

Studiul invertoarelor monofazate de tip paralel

1. Introducere

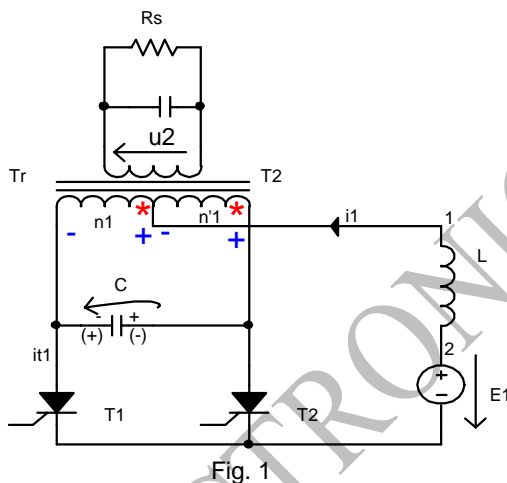
Invertoarele de tip paralel sunt montaje care transformă energia electrică de curent continuu în energie electrică de curent alternativ, de o anumită frecvență, formă și amplitudine. Așadar invertoarele au o funcție inversă celei a redresoarelor.

S-au realizat invertoare cu tensiunea de ieșire dreptunghiulară echipate cu tranzistoare, dintre care amintim invertorul în contra timp cu circuit de control RC și invertorul în contra timp cu frecvență stabilizată.

Pentru puteri mai mari s-au realizat invertoare echipate cu tiristoare. Dintre tipurile de invertoare tratate în literatura de specialitate, în laborator se vor studia trei variante de scheme de invertoare de tip paralel.

2. Invertorul simplu de tip paralel

La acest tip de invertoare condensatorul utilizat pentru comutație apare conectat în paralel cu sarcina.



În Fig.1 este reprezentată schema cea mai simplă de invertor tip paralel echipat cu tiristoarele T1 și T2. Dacă se comandă să conducă tiristorul T1, curentul debitat de sursa E_1 va circula prin jumătatea din stânga a primarului transformatorului Tr. Se consideră inductanța L de valoare suficient de mare astfel că curentul i_1 să se mențină constant. Prin efectul de auto transformator condensatorul C se încarcă, cu polaritatea fără paranteze arătată în figură, la tensiunea $2E_1$.

Când se comandă să conducă tiristorul T2, tensiunea la bornele condensatorului C va polariza invers tiristorul T1, blocându-l. Deci condensatorul se descarcă și în continuare se încarcă la tensiunea $2E_1$ cu polaritatea din paranteze, deoarece curentul va circula prin jumătatea din dreapta a primarului transformatorului și își va schimba sensul prin miez.

Rezultă deci că la fiecare comandă a tiristoarelor, tensiunea de la bornele secundarului își schimbă polaritatea.

Formele de undă ale unora dintre mărimile care intervin în funcționarea invertorului sunt prezentate în Fig.2. Șpițurile curentului i_{T1} , pozitive și negative se datorează descărcării condensatorului atât la intrarea în conducție cât și la blocarea tiristorului T1.

