

L7. REDRESOARE MONOFAZATE

În lucrare se studiază redresorul monofazat în punte, cu doua variante: fără filtru și cu filtru cu condensator. Se fac comparații între rezultatele experimentale și cele teoretice.

1. Considerații teoretice

Redresor în punte fara filtru

În figura 1 se prezintă schema unui redresor monofazat în punte, fără filtru. În figura 2 se arată formele de undă $|v_2|$, v_o , i_o (aceiași formă de undă la scări diferite) și v_A . Se va nota amplitudinea tensiunii din secundar cu $\hat{V}_2$.

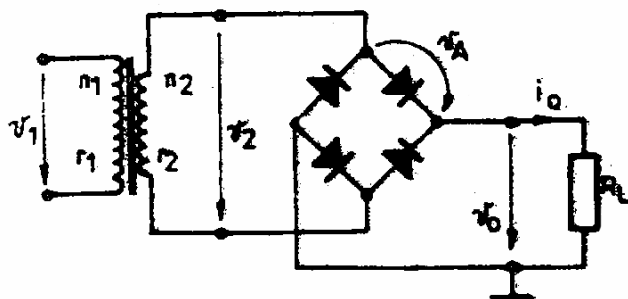


Fig. 1

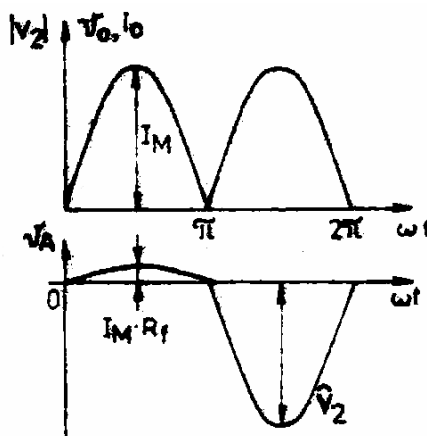


Fig. 2

Curentul și tensiunea continuă în sarcină sunt date de relațiile:

$$I_o = \frac{2 \times I_M}{\pi} \quad V_o = \frac{R_L}{R_i + R_L} \times \frac{2 \times \hat{V}_2}{\pi} \quad (1)$$

unde R_i e rezistența totală de pierderi, iar I_M curentul maxim prin sarcină:

$$R_i = 2 \times R_f + R_T \quad I_M = \frac{\hat{V}_2}{R_i + R_L} \quad (2)$$

R_f e rezistența în conducție directă a unei diode, a cărei caracteristică se liniarizează ca în figura 3. (În calculele curente, pentru tensiuni de ieșire suficient de mari, se neglijează tensiunea de deschidere a diodei V_D .)

R_T e rezistența de pierderi a transformatorului, dată de relația:

$$R_T = r_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 + r_2 \quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad (3)$$

unde r_1 , r_2 , n_1 , n_2 , V_1 , V_2 sunt respectiv rezistența, numărul de spire și tensiunea efectivă din primar și secundar.

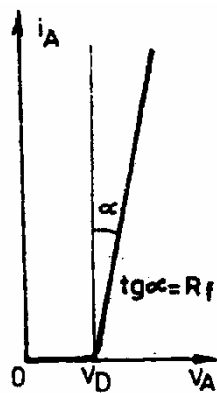


Fig. 3

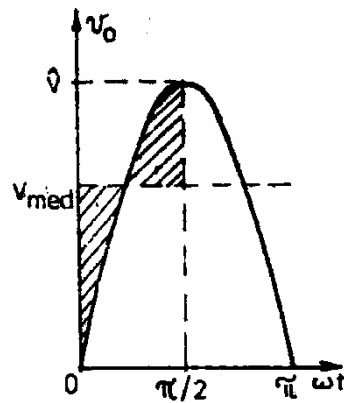


Fig. 4

Caracteristica externa a redresorului se exprima aproximativ cu relatia:

$$V_0 = \frac{2 \times \hat{V}_2}{\pi} - R_i \times I_0 \quad (4)$$

Considerand transformatorul si diodele ideale (fara rezistente de pierderi) se obtin urmatoarele marimi caracteristice: valoarea medie a tensiunii redresate V_{med} si valoarea medie a componentei alternative a tensiunii redresate $V_{med,ca}$ (zona hasurata din fig. 4). Tensiunea medie si factorul de ondulat la iesirea redresorului sunt [pentru $\alpha_1 = \arcsin(2/\pi)$]:

$$V_{med} = \frac{2}{\pi} \times V_2$$

$$\gamma' = V_{med,ca} / V_{med} = 2 * (2 * \alpha_1 / \pi + \cos \alpha_1 - 1) = 0,42 \quad (5)$$

