

STUDIUL FENOMENULUI DE REDRESARE FILTRE ELECTRICE DE NETEZIRE

Energia electrică este transportată și distribuită la consumatori sub formă de tensiune alternativă. În multe aplicații este însă necesară utilizarea tensiunilor continue. Transformarea puterii de curent alternativ în putere de curent continuu se realizează cu ajutorul *circuitelor de redresare*. Dintre numeroasele tipuri de redresoare existente, în această lucrare vor fi studiate redresoarele monoalternanță necomandate.

Teoria lucrării

În fig.1 sunt reprezentate cele mai simple circuite de redresare care utilizează diode semiconductoare, cu ieșirea pe rezistor și formele de undă ale tensiunilor corespunzătoare. Cele trei tipuri de redresoare sunt: redresorul monoalternanță (1.a), redresorul dublă alternanță cu priză mediană (1.b) și redresorul dublă alternanță în punte (1.c).

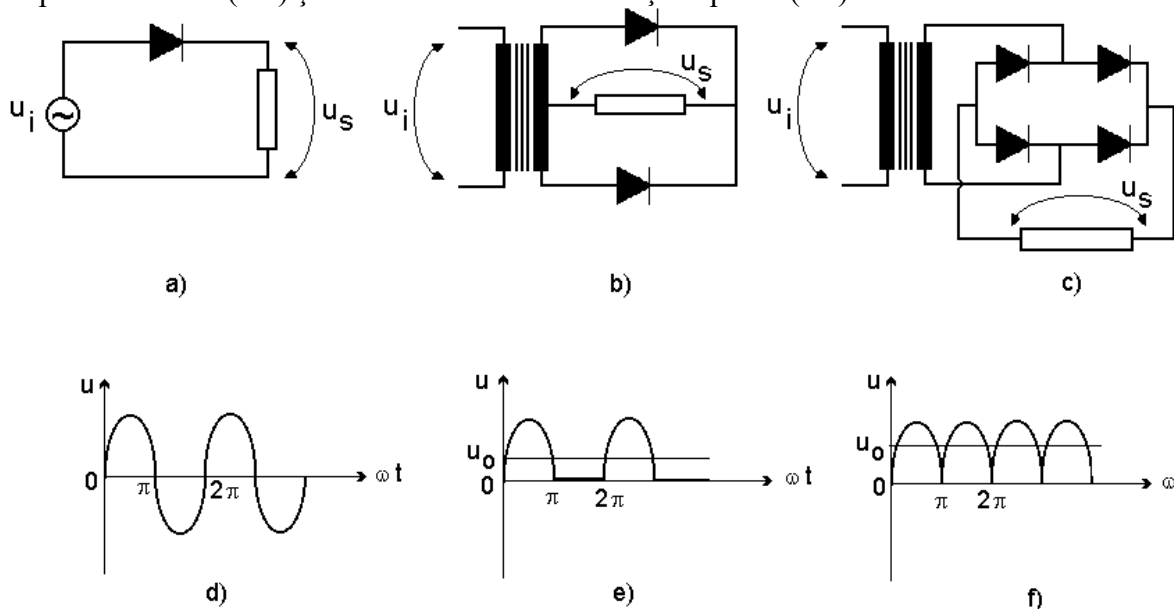


Fig. 1 a) Redresorul monoalternanță; b) Redresorul bialternanță cu priză mediană; c) Redresorul bialternanță în punte; d) Forma tensiunii de intrare; e) Tensiunea redresată monoalternanță; f) Tensiunea redresată bialternanță

Redresarea monofazată monoalternanță

Fie $u_i = U\sqrt{2} \sin \omega t$ valoarea instantanee a tensiunii alternative care se aplică circuitului din fig.1.a. Valoarea medie a tensiunii pe rezistența de sarcină se determină din relațiile de definiție pentru valoarea medie, cu forma tensiunii din fig.1.e:

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} U\sqrt{2} \sin \omega t dt = \frac{U\sqrt{2}}{\pi} = \frac{U_{\max}}{\pi} \quad (1)$$

Limitele de integrare sunt cuprinse între 0 și T/2 deoarece dioda conduce numai în alternanța pozitivă. Valoarea medie a curentului prin sarcină este:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_s} = \frac{U\sqrt{2}}{\pi R_s} \quad (2)$$

Puterea de curent continuu absorbită de sarcină reprezintă puterea utilă și se determină

cu relația:

$$P_u = U_0 I_0 = \frac{2U^2}{\pi^2 R_s} \quad (3)$$

De la rețea se va absorbi putere numai pe durata unei semiperioade, cât dioda este în conducție, deci puterea absorbită este:

$$P_a = \frac{1}{2} \frac{U^2}{R_s} \quad (4)$$

Definim randamentul redresorului ca raportul dintre puterea utilă și puterea absorbită, adică:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{4}{\pi^2} = 40.5\% \quad (5)$$

Acest randament este mai mic în cazul redresorului real datorită pierderilor care apar în diodă și în transformator.