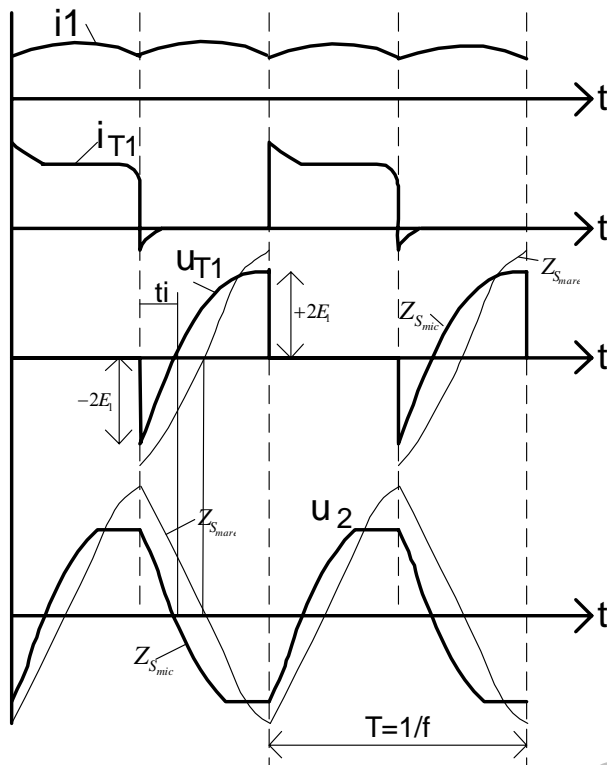


Fig.2

Se constată că, cu creșterea impedanței de sarcină crește tensiunea inversă pe tiristor și timpul de polarizare inversă a acestuia t_i . La sarcini mici (curent mare), datorită micșorării timpului de polarizare inversă a tiristorului, există pericolul neblocării acestuia și să se ajungă la situația periculoasă când cele 2 tiristoare conduc (dacă se comandă intrarea în conducție al celui de-al doilea tiristor), iar curentul debitat de sursă crește foarte mult, fiind limitat doar de rezistențele mici ale înfășurărilor transformatorului și a bobinei L.

În această situație fluxurile magnetice prin miez se anulează.

3. Invertor de tip paralel cu diode de descărcare a sarcinii reactive

În Fig.3 este reprezentat un invertor cu performanțe îmbunătățite, care elimină neajunsurile invertorului anterior.

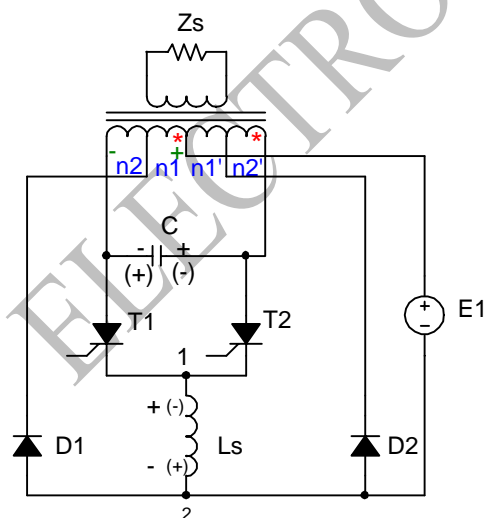


Fig.3

Să urmărim funcționarea acestuia în cazul unei sarcini pur inductive, la care se observă clar intervenția diodelor pentru descărcarea sarcinii reactive.

Presupunem că la un moment dat conduce tiristorul T_1 , iar curentul de sarcină are o valoare constantă. Condensatorul C se găsește încărcat cu tensiunea $2E_1$ cu polaritatea fără paranteze, diodele D_1 și D_2 sunt polarizate invers de tensiunile $\frac{n_2 \cdot E_1}{n_1 + n_2}$ și respectiv $\frac{(2n_1 + n_2) \cdot E_1}{n_1 + n_2}$, deci nu conduc.

Când se comandă să conducă tiristorul T_2 tensiunea U_c va polariza invers tiristorul T_1 , pe care îl va bloca.

Inductanța sarcinii menține circulația curentului de la dreapta la stânga prin primarul transformatorului, curentul de sarcină fiind comutat

de pe tiristorul T_1 pe condensatorul C și se va închide acum prin tiristorul T_2 și inductanța L . Pe acest circuit condensatorul C se descarcă și se reîncarcă cu tensiune având polaritatea din paranteze.

Tensiunea de pe înfășurarea n_1' este $U_{n1'} = \frac{n1}{2(n1+n2)} * U_c$ (deoarece $n1 = n1'$ și $n2 = n2'$). În momentul în care $U_{n1'}$ este cel puțin mai mare decât sursa E_1 , $U_c = \frac{-2(n_1 + n_2) \cdot E_1}{n_1}$

, dioda D_2 devine polarizată direct și intră în conducție. Condensatorul se încarcă până când $U_c = \text{const.}$, deci $i_c = 0$, iar curentul nu se mai poate închide prin condensator.

