

## Studiul chopperelor de putere individuale

Chopperele de putere au rolul de a modifica valoarea medie a tensiunii aplicate unei sarcini, alimentarea circuitului fiind constituită de o sursă de curent continuu de tensiune.

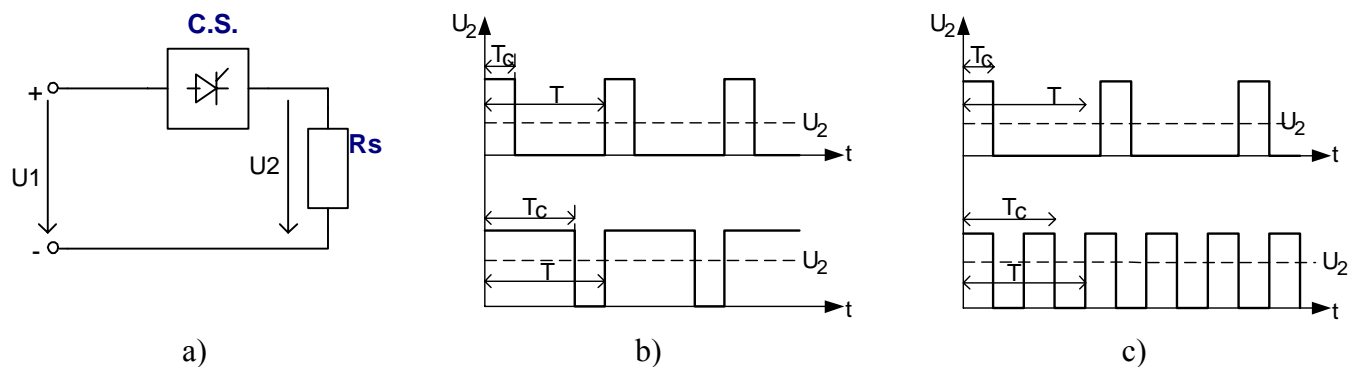


Fig. 1

În fig 1a) este reprezentată schema de principiu a unui chopper de putere, a cărui element esențial îl constituie contactorul static C.S. echipat cu un tiristor. Rolul său este de a întrerupe periodic tensiunea aplicată sarcinii. În fig. 1b) este arătat modul său de întrerupere în care perioada  $T$  rămâne constantă și modifică durata de menținere  $T_c$  a tensiunii de sarcină. În fig. 1c) se menține constantă durata conectării tensiunii la sarcină și se modifică perioada de comutare.

Prin  $U_2$  s-a notat tensiunea medie pe sarcină. Referindu-ne la fig. 1b) și 1c), valoarea medie a tensiunii va fi:

$$U_2 = \frac{1}{T} \int_0^{T_c} u_2(t) dt = \frac{T_c}{T} U_1 = K U_1$$

Mărimea  $K=T_c/T$  se numește factorul de comandă al chopperului.

### Chopper de putere individual cu stingere automată

În fig. 2 este reprezentat chopperul cu stingere automată, iar în fig. 3 sunt redată formele de undă ale celor mai importante mărimi care intervin în funcționare.

La punerea sub tensiune a montajului, condensatorul  $C$  se va încărca prin rezistorul  $R_s$  și  $L$  la tensiunea  $U_1$ , cu polaritatea indicată în figură. În momentul  $t_1$ (fig.3) se comandă să conducă tiristorul. Tensiunea  $U_1$  va fi aplicată sarcinii, iar condensatoru  $C$  se va descărca rezonant prin  $L$  și tiristor, apoi curentul său se va anula schimbându-și sensul și continuând să circule pe seama energiei înmagazinate în  $L$ . În această situație curentul prin tiristor, datorită circuitului  $LC$ , se va opune curentului furnizat de sursa  $U_1$ . În momentul  $t_2$  curentul total prin tiristor devine nul și acesta se blochează. În continuare, datorită valorii mari a rezistenței  $R_s$ , condensatorul se va încărca amortizat la tensiunea  $U_1$  și la momentul  $t=t_3$ ,  $I_c=0$ . Dacă la  $t_4$  tiristorul este comandat din nou să conducă, procesele care au loc în chopper se vor repeta.