O problemă care trebuie avută în vedere în realizarea practică a redresorului este aceea a tensiunii inverse care este aplicată diodei în timpul alternanței negative. Pentru ca dioda să nu se distrugă este necesar ca tensiunea inversă maximă pe care aceasta o suportă (dată de catalog) să fie mai mare decât tensiunea maximă aplicată, egală cu $U\sqrt{2}$.

Redresarea monofazată dublă alternanță

Redresoarele dublă alternanță se utilizează sub forma a două montaje fundamentale: montajul cu transformator cu priză mediană (fig.1.b) și montajul în punte (fig.1.c). Ambele montaje au drept rezultat aceeași formă a tensiunii redresate și deci aceeași valoare a randamentului. Pentru calculul acestuia vom observa că cele două (respectiv patru) diode conduc alternativ, astfel încât prin rezistența de sarcină curentul circulă în același sens pentru ambele alternanțe. Într-o perioadă T apar două pulsuri ale tensiunii redresate, astfel încât valoarea medie este:

$$U_0 = \frac{2U\sqrt{2}}{\pi} \quad (6)$$

iar puterea de curent continuu absorbită de sarcină este:

$$P_u = \frac{U_0^2}{R_s} = \frac{8U^2}{\pi^2 R_s} \quad (7)$$

În condițiile în care puterea de curent alternativ se absorbe de la sursă în ambele alternanțe, valoarea acesteia este:

$$P_a = \frac{U^2}{R_s} \quad (8)$$

iar expresia randamentului devine:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{8}{\pi^2} = 81\% \quad (9)$$

deci de două ori mai mare decât în cazul redresorului monoalternanță.

O deosebire importantă între cele două circuite de redresare bialternanță este legată de tensiunea inversă pe care trebuie să o suporte diodele în cele două cazuri. Dacă pentru redresorul în punte, diodele trebuie să suporte o tensiune inversă egală cu valoarea maximă a tensiunii de alimentare, la redresorul cu priză mediană tensiunea inversă este dublă, deoarece pe alternanța negativă, la bornele diodei blocate se aplică atât tensiunea inversă de alimentare cât și cea de pe rezistența de sarcină.

Filtre de netezire

Tensiunea obținută în urma redresării nu este o tensiune continuă, ci o tensiune variabilă, diferența de potențial păstrând însă semn constant. Pentru caracterizarea unei asemenea tensiuni se folosește noțiunea de factor de ondulație, definit ca raportul dintre amplitudinea armonicii principale a descompunerii Fourier a semnalului și tensiunea medie a semnalului redresat. O tensiune redresată este cu atât mai apropiată de o tensiune continuă cu cât factorul de ondulație este mai apropiat de zero. În cazul redresării monoalternanță, amplitudinea armonicii principale, pentru o frecvență de 50 Hz este $U_{\max}/2$, ceea ce conduce la o valoare a factorului de ondulație egală cu:

$$\gamma = \frac{U_f}{U_0} = \frac{U_{\max} / 2}{U_{\max} / \pi} = \frac{\pi}{2} = 1.57 \quad (10)$$

La redresorul bialternanță, la o frecvență a tensiunii de alimentare de 50 Hz, frecvența corespunzătoare a semnalului redresat este dublă, adică 100 Hz. Amplitudinea armonicii Fourier principale este în această situație egală cu $4U_{\max}/3\pi$, iar valoarea factorului de ondulație devine:

$$\gamma = \frac{U_f}{U_0} = \frac{4U_{\max} / 3\pi}{2U_{\max} / \pi} = \frac{2}{3} = 0.667 \quad (11)$$

deci tensiunea generată de redresorul bialternanță este mai apropiată de una continuă decât cea obținută de la un redresor monoalternanță. Cu toate acestea, și tensiunea obținută de la redresorul bialternanță este destul de departe de una continuă. Pentru a îmbunătății și mai mult factorul de ondulație, tensiunea obținută de la redresor este supusă în continuare unui nou