Deoarece curentul ce circulă prin înfășurarea $n1'$ străbate înfășurarea de la dreapta la stânga, sursa E_1 se încarcă prin dioda D_2 . Inductanța L ne mai fiind străbătută de curentul de sarcină, generează o tensiune cu polaritatea din figură, care menține circulația curentului prin L , D_2 , înfășurarea n_2' și T_2 , dar acest curent se anulează repede întrucât tensiunea indusă în n_2' de curentul principal este în opoziție cu tensiunea indusă de L . La anulare acestui curent

tiristorul T_2 se blochează și devine polarizat invers de tensiunea $\frac{-n_2' \cdot E_1}{n_1 + n_2}$.

După anularea energiei înmagazinate în L_s (descărcarea sarcinii reactive) curentul prin circuitul $n_1' - E_1 - D_2$ se anulează. După se comandă iar T_2 , sursa E_1 se va închide prin înfășurările $n_1' - n_2' - T_2 - L - E_1$, fluxul prin miez va schimba de sens, iar tensiunea indusă în secundarul transformatorului își va schimba polaritatea. În continuare fenomenul se repetă.

Așadar la acest invertor este necesară o dublă comandă a tiristoarelor. În locul acesteia se poate folosi un singur impuls de comandă cu lățimea suficient de mare (mai mare decât durata din timpul anulării curentului prin T_2 și până la anularea curentului prin se descarcă energia reactivă).

Faptul că există un interval de timp pe care sursa E_1 este încărcată pe seama energiei înmagazinate în inductanța sarcinii conferă invertorului un randament ridicat.

Valorile optime ale inductanței L și condensatorului C sunt:

$$L = \frac{I_s}{1,7 \cdot E_1} \cdot t_q; \quad C = \frac{E_1}{0,425 \cdot I_s} t_q,$$

În care:

I_s - reprezintă valoarea maximă a curentului de sarcină, care trebuie comutat, raportat la primar;

E_1 - tensiunea sursei de curent continuu;

t_q - timpul de revenire al tiristoarelor.

Datorită inductanțelor de scăpări ale înfășurării primare, comutarea curentului de pe diode pe tiristoare se face progresiv, în procesul de comutație condensatorul C se încarcă la o tensiune mai mare decât în cazul ideal și apoi se descarcă cu dublul surplus de tensiune. Pentru evitarea descărcării condensatorului C avem invertorul din Fig.4 prevăzut cu diodele D_3 și D_4 .

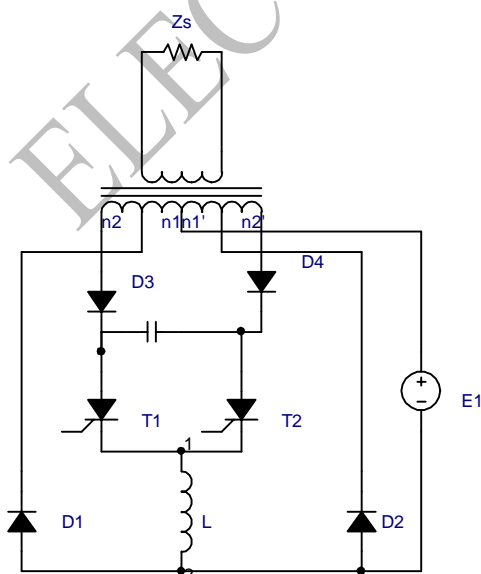


Fig.4

Astfel surplusul de tensiune care s-a încărcat condensatorul și poate fi folosit permițând micșorarea valorii capacității.

