

## Invertor trifazat cu tiristoare cu cicuit de stingere comun pentru toate tiristoarele principale

În Figura 1 este prezentată schema de forță a invertorului trifazat, iar în Figura 2 sunt prezentate formele undă ale tensiunilor de fază  $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$  și impulsurile de comandă pentru tiristoarele  $T_1 \div T_8$ .

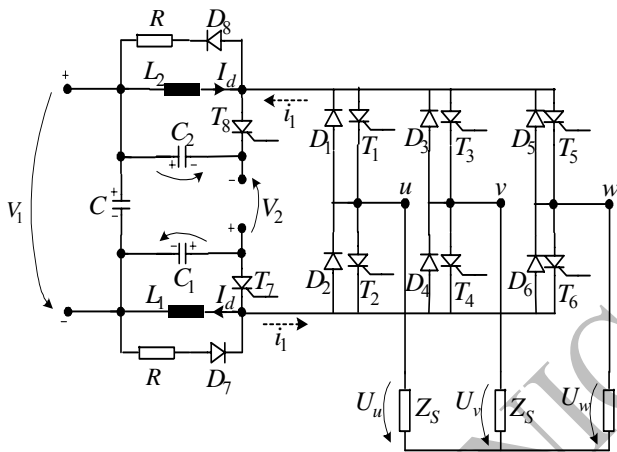


Fig. 1 – schema de forță a invertorului

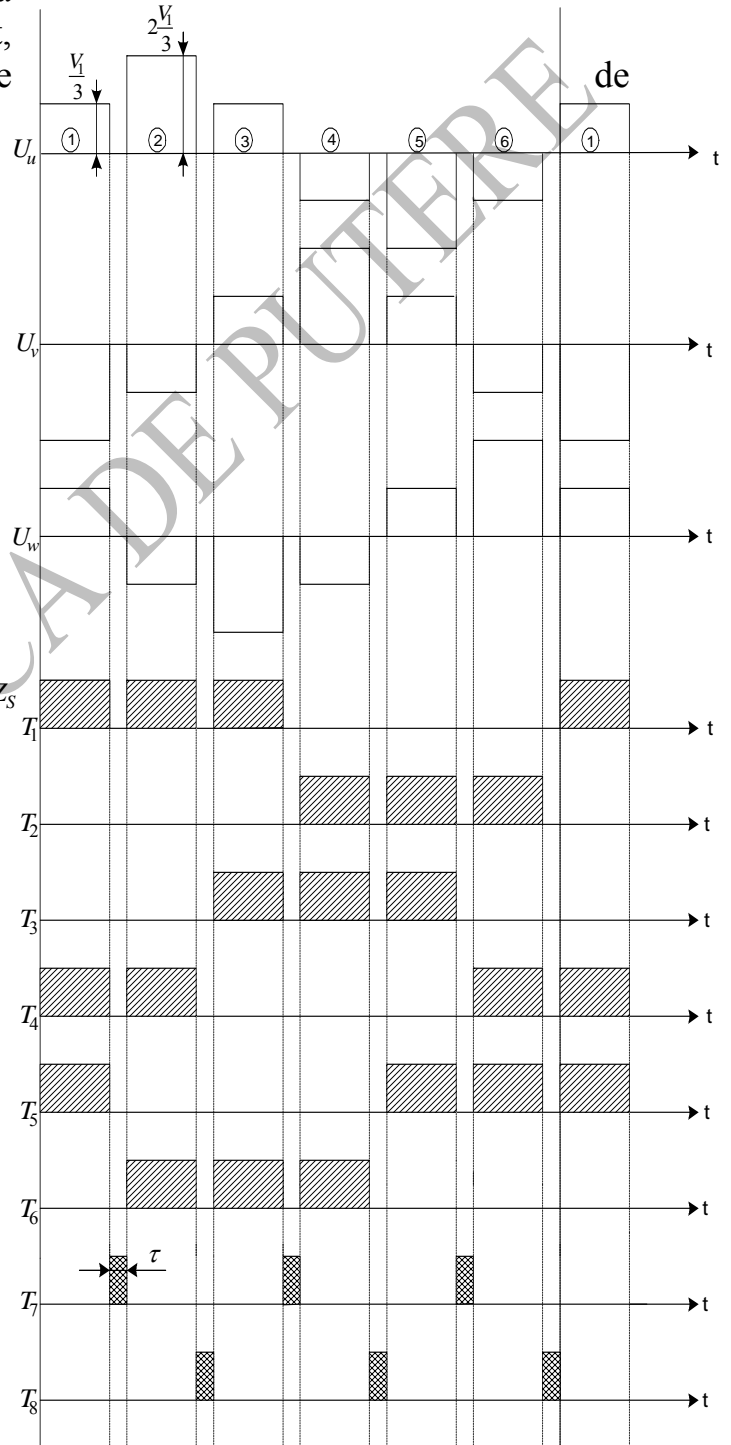


Fig. 2 – Forme de undă și impulsurile de comandă ale tiristoarelor

Circuitul de forță conține tiristoarele principale  $T_1 \div T_6$ , împreună cu diodele de descărcare a energiei reactive  $D_1 \div D_6$  (aceleași diode intervin și în procesul de stingere a tiristoarelor principale). Circuitul mai conține condensatoarele de comutație  $C_1$ ,  $C_2$ , sursa de stingere  $V_2$ , tiristoarele auxiliare  $T_7$  și  $T_8$ , inductanțele  $L_1$  și  $L_2$ , și grupurile  $RD_7$  și  $RD_8$ .

### Analiza procesului de stingere a tiristoarelor principale

Presupunem că sarcina este pur rezistivă, întrucât calculele în acest caz sunt acoperitoare și pentru sarcină inductivă. Mai presupunem că  $L_1$  și  $L_2$  sunt suficient de mari astfel încât să păstreze prin ele curentul constant pe toată durata stingerii tiristoarelor. Dacă condensatorul  $C$  are o valoare suficient de mare, atunci tensiunea  $V_1 = \text{const.}$  (condensatorul  $C$  poate fi și de valoare mai mică dacă tensiunea  $V_1$  provine de la o baterie de acumulatori).

Uitându-ne pe schema electrică, putem scrie:

$$v_{C1} + v_{C2} = V_1 + V_2 = \text{const.} \Leftrightarrow V_2 = \text{const.} \quad (1)$$