Multimetrul folosit masoara valoarea medie a unui semnal si e etalonat pentru valoarea eficace a unui semnal sinusoidal. Acest lucru e realizat prin aplicarea unui factor de scalare f_s :

$$f_s = \pi / (2 * \sqrt{2}) = 1,11$$

Pentru comparatii intre teorie si experiment se va utiliza factorul de ondulat al tensiunii efective γ'_{ef} :

$$\gamma'_{ef} = f_s * \gamma' = 1,11 * \gamma' = 0,474 \quad (6)$$

Considerand în continuare transformatorul ideal, dar luând în considerare tensiunea pe diode se obțin prin calcule mai laborioase rezultatele sintetizate in tabelul 1.

Tabelul 1

VD (V)		0,4		0,7	
		$V_0 / \hat{V}_2$	γ'_{ef}	$V_0 / \hat{V}_2$	γ'_{ef}
$\hat{V}_2$ (V)	17	0,56	0,48	0,59	0,5
	10	0,5	0,5	0,56	0,54

Redresor in punte cu filtru C

Schema unui redresor in punte cu filtru C este aratata in figura 5.

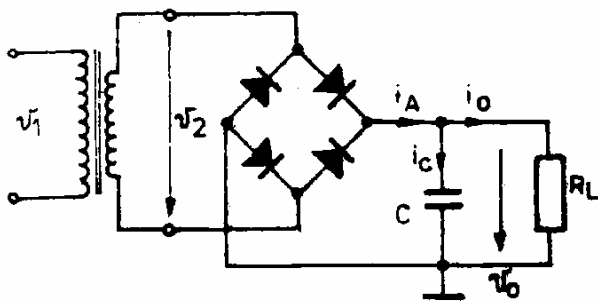


Fig. 5

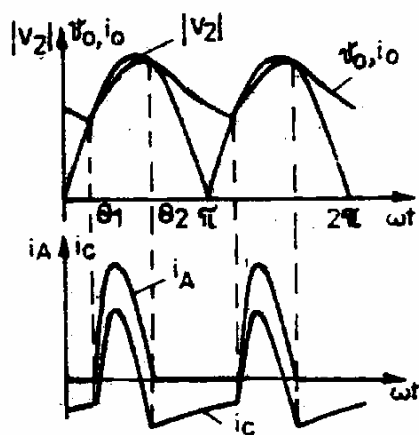


Fig. 6

Formele de unda V_0 , i_0 (aceiasi forma de unda dar la scari diferite), $|V_2|$, i_C si $i_A = i_0 + i_C$ sunt prezentate in figura 6.

Tratarea analitica conduce la relatii implicite care se prezinta sub forma grafica: tensiunea redresata v_0 (figura 7) si factorul de ondulate γ' (figura 8) in functie de produsul ωCR_L avand ca parametru R_i / R_L . Cunoscand pe $\hat{V}_2$, R_i , R_L si C se poate determina V_0 si γ' . La trasarea diagramelor nu s-a tinut cont de tensiunea de deschidere a diodelor.

O alta posibilitate de calcul este urmatoarea: se considera efectul rezistentei serie R_i , dar se presupune condensatorul suficient de mare pentru ca pulsatiile tensiunii redresate sa se neglijeze intr-o prima aproximare, deci $V_0(t) = V_0 = ct$. Se obtin astfel urmatoarele relatii de calcul pentru redresorul dubla alternanta:

$$\frac{R_i}{2 \times R_s} = \frac{tg \theta - \theta}{\pi} \quad (7)$$

$$\frac{V_0}{\hat{V}_2} = \cos \theta \quad \gamma' = \frac{\pi - 2 \times \theta}{2 \times \omega \times C \times R_L} \quad (8)$$

unde θ e semiunghiul de conductie al diodelor: $\theta = \pi - \theta_1$ din figura 6. θ se determina din relatia 7, utilizand diagrama din figura 9. Metoda se poate aplica pentru valori mici ale lui θ (C mare, pulsatii mici).