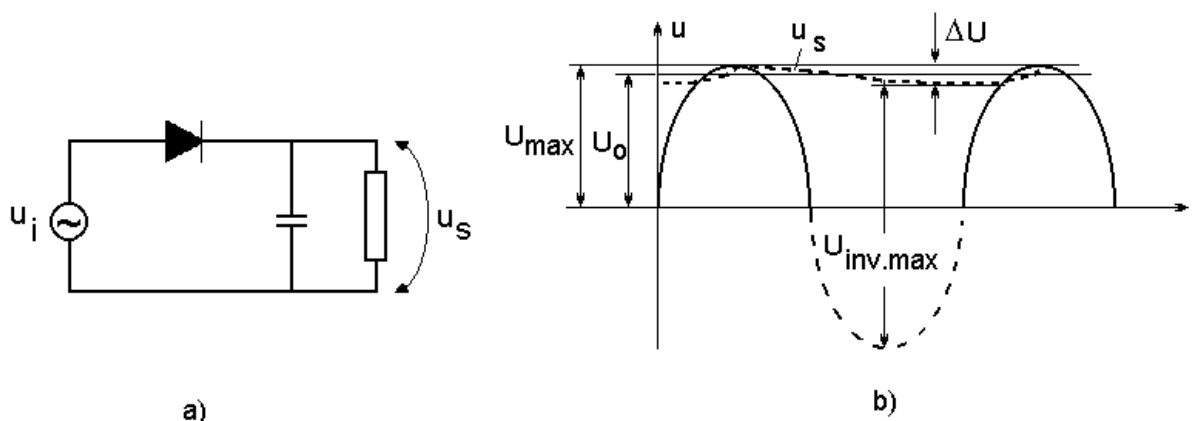


Fig. 2 a) schema de redresare monoalternanță cu filtru cu intrare pe capacitate; b) formele tensiunilor din circuit.

proces, numit filtrare, care are drept scop îmbunătățirea factorului de ondulație prin micșorarea amplitudinii componentei alternative.

Cel mai simplu tip de filtru este filtrul cu intrare pe capacitate și constă într-o capacitate de valoare mare legată în paralel cu rezistența de sarcină (fig.2.a).

Forma de undă a tensiunii pe sarcină (u_s , cu linie punctată în fig.2.b) este determinată de procesele de încărcare și descărcare a condensatorului. Prin alegerea corespunzătoare a valorilor rezistenței de sarcină și a condensatorului, constanta de timp a sistemului poate fi mult mai mare decât perioada semnalului aplicat, ceea ce face ca în intervalul de timp dintre două alternanțe condensatorul să se descarce foarte puțin, menținând astfel tensiunea pe sarcină la o valoare aproape constantă. Ținând cont că timpul în care dioda este în conducție

Lucrarea nr.4

(timpul în care are loc încărcarea condensatorului) este foarte mic în comparație cu perioada semnalului, amplitudinea de variație a tensiunii pe rezistența de sarcină se poate scrie ca fiind:

$$\Delta U = U_{\max} \left(1 - \exp\left(-\frac{T}{R_s C}\right) \right) \quad (12)$$

În condițiile în care constanta de timp a circuitului este mult mai mare decât perioada semnalului ($R_s C \gg T$), atunci:

$$\exp\left(-\frac{T}{R_s C}\right) \cong 1 - \frac{T}{R_s C} \quad (13)$$

și variația de tensiune se scrie:

$$\Delta U \cong U_{\max} \frac{T}{R_s C} = \frac{U_{\max}}{\nu R_s C} \quad (14)$$

Această valoare poate fi considerată ca fiind chiar amplitudinea componentei Fourier principale. Componenta continuă a tensiunii pe sarcină (tensiunea efectivă) se calculează după relația (fig.2.b):

$$U_0 = U_{\max} - \frac{\Delta U}{2} = U_{\max} \left(1 - \frac{1}{\nu R_s C} \right) \quad (15)$$

În aceste condiții, factorul de ondulație are valoarea:

$$\gamma = \frac{1}{\frac{\nu R_s C}{1 - \frac{1}{\nu R_s C}}} \quad (16)$$

Aceeași valoare a factorului de ondulație este valabilă și în cazul redresării bialternanță, cu observația că în acest caz frecvența este dublă.

