$	$U_{0,1}$	$U_{0,1}$	$U_{0,2}$
Figura LISSAJOUX	Prima diagonală		Elipsa orientată drept	

4. Prelucrarea datelor experimentale

*Se calculează preliminar frecvența de oscilație pentru oscilatoarele Wien, dublu T și cuadratură $f_0 = 1/(2\pi RC)$

4.1. Rețeaua Wien pentru amplificatoare de tensiune

*Se reprezintă grafic $F(f)$ cu f în scara logaritmică

-de exemplu $F [\lg(f / 100 \text{ Hz})]$

*Se trasează prin interpolare curba aproximativă $F(f)$

*Se determină din grafic frecvența centrală

*Se determină pentru cel puțin două ordonate centrale

($F=0,3$ și $0,2$)
[absciselor]]

$f_0 = (f_{\text{inf}} \cdot f_{\text{sup}})^{1/2}$ [media geometrică – media aritmetică pe axa logaritmică a

F	0.2	0,3
f_{inf}		
f_{sup}		
f_0		

2 – 3 perechi de abscise cu aceeași valoare a factorului de transfer

4.3. Oscilator Wien cu baretor (CTP) în rețeaua de reacție negativă

*Se calculează $R_{\text{bec, (lucru)}} = (P_3)/2$

*Se prelevează din graficul $R_{\text{bec, (lucru)}}(U_{\text{bec, (lucru)}})$, $R_{\text{bec, (lucru)}}$ pentru $(U_{\text{bec, (lucru)}}) = U_0/3$ și se compară cu valoarea calculată anterior.

4.4. Oscilator Wien Cu termistor (CTN) în rețeaua de reacție negativă

*Se calculează $R_{\text{th, (lucru)}} = 2 \cdot R_8$

*Se prelevează din graficul $R_{\text{termistor, (lucru)}}(U_{\text{termistor, (lucru)}})$, $R_{\text{termistor, (lucru)}}$ pentru $(U_{\text{termistor, (lucru)}}) = U_0 \cdot 2/3$ și se compară cu valoarea calculată.

4.5. Rețeaua de reacție negativă cu TECJ

*Se calculează $U_0/U_{(-)}$

*Se calculează $r_{ds,T3} = \frac{U_i \cdot (R6 + R5) - U_0 \cdot R5}{U_0 - U_i}$

$$\text{din } U_i = U_0 \cdot \frac{R5 + r_{ds,T3}}{R6 + R5 + r_{ds,T3}}$$

și se trasează graficul $r_{ds,T3}(U_{GS_T3})$

*Se calculează și se trasează graficul $F_{(-)}(U_0)$

*Se determină din grafic: $U_0(F=3)$ - se compară cu U_0 măsurat anterior, în oscilație
 $F(U_0 \text{ măsurat anterior, în oscilație}) - \text{se compară cu } 3$

4.7. Oscilator cu rețea dublu T cu $k=1/2$

*Se calculează frecvențele centrale $f_0 = (f_{\text{inf}} \cdot f_{\text{sup}})^{1/2}$ și se compară cu $f_0 = 1/(2\pi RC)$

4.9. Oscilator cu rețea de defazare “trece sus”

Se calculează f_0 și $F_0 = U_{(R3)}/U_0$ (respectiv $U_{(R4)}/U_0$) și se compară cu valorile teoretice (pentru 4 celule RC, verificările valorilor $f_0 = 0,84/(2\pi RC)$ și $F_0 = 1/18,4$ se fac la temă)

Conținutul referatului

Rezumat al considerațiilor teoretice, cu formulele prezentate

- Scheme de principiu (- schemele de conexiuni un sunt obligatorii)
- Rezultatele măsurărilor
- Observații teoretice și comentarii pentru fiecare etapă de lucru
- Calculele teoretice, teoretic-experimentale și experimentale, însoțite de comparațiile solicitate
- Soluția temei propuse (facultativ)