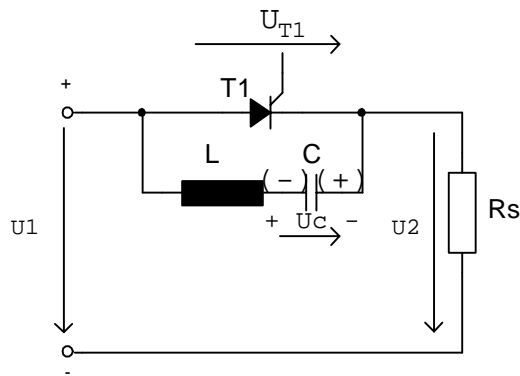


Fig.2

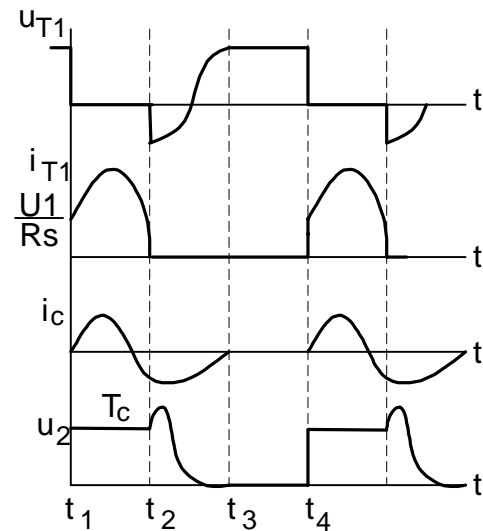


Fig.3

Din momentul intrării în conducție a tiristorului curentul prin condensator va fi dată de relația:

$$i_c = U_1 \sqrt{\frac{C}{L}} \sin \omega_0 t, \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Pentru determinarea duratei de conducție a tiristorului se pune condiția de anulare a curentului total prin tiristor. Astfel:

$$\frac{U_1}{R_s} + U_1 \sqrt{\frac{C}{L}} \sin \omega_0 T_c = 0$$

$$T_c = \sqrt{LC} \arcsin\left(-\frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{R_s}\right)$$

După cum se observă în fig. 3 curentul prin sarcină se menține și după blocarea tiristorului, datorită încărcării condensatorului.

Acest tip de chopper are performanțe reduse și se utilizează numai pentru puteri mici.

Singura posibilitate de reglare a valorii medii a tensiunii la bornele sarcinii o constituie variația perioadei impulsurilor de comandă a tiristorului.

### Chopper de putere individual cu stingere forțată

Spre deosebire de montajul anterior la care stingerea tiristorului se face automat, prin însăși funcționarea sa, în cazul chopperului cu stingere forțată se mai utilizează un tiristor auxiliar, care are rolul de a asigura stingerea tiristorului principal, ce întrerupe tensiunea la bornele sarcinii.

În figura 4 este arătată schema chopperului, iar în fig 5, formele de undă ale mărimilor care intervin în funcționarea montajului.

