

## Redresor trifazat cu punct median comandat

### 1. Introducere

Redresoarele comandate sunt frecvent folosite în alimentarea motoarelor de curent continuu cu turație variabilă precum și în alte aplicații care necesită tensiuni continue reglabile.

La puteri de peste 10 KVA se folosesc aproape exclusiv redresoarele comandate polifazate deoarece furnizează o tensiune redresată mai netedă, asigură încărcarea simetrică a rețelei trifazate industriale, cu un factor de utilizare a transformatorului este mai redus.

În laborator se va studia un redresor trifazat cu punct median comandat, alimentat la rețeaua trifazată industrială, de joasă tensiune. ( $U_{\text{linie-linie}} = 380\text{V}$ )

### 2. Circuitul de forță al redresorului

În figura 1 este reprezentat circuitul de forță al redresorului trifazat cu punct median, în care R S T sunt fazele sistemului trifazat industrial, iar N este nulul rețelei. În figura 2 sunt reprezentate formele de undă ale unora dintre mărimile care intervin în funcționarea redresorului.

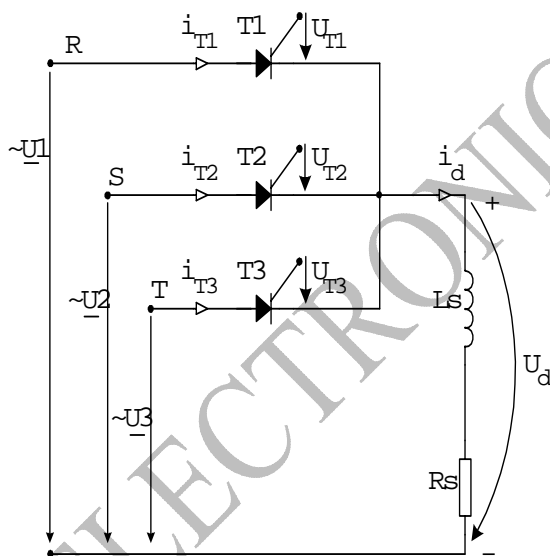


Fig 1

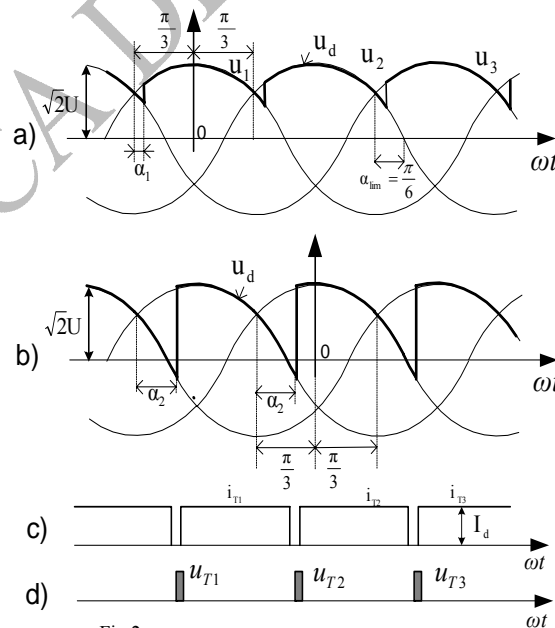


Fig 2

Dacă în locul tiristoarelor s-ar conecta diode, s-ar obține un redresor trifazat cu punct median necomandat. La un moment dat ar conduce o singură diodă și anume aceea care are potențialul anodic cel mai pozitiv, întrucât odată intrată în conducție, celelalte diode ar fi polarizate invers. În cazul redresoarelor comandate intrarea în conducție a unui tiristor se produce în momentul aplicării unui impuls de comandă pozitiv între poartă și catod, dacă potențialul anodului este mai pozitiv decât cel al catodului.

Se numește **unghi de comandă**, unghiul electric măsurat din momentul în care un tiristor ar intra în conducție dacă ar fi diodă și până în momentul în care i se aplică impulsul de comandă.

Dacă unghiul de comandă  $\alpha < \alpha_{\text{lim}} = \frac{\pi}{6}$ , forma de undă a tensiunii redresate  $u_d$  este cea din figura 2.a. indiferent dacă sarcina este pur rezistivă ( $L_s=0$ ) sau inductivă. Valoarea medie a acesteia se calculează cu relația:

$$(1) \quad U_d = \frac{3}{2\pi} \cdot \int_{-\frac{\pi}{3}+\alpha}^{\frac{\pi}{3}+\alpha} \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos \omega t d\omega t = \frac{3\sqrt{2} \cdot U}{2\pi} \cdot \left[ \sin\left(\frac{\pi}{3} + \alpha\right) - \sin\left(\frac{\pi}{3} + \alpha\right) \right] =$$
$$\frac{3}{\pi} \cdot \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin \frac{\pi}{3} \cdot \cos \alpha = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot U \cdot \cos \alpha$$

în care  $U$  este valoarea efectivă a tensiunii de fază a rețelei.