Să presupunem că suntem în primul interval de conducție, adică conduc tiristoarele  $T_1$ ,  $T_4$  și  $T_6$ , și că sursa  $V_1$  debitează către sarcină curentul constant  $I_d$ .

Notez:  $v_{C2} = V_0$ , înlocuind în formula de mai sus:

$$v_{C1} = V_1 + V_2 - V_0 \quad (2)$$

La sfârșitul intervalului de conducție 1, se comandă tiristorul  $T_7$ . Tensiunea de pe  $C_1$  ( $v_{C1}$ ) este mai mare decât  $V_1$  (vezi relația de mai sus) și se determină apariția unui curent  $i_l$ , fiind reprezentat cu linie întreruptă în Fig.1. În primul moment acest curent trebuie să depășească  $2I_d$  pentru a anula curentii prin tiristoarele principale. Astfel că în primul moment ( $i_l$ ) se va închide prin  $D_1$  și invers prin  $T_2$ . Din momentul în care  $i_l > I_d$ ,  $T_1$  se blochează și intră în conducție  $D_2$ . Același fenomen se va întâmpla și pe ramurile  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  și  $T_5$ ,  $T_6$ ,  $D_5$ ,  $D_6$ .

După anularea curentilor prin tiristoare și stingerea lor, curentul  $i_l$  va circula prin cele 6 diode, toate tiristoarele fiind polarizate invers de tensiunea  $V_D$  (căderea de tensiune pe diodă în starea de conducție). Deci, cu toate diodele în conducție, presupuse ideale, și considerând  $T_7$  și  $D_8$  în conducție ca fiind scurt-circuitate, circuitul din Fig. 1 devine cel din Fig. 3.

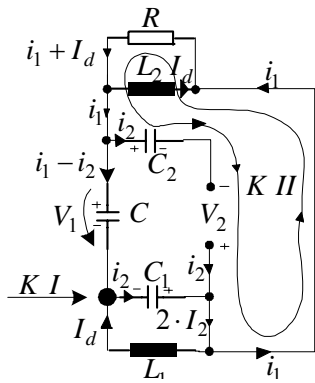


Fig. 3 - schema echivalentă a circuitului de forță

Scriind Kirchhoff I pe nodul 1 și Kirchhoff II pe ochiul 2, rezultă:

$$\begin{cases} K I: i_1 - i_2 = i_2 - I_d \Rightarrow i_2 = \frac{1}{2}(i_1 + I_d) \\ K II: V_2 = R(i_1 + I_d) + v_{C2} \end{cases}$$

rel. (3) și (4).

$$\Rightarrow i_1(t) = -I_d + \frac{V_2 - V_0}{R} \cdot e^{-\frac{t}{2RC_2}} \quad (5)$$