O tratare mai exacta a problemei se poate face tinand seama de tensiunea de deschidere a diodelor, tensiune care se scade din tensiunea $\hat{V}_2$, astfel incat pentru determinari pe diagramele prezentate se va utiliza o tensiune de calcul: $\hat{V}_{2 \text{ calc}} = \hat{V}_2 - 2 \times V_D$, iar rezistenta echivalenta a unei diode se calculeaza ca fiind panta tangentei la caracteristica statica a diodelor utilizate (in zona curentilor maximi de utilizare).

O astfel de tratare e potrivita pentru curenti medii si mari; pentru curenti mici de iesire parametrii V_D si R_f ai diodelor trebuie reconsiderati (altfel erorile vor creste).

Fig. 7

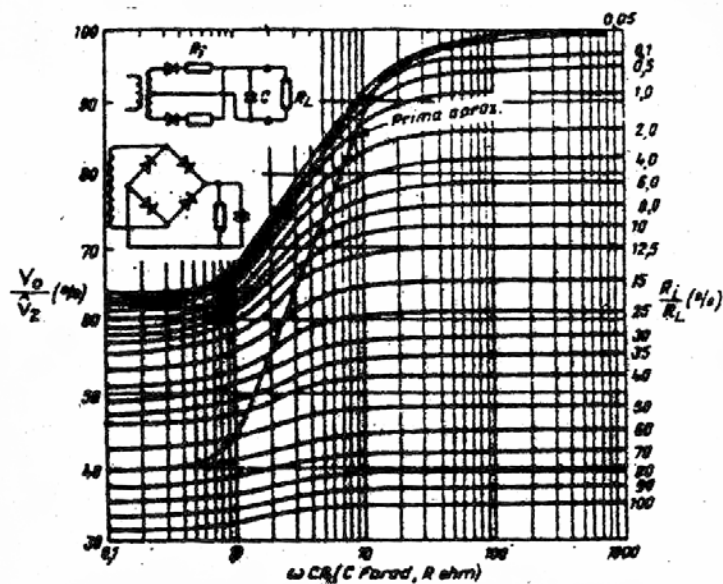


Fig. 8

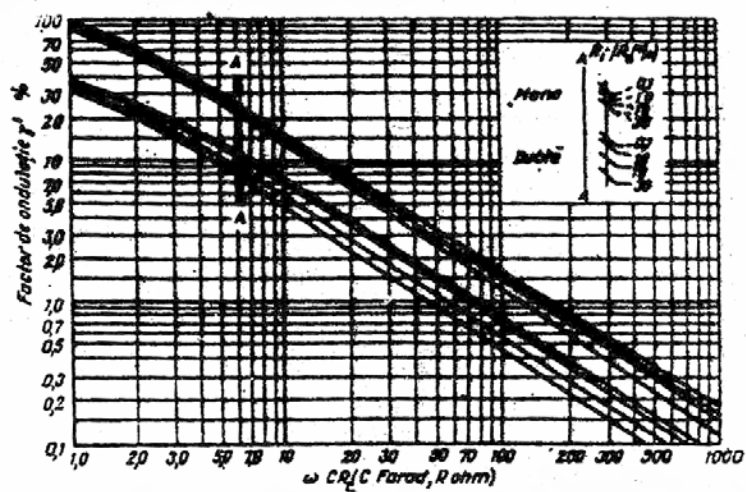
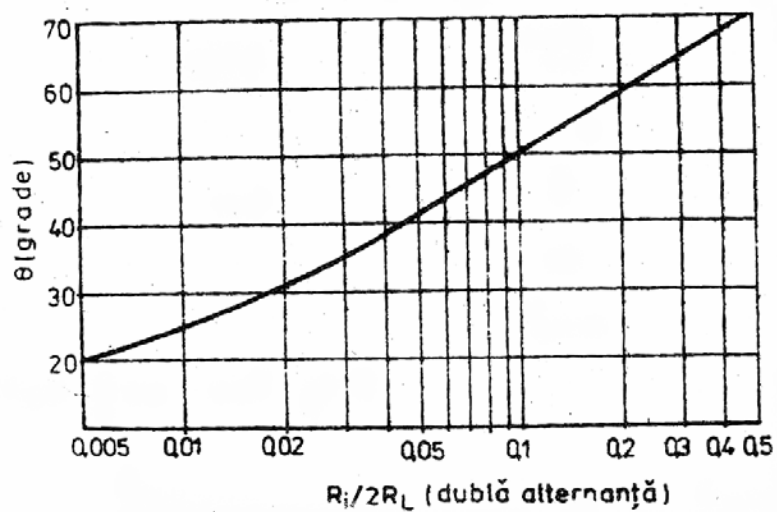