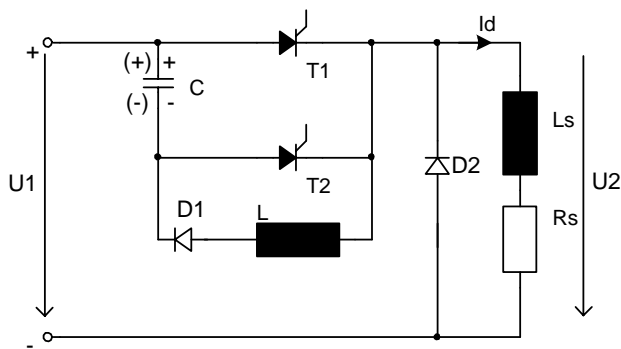


Fig.4

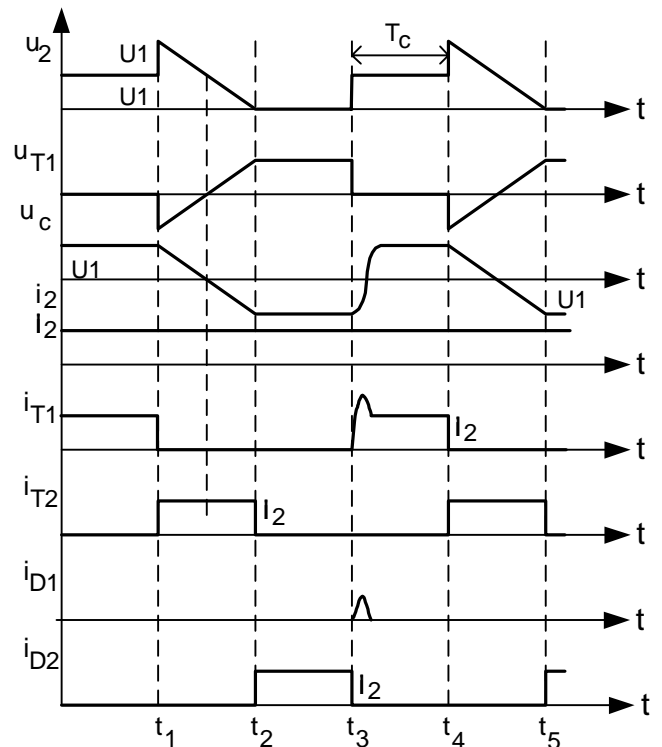


Fig. 5

Pentru explicarea funcționării se presupune că  $L_s$  este de valoare suficient de mare astfel încât  $\tau = L_s/R_s \gg T$  și curentul prin sarcină  $i_2$ , va fi constant.

Dacă se comandă să conducă tiristorul  $T_2$ , condensatorul  $C$  se va încărca la tensiunea  $U_1$  prin  $T_2$ ,  $L_s$ ,  $R_s$ , cu polaritatea indicată în figură. La comanda tiristorului  $T_1$ , tensiunea  $U_1$  se va aplica sarcinii și condensatorul  $C$  se va descărca rezonant prin  $T_1$ ,  $L$  și  $D_1$ , apoi pe seama energiei înmagazinată în  $L$  se va menține circulația curentului prin  $C$  acesta încărcându-se cu polaritatea indicată în paranteze. După anularea curentului prin  $C$ , un nou schimb de energie nu este posibil datorită diodei  $D_1$ . În continuare procesele care au loc se pot urmări în fig. 5.

La  $t=t_1$  se comandă să conducă tiristorul de stingere  $T_2$  și tensiunea sa va polariza invers tiristorul  $T_1$  pe care îl va bloca. În primul moment, datorită polarității tensiunii la bornele condensatorului, pe sarcină va apărea tensiunea  $2U_1$ . Apoi, după blocarea tiristorului  $T_1$ , condensatorul se va descărca și reîncărca cu polaritatea figurată fără paranteze prin  $L_s$  și  $R_s$ , deci la un curent constant. Tensiunea la bornele sale va varia după relația:

$$u_c = U_1 - \frac{1}{C} \int_0^t I_2 dt = U_1 - \frac{I_2 t}{C}$$

În momentul  $t_3$  condensatorul s-a încărcat și curentul prin  $T_2$  devenind nul acesta se va bloca. Curentul prin sarcină se va menține totuși datorită inductanței  $L_s$  care va deschide  $D_2$ . Timpul de polarizare inversă a tiristorului  $T_1$  va fi dictat de durata până la anularea tensiunii la bornele lui  $C$ , 2deci:

$$t_i = t_2 - t_1 = \frac{CU_1}{I_2}$$

Se constată că o dată cu creșterea curentului prin sarcină scade  $t_i$ , deci apare pericolul ca tiristorul  $T_1$  să nu poată fi blocat și să conducă în permanență.

