

Cap.4. REDRESOARE MONOFAZATE

Redresoarele transforma energia electrica de curent alternativ in energie electrica de curent continuu. Funcție de natura elementelor componente, redresoarele sunt:

- necomandate - realizate numai cu diode;
- semicomandate - realizate cu diode si tiristoare;
- comandate - realizate numai cu tiristoare.

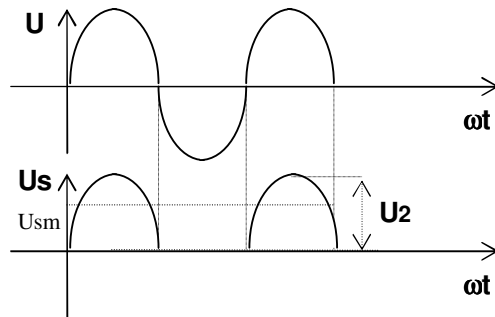
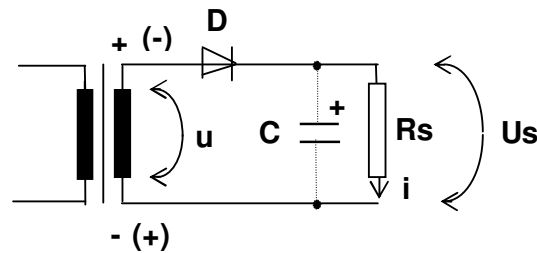
Redresoarele necomandate asigura la ieșire o tensiune continua de valoare medie constanta. Redresoarele semicomandate si comandate asigura la ieșire o tensiune continua reglabila.

4.1. Redresoare monofazate necomandate

4.1.1. Redresoare monofazate monoalternanta

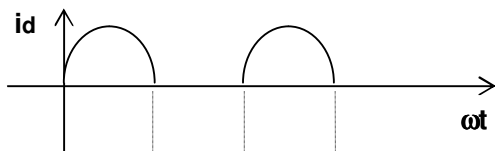
Se numesc monoalternanta pentru ca redresează doar o alternanta a tensiunii monofazate.

Schema electrica:

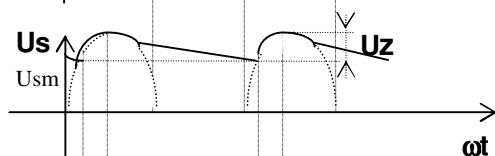


a) Forma de unda a tensiunii din secundarul transformatorului.

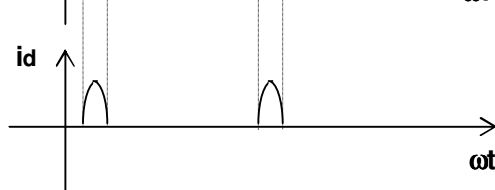
b) Forma de unda a u_s după redresare.



c) Forma de unda a i_d când C nu este conectat.



d) Forma de unda a u_s când C este conectat.



e) Forma de unda a i_d când C este conectat

Funcționare:

a)- cu C neconectat.

Când u are polaritatea fara paranteze (din schema electrica) D este polarizata direct si $u_s = u - u_D$ unde u_D este căderea de tensiune pe dioda D.

Când u are polaritatea din paranteze D este blocata si $u_s = 0$ (in realitate D este parcursa de $i_{invers} \sim nA$ si care se neglijează).

b)- cu C conectat.

D se afla in conducție numai in intervalele $t_1 - t_2$ respectiv $t_3 - t_4$ din alternantele fara paranteze. D intra in conducție când $u = u_C + U_D$ asigurând încărcarea condensatorului C.