4. Schema electronică de comandă a tiristoarelor

În fig.5 este reprezentată schema electronică cu care se obțin impulsurile pentru comanda tiristoarelor inverterului. Schema cuprinde formatorul de impulsuri E.I., care se atacă cu o tensiune sinusoidală de la un generator R-C și furnizează la ieșire impulsuri dreptunghiulare. Aceste impulsuri comandă circuitul basculant bistabil CBB, la ieșirile cărui sunt conectate două repetoare pe emitor R_G . În continuare se utilizează un circuit de diferențiere CD, care comandă alt circuit basculant monostabil CBM, la a cărui ieșire s-a conectat repetorul pe emitor RE_1 . Se obține astfel un impuls de o anumită lățime cu care se comandă poarta P1 a tiristorului T_1 .

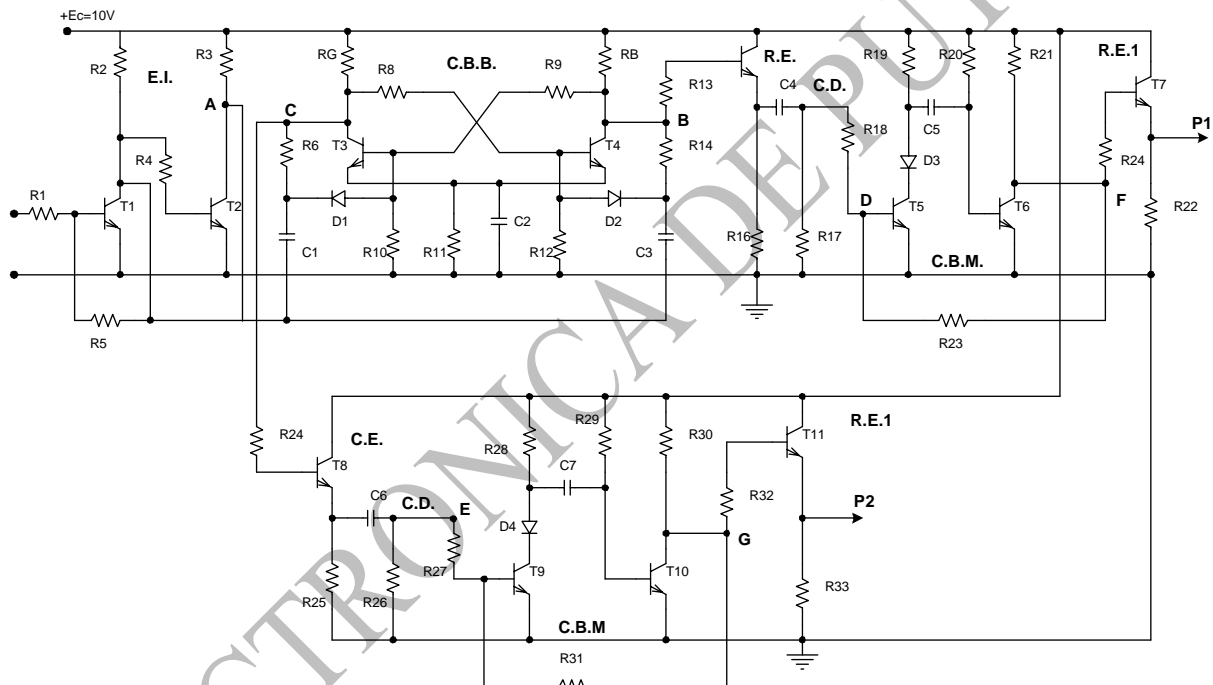
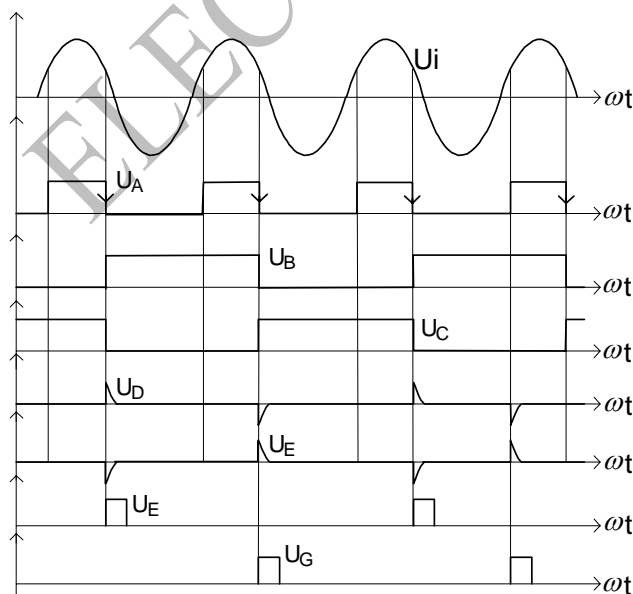