La  $t=t_4$  se comandă tiristorul  $T_1$  și procesele se vor repeta.

Dacă durata  $T_c$  este mai mare în raport cu perioada  $T$ , tensiunea medie la bornele sarcinii va fi:

$$U_2 = \frac{1}{T} \int_0^{T_c} u_2 dt = \frac{T_c}{T} U_1 = K U_1$$

La acest tip de chopper variația tensiunii medii la bornele sarcinii se modifică menținându-se constantă perioada impulsurilor aplicate tiristoarelor și schimbând durata dintre impulsurile de comandă aplicate tiristorului  $T_2$ .

### Schema electronică pentru obținerea impulsurilor de comandă a tiristoarelor $T_1$ și $T_2$

S-a conceput o schemă electronică care să permită atât comanda chopperului din figura 2 și figura 4.

Schema este redată în fig 6. Ea cuprinde formatorul de impulsuri F.I. la intrarea căruia se aplică semnalul de la un generator R.C., furnizând la ieșire semnale dreptunghiulare.

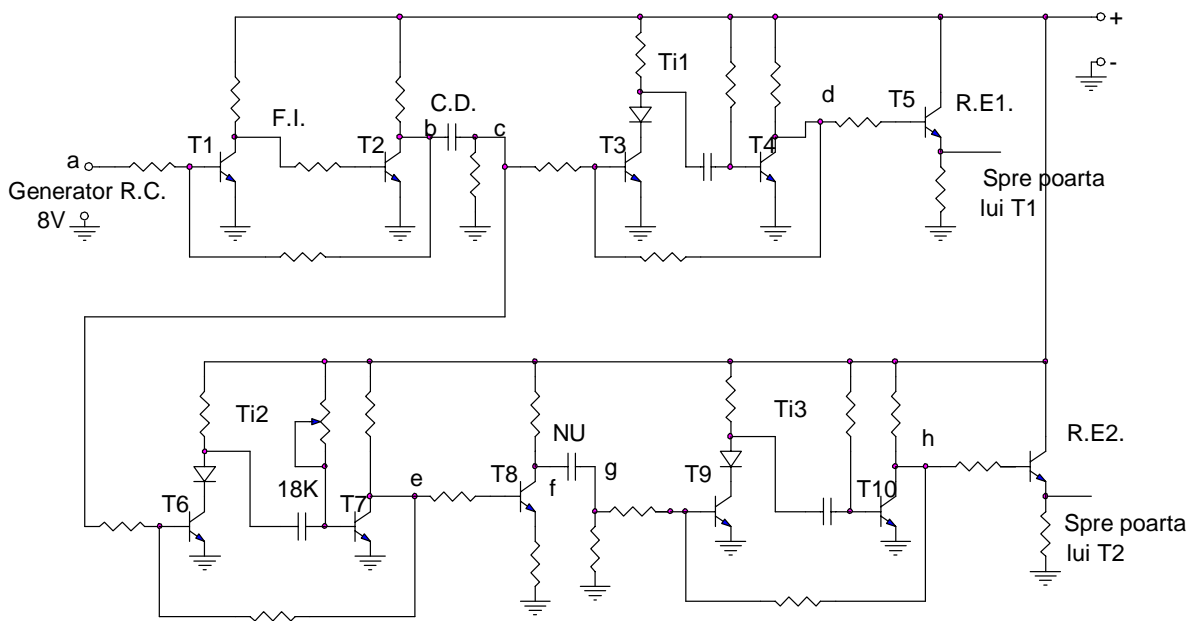


Fig. 6

Aceste semnale sunt diferențiate de circuitul C.D. li se aplică elementului de temporizare  $T_{j1}$  care furnizează la ieșirea sa, deci la ieșirea repetorului pe emitor  $RE_1$ , impulsuri dreptunghiulare de comandă a tiristorului  $T_1$ .