Experiment

Se realizează montajul din fig.3.a. Se alege în secundarul transformatorului o tensiune de 12-24 V. Voltmetrul V_1 este un voltmetru de curent alternativ și măsoară tensiunea efectivă cu care este alimentat circuitul. Voltmetrul V_2 este un voltmetru de curent continuu și măsoară componenta continuă a tensiunii la bornele rezistenței de sarcină. Rezistența de sarcină este o rezistență în decade a cărei valoare nu trebuie să scadă sub 500 Ω . În punctele A și B se conectează cele două canale ale unui osciloscop în scopul vizualizării tensiunii de intrare și respectiv de ieșire. Inițial întrerupătorul I este deschis.

1. Se compară indicația voltmetrului 2 cu cea calculată cu ajutorul relației (1).
2. Se închide întrerupătorul I. Pentru un număr de zece valori ale rezistenței (între 1000 și 10000 Ω) se determină cu ajutorul osciloscopului amplitudinea ΔU a tensiunii redresate și se calculează valoarea factorului de ondulație din relația $\gamma = \frac{\Delta U}{U}$, unde U este tensiunea indicată de voltmetrul 2. Se calculează valoarea teoretică a factorului de ondulație cu ajutorul relației (16). Se reprezintă pe un același grafic dependența $\gamma(R_s)$ pentru valorile experimentale și respectiv teoretice. Se repetă determinările pentru trei valori ale capacității.
3. Se repetă determinările de la punctele 1-2 pentru celelalte două montaje din fig.3.

Referatul trebuie să conțină:

- valorile factorilor de ondulație fără filtrare și comparația cu datele teoretice
- dependențele $\gamma(R)$ pentru valorile teoretice și experimentale

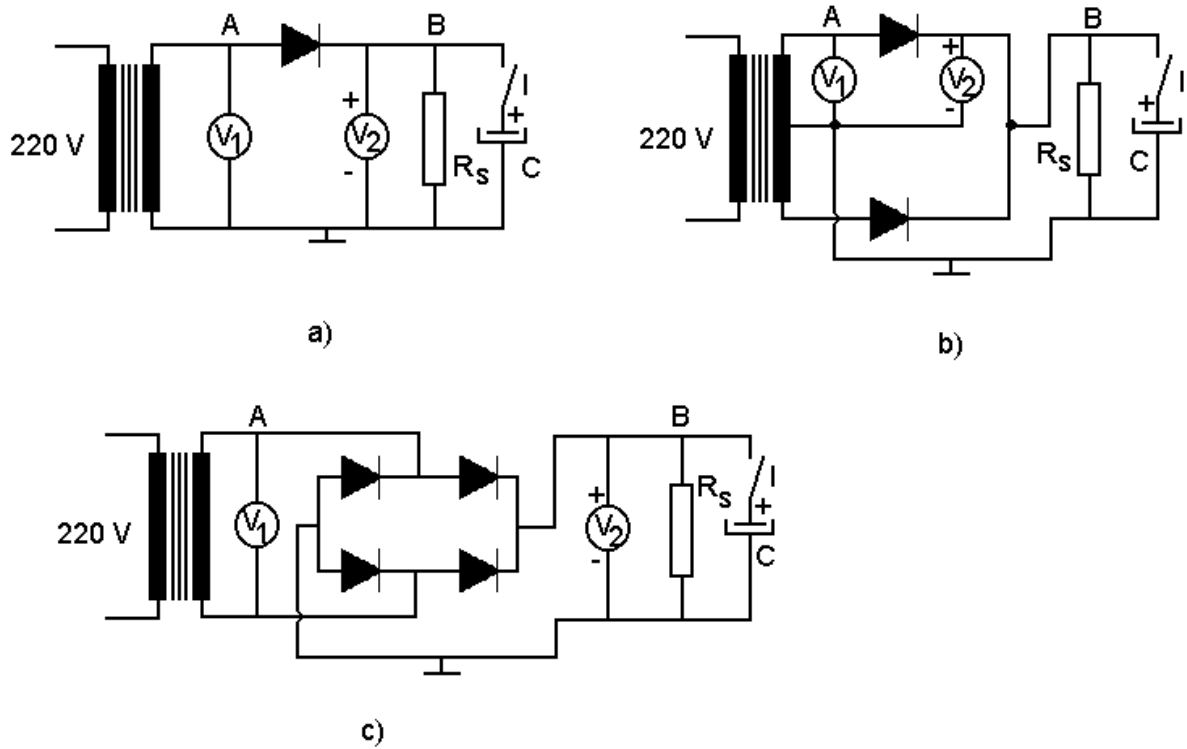


Fig. 3 Montaje experimentale