In momentul t_2 , D se blochează deoarece $u_C = u_s \geq u$. Condensatorul C devine sursa de tensiune pentru R_s in intervalul $t_2 \div t_3$. C se descarță pana ce $u = u_C + U_D$, când D intra din nou in conducție. In concluzie capacitatea C se încărcă pe durata de conducție a diodei D si se descarță pe rezistenta de sarcina R_s in perioadele când dioda D este blocata. Daca constanta de timp de descărcare a condensatorului $R_s C$ indeplineste condiția $R_s C \gg 1 / f$ unde f este frecventa tensiunii alternative atunci C se descarță foarte puțin in timpul unei perioade si tensiunea la bornele lui poate fi considerata aproximativ constanta. Când redresorul functioneaza in gol $R_s \rightarrow \infty$, atunci C se încărcă la valoarea tensiunii de vârf si aceasta se păstrează constanta. In sarcina condensatorul se descarță si apar variații de tensiune de-a lungul unei perioade. Valoarea medie pe sarcina este $U_{med} < \sqrt{2} U_{ef.sec.}$. Cu cat R_s este mai mic cu atât pulsațiile u_s sunt mai mari relația $R_s C \gg 1 / f$ nu se satisface. O particularitate importanta este aceea ca dioda este parcursa de vârfuri mari de curent. Analiza funcționarii redresorului este acum relativ dificila datorita caracterului neliniar introdus de dioda.

Mărimi specifice cu C neconectat:

1. Valoarea medie a tensiunii redresate U_{med} .

$$U_{med} = 1 / T \int_0^T u(t) dt \quad ; \quad u(t) = \sqrt{2} U_{ef.sec.} \sin \omega t$$

$$U_{med} = 1 / T \int_0^T \sqrt{2} U_{ef.sec.} \sin \omega t dt = 1 / \omega T \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_{ef.sec.} \sin \omega t d\omega t =$$

$$= 1 / 2 \pi \sqrt{2} U_{ef.sec.} \int_0^{\pi} \sin \omega t d\omega t = \sqrt{2} / 2 \pi U_{ef.sec.} [-\cos \omega t]_0^{\pi} = \sqrt{2} / \pi U_{ef.sec.}$$

2. Factorul de ondulație γ

D este un element neliniar de aceea u_s se obține prin dezvoltarea in serie Fourier.

$$u_s = -\sqrt{2} U_{ef.sec.} / \pi + \sqrt{2} / 2 U_{ef.sec.} \sin \omega t + 2\sqrt{2} / 3\pi U_{ef.sec.} \sin (2 \omega t - \pi/2) + \dots$$

unde: $\sqrt{2} U_{ef.sec.} / \pi$ este componenta continua.

$\sqrt{2} / 2 U_{ef.sec.} \sin \omega t$ este componenta fundamentala.

$\gamma =$ amplitudinea fundamentalei / componenta continua

$$\gamma = (\sqrt{2} / 2 U_{ef.sec.}) \times (\pi / \sqrt{2} U_{ef.sec.}) = \pi / 2 = 1,57$$

3. Randamentul η

$\eta = P_u / P_a$ unde P_u este puterea utila iar P_a este puterea absorbita

P_u este determinata de componenta continua: $P_u = U_{med} \cdot I_{med} = U^2_{med} / R_s$.

$$P_u = 2 U^2_{ef.sec.} / \pi^2 R_s$$

$P_a = 1/2 U_{ef.sec.} \cdot I_{ef.sec.}$ (coeficientul 1/2 apare deoarece redresorul functioneaza numai jumătate din perioada tensiunii rețelei)

$$P_a = U^2_{ef.sec.} / 2 R_s$$

$$\eta = 0,4$$

4. Tensiunea inversa maxima pe dioda D - $U_{inv.max.}$

$$U_{inv.max.} = \sqrt{2} U_{ef.}$$

5. Tensiunea de zgomot

$$U_z = U_{SM} - U_{Sm}$$

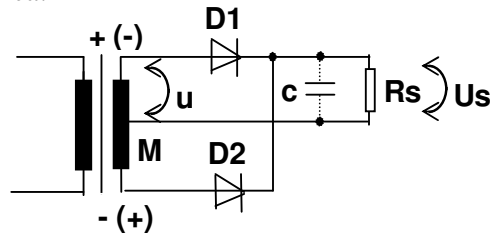
4.1.2. Redresoare monofazate dubla alternanta

4.1.2.1. Redresor monofazat dubla alternanta cu priza mediana

In alternanta pozitiva, când tensiunea are polaritatea fara paranteze conduce D_1 (polarizata direct), iar D_2 este blocata si $U_s > 0$. In alternanta negativa conduce D_2 , D_1 fiind blocata si $U_s > 0$.