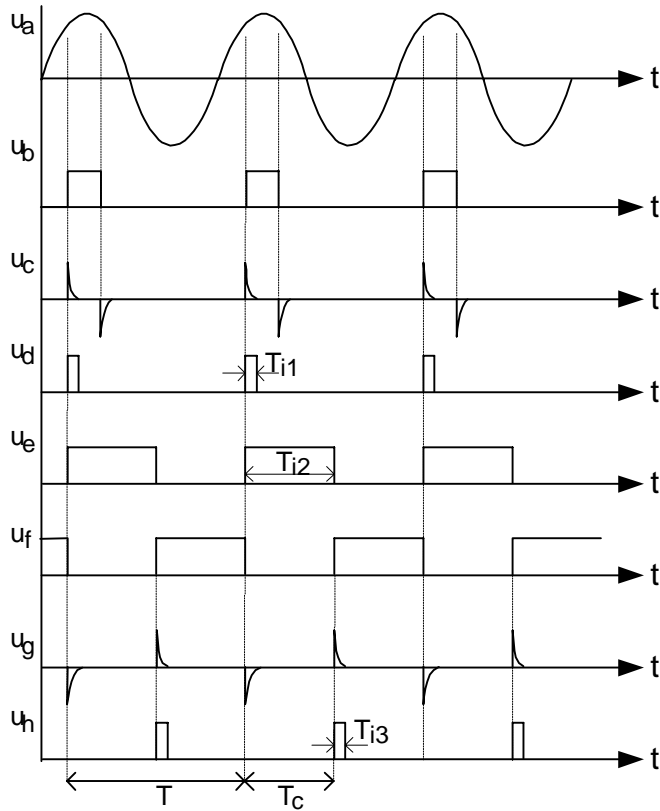


Fig. 7

Pe de altă parte, impulsurile diferențiate se aplică elementului  $T_{i2}$  la ieșirea căruia se obțin impulsurile dreptunghiulare de durată care se poate modifica prin potențiometrul de 18K. În continuare impulsurile sunt negate de circuitul NU, sunt diferențiate și atacă apoi etajul de temporizare  $T_{i3}$  la ieșirea căruia se obțin, ca și la etajul  $RE_2$ , impulsuri dreptunghiulare pentru comanda tiristorului  $T_2$ . Pentru o mai comodă înțelegere a funcționării montajului, în fig7 s-au reprezentat formele de undă ale tensiunilor reprezentative din fig 6. se observă că durata de menținere a tensiunii la bornele sarcinii,  $T_c$ , se reglează din potențiometrul de 18K

### Încercări experimentale

1. Se studiază funcționarea celor două choppere prezentate în referat
2. Se alimentează schema circuitului de comandă a tiristorului cu 10V, aplicându-se la intrarea acestuia o tensiune sinusoidală de 8V, 50Hz. Apoi se oscilografiază semnalele obținute la ieșirile P1, P2, în ultimul caz acționându-se potențiometrul de reglaj.
3. Se realizează schema chopperului din fig 2 și se ridică caracteristica curentului de sarcină funcție de frecvența generatorului RC ( $f=20...70\text{Hz}$ ).
4. La diverse frecvențe se oscilografiază tensiunea pe tiristorul  $T_1$  și tensiunea la bornele sarcinii.
5. Se realizează schema chopperului din fig 4 și se ridică caracteristica curentului de sarcină funcție de valoarea rezistenței potențiometrului de 18K. Frecvența generatorului RC se alege în acest caz cea mai mică posibilă.
6. Se oscilografiază la acest tip de chopper tensiunile  $T_1$ ,  $T_2$  și la bornele sarcinii.