Fig. 5



Un circuit similar se găsește conectat și la a doua ieșire CBB, obținându-se impulsurile de comandă pentru poarta P2 a tiristorului T_2 .

Pentru a facilita înțelegerea funcționării schemei din fig.5, în fig.6 s-au reprezentat formele de undă ale semnalelor în diversele puncte ale schemei.

Fig.6

5. Încercări experimentale.

În fig.7 este reprezentată scheme de obținere a tensiunii E pentru alimentarea inverterului, iar în fig.8 este dat modul de reprezentare la panoul lucrării a circuitului de comandă a tiristoarelor precum și modul de conectare la acesta a generatorului R-C și a sursei de alimentare $E_c = 10V$.

Încercările experimentale ce se vor efectua în laborator vor respecta următoarea succesiune a operațiilor:

1. Se conectează sursa E_c și generatorul R-C la schemă și apoi se oscilografiază separat semnalele de la ieșirile P1 și P2.
2. Se realizează montajul inverterului din fig.1 și se studiază funcționarea acestuia în gama de frecvențe 20 Hz – 200 Hz. Amorsarea inverterului se va face pe frecvența de 80 Hz. Se oscilografiază tensiunile pe tiristoare și din secundarul transformatorului.
3. Se realizează montajul inverterului din fig.3 și se studiază funcționarea acestuia între aceleași limite de frecvență, oscilografându-se aceleași mărimi.
4. Se realizează montajul inverterului din fig.4 și în mod similar se studiază funcționarea.

Pentru toate montajele realizate se analizează schimbarea formelor de undă la modificarea rezistenței de sarcină.

Pentru un montaj dat se ridică caracteristica $I_1(f)$, I_1 fiind curentul debitat de sursă iar f frecvența de lucru a inverterului.

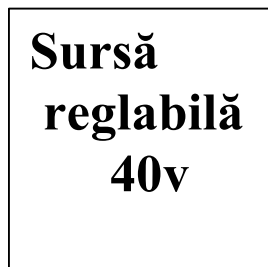


Fig.7

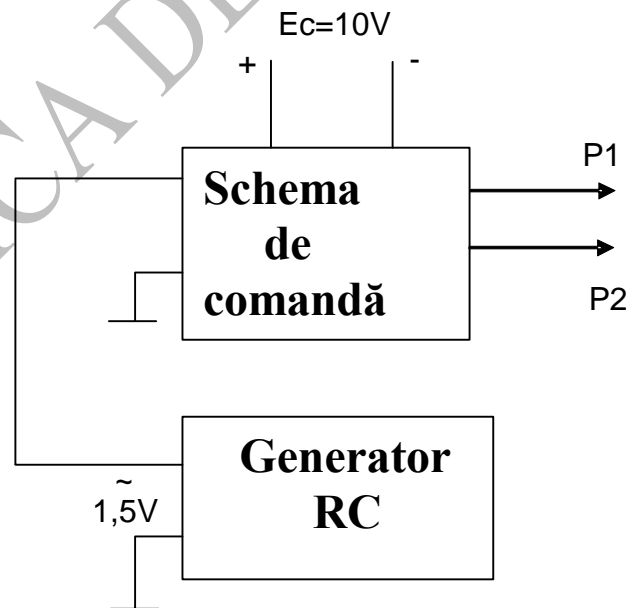


Fig.8