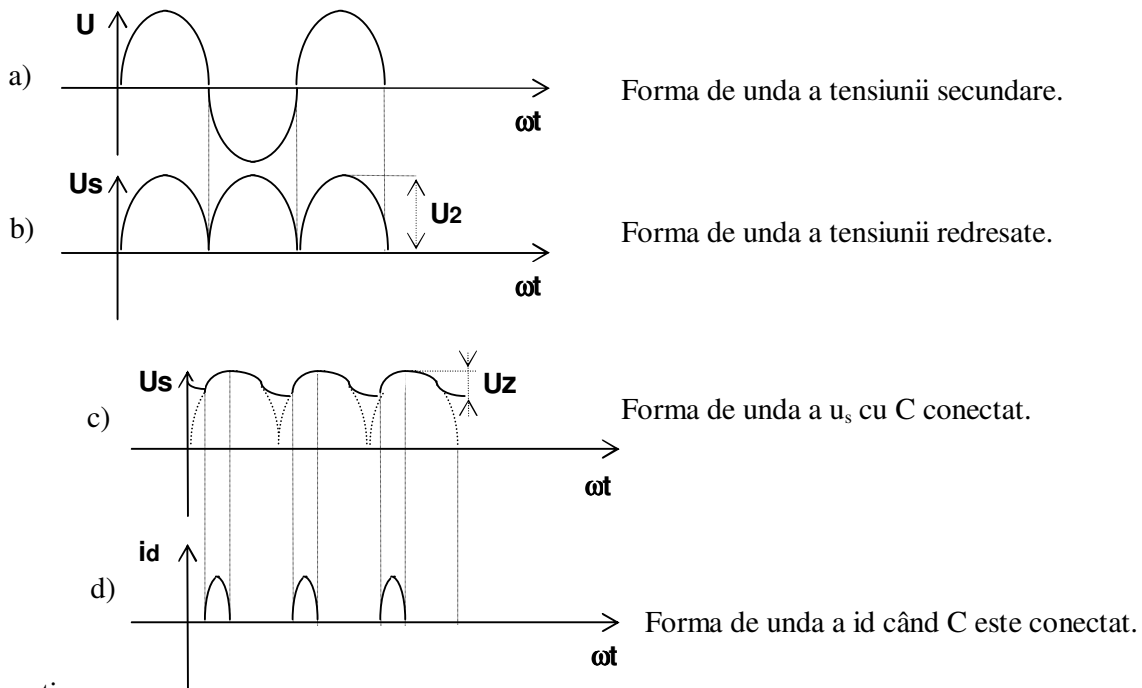
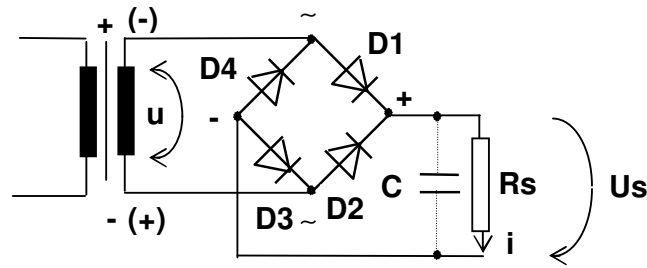
Rezulta $U_s > 0$ in ambele alternante.

Schema electrica:



4.1.2.2. Redresor monofazat dubla alternanta in punte

Schema electrica:



Funcționare:

a)- cu C neconectat.

Punțile redresoare monofazate pot fi realizate din 4 diode sau pot avea o structura monolitică cu patru terminale notate ($\sim + - \sim$). În fiecare alternanță se află în conducție câte 2 diode iar celelalte sunt polarizate invers. În alternanța fără paranteze se află în conducție D1 și D3 iar D2 și D4 sunt polarizate invers. În alternanța din paranteze se află în conducție D2 și D4 iar D1 și D3 sunt blocate. Mărimile specifice sunt aceleași ca și în cazul redresorului prezentat anterior

b)- cu C conectat.