Cum inițial am presupus  $\begin{cases} i_1(0) > 2I_d \\ t_0 = 0 \end{cases} \Rightarrow$

$$\frac{V_2 - V_0}{R} - I_d > 2I_d \quad (6)$$

$$\Rightarrow R < \frac{V_2 - V_0}{3I_d}, \quad (7)$$

Tristoarele principale rămân blocate până când  $i_1 = 0$ , adică:

$$0 = -I_d + \frac{V_2 - V_0}{R} \cdot e^{-\frac{t_i}{2RC_2}}, \quad (8)$$

$$\Rightarrow t_i = 2RC_2 \ln \frac{V_2 - V_0}{R \cdot I_d}, \quad (9)$$

$$\text{Astfel, la proiectare se impune } t_i \geq 1,5 \cdot t_q, \quad (10)$$

După anularea curentului  $i_1$ , circuitul din Fig. 3 devine cel din Fig. 4.

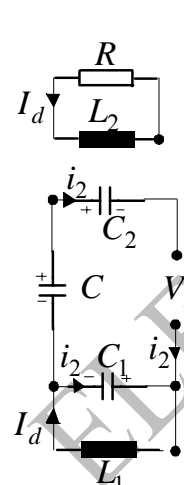


Fig. 4.

În continuare vom determina tensiunea  $v_{C1}$  după ce

$$i_1(t) = 0$$

$$\text{Știind că: } i_2 = \frac{1}{2}(i_1 + I_d) = \frac{V_2 - V_0}{2R} \cdot e^{-\frac{t}{2RC_2}}, \quad (11)$$

$$v_{C2}(t) = V_0 + \frac{1}{2} \cdot \int_0^t i_2(t) dt \Rightarrow v_{C2}(t) = V_2 - (V_2 - V_0) \cdot e^{-\frac{t}{2RC_2}} \quad (12)$$

$$\Rightarrow v_{C1}(t) = V_1 + V_2 - v_{C2}(t) = V_1 + (V_2 - V_0) \cdot e^{-\frac{t}{2RC_2}} \quad (13)$$

Dacă  $i_1 = 0$ ,

$$\Rightarrow e^{-\frac{t}{2RC_2}} = \frac{R \cdot I_d}{V_2 - V_0} \Rightarrow v_{C1}(t_i) = V_1 + (V_2 - V_0) \cdot \frac{R \cdot I_d}{V_2 - V_0} \quad (14)$$

Deoarece mai devreme am presupus  $L_1$  și  $L_2$  suficient de mari încât să-mi genereze un curent constant ( $I_d$ ), condensatorul  $C_1$  se va descărca sub influența acestui curent  $I_d$ .

$$\text{Deci: } v_{C1} = V_1 + R \cdot I_d - \frac{1}{C} \int_0^t I_d dt = V_1 + R \cdot I_d - \frac{I_d}{C} t, \quad (15)$$

(timpul  $t$  ce apare în formula de mai sus se măsoară din momentul în care  $i_1 = 0$ ).

Întârziind comanda tiristoarelor principale cu încă un timp  $t = R \cdot C_1$ , rezultă în final  $v_{C1} = V_0 = V_1$ . Deci pentru o funcționare corectă impulsurile comandă pentru tiristoarele auxiliare se obține o durată:

$$\tau = t_i + R \cdot C_1, \quad (16)$$

Dacă  $v_{C1} = V_0 = V_1 \Rightarrow V_2 > V_1$ , din relația:  $V_1 + V_2 = v_{C1} + v_{C2}$ ,

$$\text{de obicei se alege: } V_2 = (1,5 \div 2)V_1, \quad (17)$$

Avantajele acestui tip de invertor:

- Necesită un număr minim de componente pentru stingerea tiristoarelor principale;
- După fiecare interval de conducție, toate tiristoarele principale se sting, excluzându-se astfel posibilitatea rămânerii în conducție a unui tiristor pe o ramură, astfel încât la comanda următoare să fie deschise ambele tiristoare de pe o ramură formându-se scurt-circuit.

Dezavantaje:

- Deoarece tiristoarele se sting după fiecare interval de conducție, apar pierderi de comutație. De exp. pierderile de comutație la acest invertor sunt de 3 ori mai mari decât la invertorul trifazat cu circuit de stingere pentru fiecare tiristor principal.

Cerințe:

- Să se vizualizeze (cu ajutorul osciloscopului) și apoi să se deseneze formele de undă ale tensiunilor de fază  $U_u$ ,  $U_v$  și  $U_w$ , impulsurile de comandă de pe tiristoarele  $T_1 \div T_8$ .
- Să se calculeze frecvența maximă de lucru, pentru invertorul din lucrarea practică. (se va utiliza formula de mai sus, pentru care  $f_{\max} = \frac{1}{6 \cdot \tau}$ ,  $t_q$  se alege din catalog).