Maximul acestei tensiuni, în cazul rețelei trifazate industriale ( $U=220$  V),  $\alpha = 0$ , va fi:

$$U_{d \text{ max}} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 = 257V$$

Dacă unghiul de comandă  $\alpha > \alpha_{\text{lim}}$  forma de undă a tensiunii redresate depinde de natura sarcinii. În figura 2.b. cu linie plină este reprezentată tensiunea  $u_d$  pentru cazul unei sarcini pur rezistive. Valoarea medie a acesteia este:

$$(2) \quad U_d = \frac{3}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{3}+\alpha}^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos \omega t d\omega t = \frac{3\sqrt{2} \cdot U}{2\pi} \cdot \left[ 1 - \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{3}\right) \right]$$

Dacă sarcina este puternic inductivă, forma de undă a tensiunii  $u_d$  este cea din figura 2.b., reprezentată punctat, în care apar pulsuri de tensiune negativă. Deși în momentul  $t_2$  tensiunea  $u_1$  se anulează, tiristorul  $T_1$  continuă să fie străbătut de curent în continuare datorită inductanței  $L_s$  care menține circulația curentului  $i_d$ . În acest caz valoarea medie a tensiunii redresate este dată tot de relația (1).

În figura 2.c. sunt date formele de undă ale curenților ce străbat tiristoarele în cazul unei sarcini puternic inductive, la care se poate considera  $i_d = I_d = \text{const}$ . În figura 2.d. sunt date impulsurile de comandă ale tiristoarelor.

### 3. Descrierea circuitului de comandă a unui tiristor

Circuitul de comandă a unui tiristor se întâlnește în literatura de specialitate sub denumirea de „dispozitiv de comandă pe grilă” și se notează cu D.C.G.

În orice variantă, D.C.G. cu tranzistoare bipolare se realizează după schema bloc din figura 3 în care:

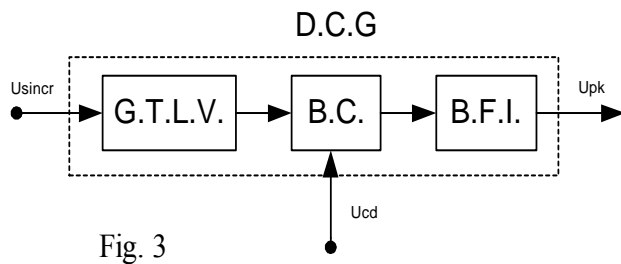


Fig. 3

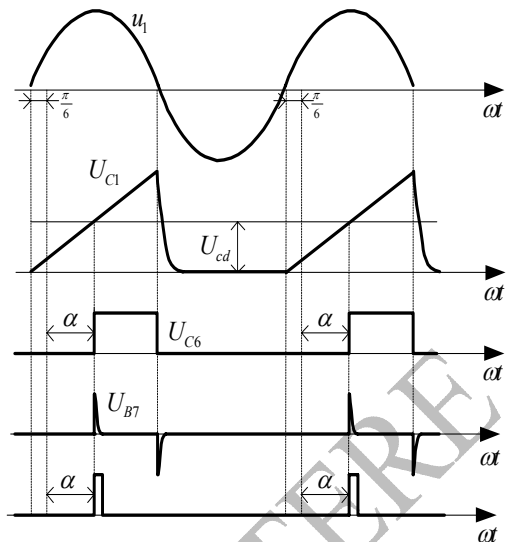


Fig. 5

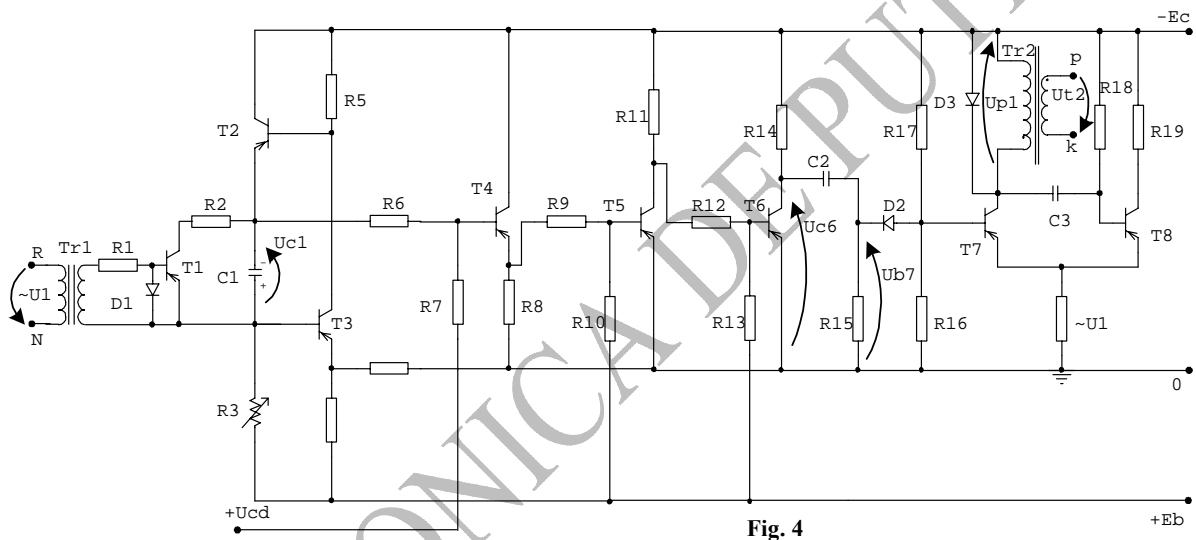


Fig. 4

G.T.L.V. – este generator de tensiune linear variabilă;

$U_{sincr}$  - reprezintă tensiunea de sincronizare a G.T.L.V.;

B.C.- este blocul de comparare;

$U_{cd}$  - reprezintă tensiunea de comandă prin intermediul căreia se modifică unghiul de comandă  $\alpha$ ;

B.F.I.- este blocul de formare a impulsurilor care realizează durata și nivelul de tensiune necesar.

În figura 4 este reprezentată schema electronică a D.C.G. care va utilizat în laborator, iar în figura 5 sunt date formele de undă ale unora dintre tensiunile care intervin în funcționarea dispozitivului.

Tranzistoarele  $T_2$ ,  $T_3$ , formează un G.T.L.V. care este sincronizat cu tensiunea rețelei  $U_1$  prin intermediul transformatorului de sincronizare Tr1. Tranzistorul  $T_4$  se găsește într-un montaj repetor pe emitor și formează blocul de comparare, iar tranzistoarele  $T_5$ ,  $T_6$  formează un lanț de amplificare.

Elementele  $R_{15}C_2$  constituie un grup de diferențiere, iar  $T_7$  și  $T_8$  echipează un circuit basculant monostabil (C.B.M.),  $T_7$  având ca sarcină primarul transformatorului de impuls Tr2.

În timpul semialternanței pozitive a tensiunii  $\underline{U}_1$ , când  $T_1$  este blocat, tensiunea  $U_{cl}$  crește liniar în timp. În momentul în care  $U_{cl} \geq U_{cd}$ ,  $T_4$  și  $T_5$  încep să conducă iar  $T_6$  se va bloca. Ca urmare C.B.M. va bascula în starea cvasistabilă ( $T_7$  saturat și  $T_8$  blocat) asigurându-se astfel impulsul de comandă pentru un tiristor. Durata stării cvasistabile a C.B.M. se alege egală cu lățimea necesară pentru impulsul de comandă.

Se constată că dacă se modifică tensiunea de comandă  $U_{cd}$ , se modifică unghiul de comandă  $\alpha$  al tiristorului corespunzător.

#### 4. Desfășurarea lucrării în laborator

În laborator se găsesc 3 D.C.G., realizate după schema din figura 4 și 3 tiristoarele care trebuie conectate ca în figura 6.