Se asigură creșterea u_s . Diodele sunt parcurse de impulsuri ale curentului ce asigură încărcarea condensatorului C.

4.2. Redresoare monofazate comandate

Redresoarele semicomandate și cele comandate asigură la ieșire o tensiune continuă reglabilă. Principala utilizare a acestor redresoare este reglarea turației motoarelor de c.c. prin conectarea

redresoarelor fie in indus fie in circuitul de excitație al motoarelor de c.c. In cazul conectării redresorului in indusul motorului, turația se reglează prin variația tensiunii produsa de redresor si turația variaza in același sens cu variația tensiunii de comanda. La conectarea redresorului in circuitul de excitație al motorului turația se reglează prin metoda fluxului de excitație si turația variaza in sens invers cu variația tensiunii de comanda. Cu toate ca redresoarele comandate sunt mai scumpe fata de cele semicomandate ele se utilizează mai mult deoarece pot asigura si frânarea cu recuperare de energie in cazul motoarelor ce functioneaza in ambele sensuri de rotație.

Comutația directa a tiristoarelor din cadrul redresoarelor se face prin aplicarea unui impuls de comanda in circuitul poarta-catod atunci când tiristorul este polarizat direct de circuitul de forța. Astfel prin controlul momentului amorsării pe durata polarizării directe se obține un reglaj continuu al tensiunii de ieșire. Aceasta metoda se numește comanda in faza a tiristoarelor.

Comutația inversa a tiristoarelor se face prin micșorarea curentului prin circuit sub valoarea curentului de menținere sau prin aplicarea unei tensiuni inverse.

4.2.1. Redresoare monofazate monoalternanta comandate

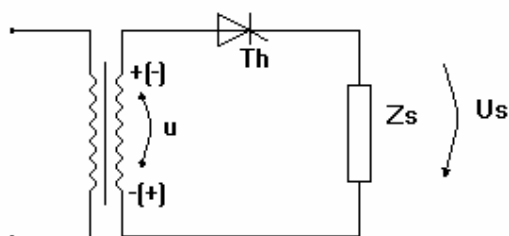


fig. 4.1

Unghiul de comanda al tiristorului este produsul dintre pulsația ω si timpul care trece din momentul in care tiristorul respectiv ar intra in conducție daca ar fi dioda si pana când se aplica impulsul de comanda.

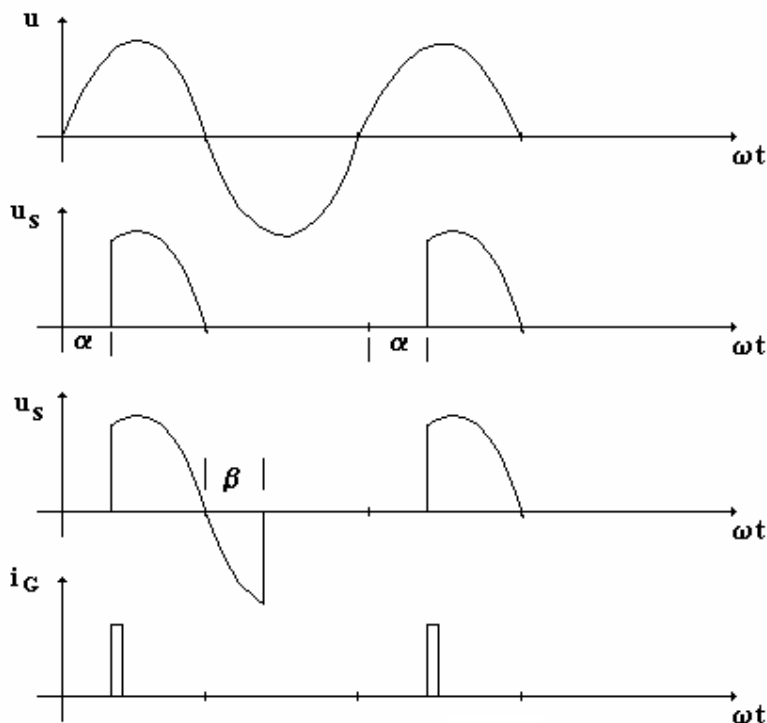


Fig. 4.2

Tiristorul intra in conducție in alternanta fara paranteze după unghiul α . Când sarcina este pur rezistiva atunci $U_s \geq 0$ si U_{smed} este dat de relația:

$$U_{smed} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \sqrt{2} U_{efsec} \sin(\omega t)$$

$$U_{smed} = \frac{1}{(2\pi)} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} U_{ef} \sin(\omega t) d\omega t = \sqrt{2} U_{efsec} / (2\pi) [-\cos(\omega t)]_{\alpha}^{\pi}$$

$$U_{smed} = \sqrt{2} U_{efsec} / (2\pi) * [1 + \cos(\alpha)]$$

$$U_{smed} = \sqrt{2} U_{efsec} / (2\pi) * [1 + \cos(\alpha)]; \quad \text{când } \alpha=0 \Rightarrow U_{smed} = \sqrt{2} U_{efsec} / \pi \text{ se regaseste}$$

formula din cazul redresorului de același tip necomandat.

Când sarcina este rezistiv - inductiva $Z=R+jX_L$, U_s este atât pozitivă cat și negativă.

La sfarsitul alternantei pozitive ar trebui ca U_s sa se anuleze inasa datorita fenomenului de autoinducție generat in bobina L_s a consumatorului apare o tensiune cu polaritatea din fig. 4.3 care menține tiristorul in conducție si in alternanta din paranteze a tensiunii din secundar.

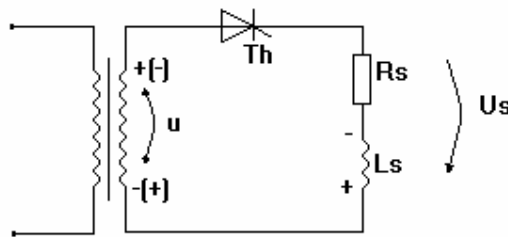


Fig. 4.3

Cu cat L_s este mai mare, durata de conducție a tiristorului se mareste, iar U_{smed} se micsoreaza.

$$U_{smed} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt.$$

$$U_{smed} = \frac{1}{(2\pi)} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} U_{efsec} \sin(\omega^*t) dt - \frac{1}{(2\pi)} \int_{\pi}^{\pi+\beta} \sqrt{2} U_{efsec} \sin(\omega^*t) dt =$$

$$= \frac{1}{(2\pi)} U_{efsec} [-\cos(\omega^*t)]_{\alpha}^{\pi} - \frac{1}{(2\pi)} \sqrt{2} U_{efsec} [-\cos(\omega^*t)]_{\pi}^{\pi+\beta} =$$

$$= \frac{1}{(2\pi)} \sqrt{2} U_{efsec} [-\cos(\pi) + \cos(\alpha) + \cos(\pi+\beta) - \cos(\pi)] = \sqrt{2} U_{efsec} / (2\pi) * [\cos(\alpha) - \cos(\beta) + 2]$$

4.2.2. Redresoare monofazate in punte comandata

In alternanta fara paranteze sunt in conducție Th_3 si Th_1 . In alternanta din paranteze sunt in conducție Th_2 si Th_4 . Intrarea in conducție a fiecărui tiristor se face după unghiul α .

Când sarcina este pur rezistiva $Z_s = R_s$ ($L_s = 0$) $U_s \geq 0$ pe toata durata funcționarii si:

$U_{smed} = 2\sqrt{2} / (2\pi) * U_{efsec} * (1 + \cos\alpha)$ Când $\alpha=0$, $U_{smed} = 2\sqrt{2} / \pi * U_{efsec}$ redresorul devine necomandat.