Fig. 9



3. Desfasurarea lucrarii

Redresor in punte fara filtru

1. Se masoara rezistenta primarului r_1 (intre bornele de conectare la retea) si rezistenta r_{21} , r_{22} (intre borna <0> si borna <1> respectiv <2>).
2. Se masoara tensiunea retelei V_1 . Se conecteaza redresorul la retea si se masoara tensiunile in secundar, in gol V_{21} , V_{22} (intre bornele <0> si borna <1>, respectiv <2>). Se vizualizeaza forma de unda a tensiunii din secundar. Daca forma tensiunii difera apreciabil de sinusoida, se va desena oscilograma obtinuta.
3. Se realizeaza montajul de redresor in punte fara filtru (fig. 1) pe priza 1 a secundarului. Se regleaza curentul de sarcina la valorile din tabelul 3 si se masoara componenta continua si respectiv alternativa a tensiunii de iesire. Cu rezultatele obtinute se completeaza prima treime a tabelului 3.
4. Se vizualizeaza formele de unda i_0 si v_A (conectand osciloscopul in paralel pe una din diodele puntii redresoare). Pentru un curent de 150 si respectiv 200 mA, se noteaza in tabelul 2 valorile de varf ale curentului si ale tensiunii directe (mai mica de 1 V) pe dioda.
5. Se repeta masuratorile de la punctul 3 pentru priza 2 a transformatorului si se va completa prima treime din tabelul 4.
6. Pentru un curent de 150 mA se va vizualiza si desena forma de unda a tensiunii pe sarcina (v_0) incercand sa observam efectul tensiunii de deschidere a diodelor redresoare asupra formei de unda (pentru priza 2 din secundar).

Redresor in punte cu filtru C

7. Se realizeaza montajul de redresor in punte cu filtru (fig. 5) pe priza 1 a secundarului luand $C_1 = 100 \mu F$.
8. Se regleaza curentul de sarcina la valorile din tabelul 3 si se masoara componenta continua, respectiv componenta alternativa a tensiunii din redresor. Cu rezultatele obtinute se va completa a 2-a treime a tabelului 3.
9. La curentul $I_0 = 200$ mA se vor desena oscilogramele pentru urmatoarele marimi: v_2 , v_0 , i_0 , i_C , i_A .
10. Se masoara cu osciloscopul valorile maxime ale curentului si tensiunii printr-o dioda redresoare pentru $I_0 = 200$ mA si respectiv 150 mA. Valorile obtinute se trec in tabelul 2.
11. Se repeta determinarile de la punctele 8, 9 si 10 pentru $C = 1000 \mu F$ si se completeaza ultima treime din tabelele 2 si 3.
12. Se repeta determinarile de la punctele 7 si 8 pentru priza 2 din secundarul transformatorului pentru ambele condensatoare si se completeaza a 2-a si respectiv ultima treime din tabelul 4.

Tabelul 2

$I_0(\text{mA})$	150			200			
$C (\mu\text{F})$	$V_D(\text{V})$	$I_D(\text{mA})$	$R'_f(\Omega)$	$V_D(\text{V})$	$I_D(\text{mA})$	$R''_f(\Omega)$	$R_{fd} = \Delta V_D / \Delta I_D (\Omega)$
0							
100							
1000							

Tabelul 3 Infasurarea 0 – 1

$C (\mu\text{F})$	$I(\text{mA})$	0	20	50	100	150	200
0	$V_0(\text{V})$						
	$v_0(\text{V})$						
	$\gamma' = v_0 / V_0$						
100	$V_0(\text{V})$						
	$v_0(\text{V})$						
	$\gamma' = v_0 / V_0$						
1000	$V_0(\text{V})$						
	$v_0(\text{V})$						
	$\gamma' = v_0 / V_0$						