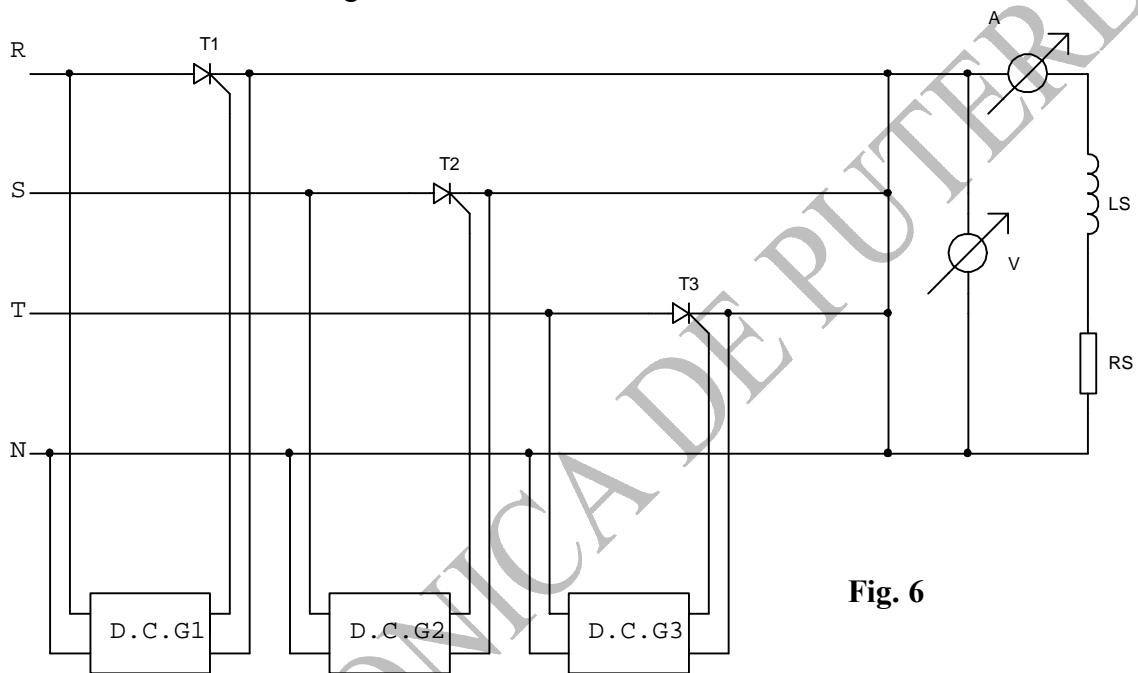


Fig. 6

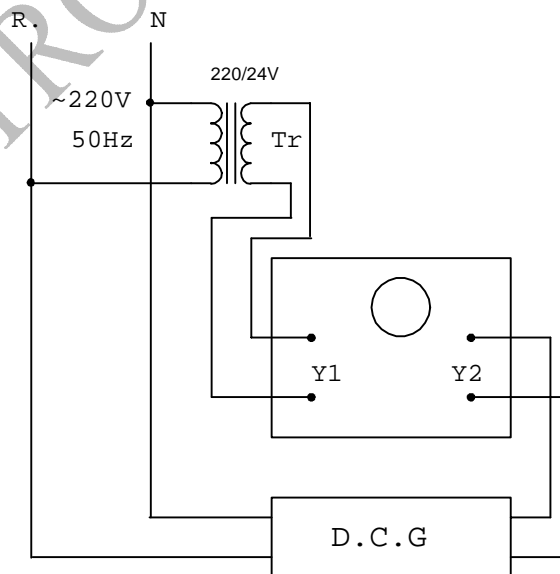


Fig. 7

Încercările experimentale vor decurge în următoarea succesiune:

- a) Se determină, cu ajutorul unui voltmetru de c.a. sau cu un încercător de tensiune cu bec de neon, care este nulul la priza monofazată cea mai apropiată de priza trifazată lângă care se găsește lucrarea de laborator;
- b) Se realizează montajul redresorului trifazat cu punct median și se folosește drept impedanță de sarcină un reostat în serie cu un autotransformator ATR-8;
- c) Pentru sarcină pur rezistivă se trasează caracteristica  $U_d(\alpha)$ , unghiul  $\alpha$  determinându-se cu un osciloscop cu două canale conform montajului din figura 7. Se va oscilografia tensiunea  $u_d$  ;
- d) Se va ridica aceeași caracteristică pentru sarcina inductivă. Se vor observa modificările produse în formă de undă a tensiunii  $u_d$  .

În partea a doua a lucrării de laborator, pe baza înțelegerii funcționării montajului, se va răspunde la următoarele probleme teoretice:

- Care este rolul diodelor  $D_1, D_2, D_3$  din figura 4 și cum se aleg acestea la proiectare?
- Ce condiții trebuie să îndeplinească constanta de timp  $R_2 * C_1$ ?
- Care este tensiunea de bază - emitor a tranzistorului  $T_4$  în funcție de tensiunea  $U_{cl}$  și  $U_{cd}$  și rezistoarele din montaj, înainte ca  $T_4$  să înceapă să conducă?
- Ce tip de G.T.L.V. formează  $T_2$  și  $T_3$  și care este rampa tensiunii  $U_{cl}$  în funcție de elementele montajului?
- Care este tensiunea inversă maximă ce se aplică unui tiristor?
- Care este valoarea efectivă a tensiunii redresate în cazul unei sarcini rezistive sau puternic inductive, pentru un anumit unghi de comandă?
- Care este valoarea medie și efectivă a curentului ce străbate un tiristor dacă sarcina redresorului este pur activă?

Referatul va conține schemele montajelor încercate în laborator, tabelele cu date și curbele corespunzătoare, formele de undă vizualizate și interpretarea acestora precum și răspunsul la problemele teoretice.

### **Important pentru protecția muncii**

Nu se va conecta lucrarea la rețea până nu va fi verificat montajul de cadrul didactic îndrumător.

După conectarea la rețea nu se vor atinge părțile metalice întrucât apar tensiuni de 380V.

Nu se va efectua nici o legătură și nici o modificare a montajului după ce acesta a fost pus sub tensiune.