Când sarcina este de tip RL iar L_s este suficient de mare (α suficient de mic) tiristoarele aflate in conducție nu se blochează Ele se mențin in conducție pe durata unghiului de comanda a grupului următor. Redresorul functioneaza in regim de curent neîntrerupt.

$$U_{smed} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} U_{efsec} \sin(\omega^*t) d\omega t -$$

$$- \frac{1}{\pi} \int_0^{\alpha} \sqrt{2} U_{efsec} \sin(\omega^*t) d\omega t = \frac{1}{\pi} U_{efsec} [-\cos(\omega^*t)]_{\alpha}^{\pi} - \frac{1}{\pi} \sqrt{2} U_{efsec} [-\cos(\omega^*t)]_0^{\alpha} =$$

$$= \sqrt{2} U_{efsec} / \pi * [-\cos(\pi) + \cos(\alpha) + \cos(\alpha) - \cos(0)] = \sqrt{2} U_{efsec} / \pi * [2\cos(\alpha)] =$$

$$= 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{efsec} / \pi \cdot \cos(\alpha)$$

Pentru $\alpha = 0$ $U_{sm} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{efsec} / \pi$ coincide cu U_{sm} din cazul redresorului necomandat.

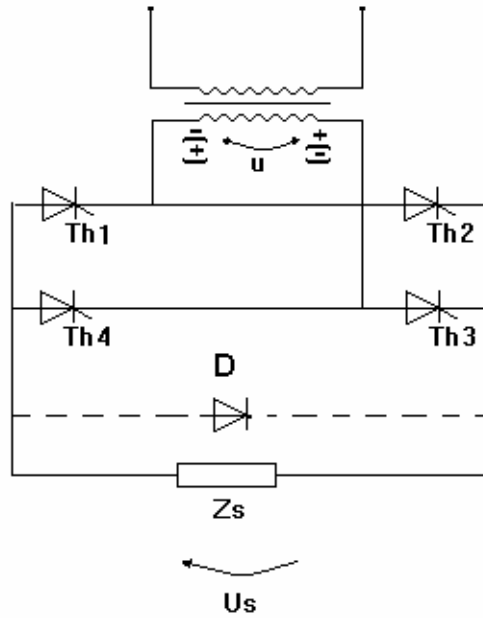


Fig. 4.4

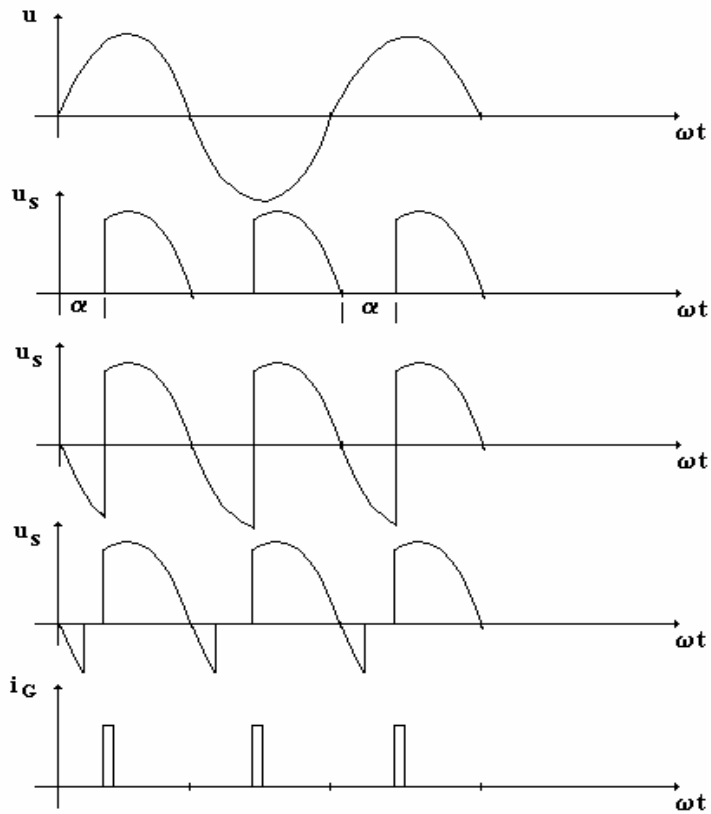


Fig. 4.5

Pentru a micșora variația U_s se conectează în paralel cu Z_s o diodă numită diodă de descărcare.