Tabelul 4 Infasurarea 0 – 2

$C (\mu\text{F})$	$I(\text{mA})$	0	10	20	50	100	150
0	$V_0(\text{V})$						
	$v_0(\text{V})$						
	$\gamma' = v_0 / V_0$						
100	$V_0(\text{V})$						
	$v_0(\text{V})$						
	$\gamma' = v_0 / V_0$						
1000	$V_0(\text{V})$						
	$v_0(\text{V})$						
	$\gamma' = v_0 / V_0$						

Redresor monoalternanta

13. Optional se studiaza redresorul monoalternanta cu dioda D_5 si tabele similare cu tabelele 3, 4 (dar pentru curenti mai mici).

4. Prelucrarea datelor experimentale si concluzii

Redresor in punte fara filtru

1. Se traseaza pe acelasi grafic caracteristicile externe experimentale normate $V_0 / \hat{V}_2 = f(I_0)$ corespunzatoare prizelor 1 si 2 din secundar precum si caracteristicile teoretice normate, deduse cu relatia (4). Sa se explice diferentele observate. Se determina pentru $I_0 = 150 \text{ mA}$ rezistenta interna R_i din caracteristicile externe

experimentale trasate si se compara cu rezistenta interna teoretica (relatia 2: $R_i = 2 * R_f + R_T$, cu R_f calculat in linia 1, tabelul 2).

2. Se traseaza pe acelasi grafic curbele $\gamma' = \gamma'(I_0)$ experimentale corespunzatoare prizelor 1 si 2 din secundar, precum si curbele teoretice (relatia 6 sau obtinute utilizand datele din tabelul 1). Sa se explice diferentele observate.

Redresor in punte cu filtru C

3. Se traseaza pe acelasi grafic caracteristicile externe experimentale corespunzatoare prizelor 1 si 2 din secundar pentru cele 2 valori ale condensatorului. Sa se explice diferentele observate. Se determina din caracteristicile externe trasate rezistenta interna R_i , la $I_0 = 200$ mA respectiv 150 mA si se compara cu valorile teoretice obtinute utilizand datele din tabelul 2. Pentru care din cele trei valori R'_f , R''_f sau R_{fd} utilizate pentru calculul R_i teoretice rezulta diferente mai mici intre teorie si experiment (pentru priza 1 a transformatorului) si de ce ?
4. Se traseaza, pe acelasi grafic, curbele experimentale $\gamma' = \gamma'(I_0)$ corespunzatoare prizelor 1 si 2 din secundar pentru cele 2 valori ale condensatorului de filtraj. Sa se explice diferentele observate.
5. Se deseneaza oscilogramele vizualizate la punctul 9 pentru C_1 si respectiv C_2 . Sa se justifice formele de unda obtinute.
6. Pentru priza 1 din secundar si $C_1 = 100$ μ F se vor trasa pe acelasi grafic caracteristica externa normata experimentală si cea teoretică (dedusa din figura 7), si pe un alt grafic, curba $\gamma' = \gamma'(I_0)$ experimentală si teoretică (dedusa din figura 8).
Rezistentele de sarcina R_L , uzitate pentru determinari pe diagramele din fig. 7 si 8, se vor calcula cu relatia evidenta $R_L = V_0 / I_0$ (valorile V_0 si I_0 din tabelul 3).
7. Pentru priza 1 a transformatorului, la un curent de 200 mA si pentru $C_1 = 100$ si respectiv 1000 μ F se vor compara rezultatele experimentale cu cele teoretice obtinute cu relațiile 7 si 8 (utilizând diagrama din fig. 9) si teoretice obtinute cu diagramele din fig. 7 si 8. Se completează tab. 5 si se vor evidenția limitele calcului utilizând relațiile 7 si 8.

Tabelul 5

$I_0 = 200$ mA	C (μ F)		100	1000
	R_L (Ω)			
$V_0 / \hat{V}_2$	experiment			
	teoretic	rel. 8		
		fig. 7		
0	experiment			
	teoretic	rel. 8		
		fig. 7		

8. Optional se va studia concordanta mai buna obtinuta intre determinarile experimentale si teorie, tinand seama si de tensiunea de deschidere a diodelor din puntea redresoare.