Prin intermediul ei se descarcă energia înmagazinată în câmpul magnetic al bobinei L_S . Ea este în conducție cât timp $U_S < 0$. Cu ajutorul ei se micșorează puterea reactivă absorbită de redresor de la rețea menținând regimul de curent neîntrerupt.

În cazul când $Z_S = R_S + jX_{L_S}$ unde L_S este de valoare mică apare regimul de curent întrerupt când în cadrul unei perioade $U_S > 0$; $U_S = 0$; $U_S < 0$.

4.3. Metode de comandă pe grila

Tiristoarele din construcția redresoarelor trebuie să comute direct după anumite unghiuri de comandă. Circuitele care produc impulsuri de comandă pentru tiristoare se numesc dispozitive de comandă pe grila D.C.G. Ele trebuie să asigure:

1. o variație a defazajului impulsurilor de comandă între 0 și 180° lucru care se realizează cu ajutorul unei tensiuni continue numită tensiune de comandă care se variază cu ajutorul unui potențiomtru.
2. sincronizarea impulsurilor de comandă cu tensiunea alternativă din circuitul de forță. Aceasta se asigură cu un transformator de sincronizare.
3. să prezinte o intrare de inhibare sau de blocare care în funcție de tensiunea ce i se aplică poate determina blocarea impulsurilor de comandă.
4. să asigure la ieșire un singur impuls de o anumită durată sau trenuri de impulsuri cu o anumită frecvență.

În practică se utilizează următoarele tipuri de scheme:

- cu componente discrete - cu tranzistoare bipolare sau cu TUJ
- cu integrate specializate (ex.: β AA145)
- cu ajutorul unui microcontroler ce conține un microprocesor care realizează aceste funcții.

Circuite de comandă pe grila

Joncțiunea grila-catod este echivalentă cu o diodă dar care are o cădere de tensiune directă mai mare V_D și tensiune de blocare V_{BR} mai mică decât o diodă normală deoarece stratul de drift este sărac, slab dopat.

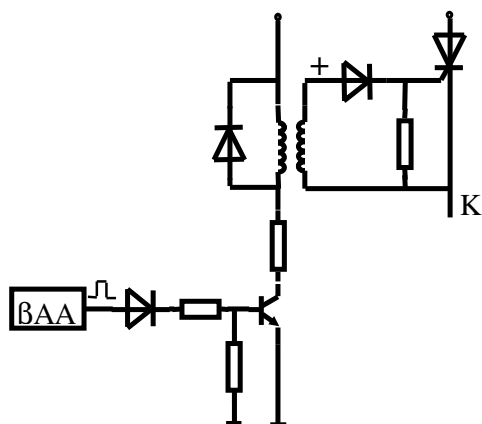
Valori tipice pentru această joncțiune: V_D 6 ... 15 V, I_g 1 ... 2 A

Impulsul de comandă trebuie să îndeplinească trei condiții: putere suficientă, durată suficientă, precizie la conectare serie sau paralel.

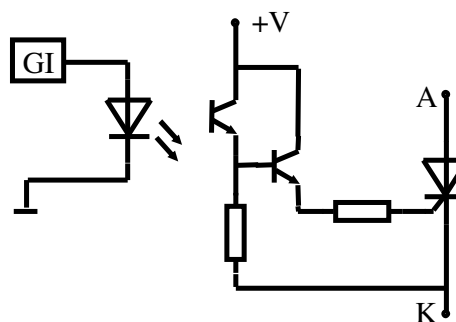
Problema care apare la impulsul de comandă este separarea galvanică care se face prin transformatoare de impuls sau optocuploare.

a) cu transformator de impuls. Se polarizează baza tranzistorului, ceea ce duce la apariția în secundar

a unui impuls care este aplicat printr-un circuit de sarcină. Astfel, se realizează o separare între partea de forță și cea de comandă.



b) cu optocuplor



GI - generator de impulsuri