

TIRISTOARE

Tiristorul este un dispozitiv semiconductor format din patru straturi dopate p si n, dispuse alternativ, alcatuind trei jonctiuni, ca in figura 14.1. El prezinta trei electrozi: anod, catod si poarta. Simbolul sau este prezentat in figura 14.1.

Modul de functionare al tiristorului este ilustrat de caracteristica tensiune anodica-curent anodic (fig. 14.2). Daca se aplica o tensiune continua intre anod si catod, tiristorul ramane blocat, indiferent de sensul acesteia. Marind tensiunea aplicata, atat in polarizare directa (anodul pozitiv), cat si in polarizare inversa (catodul pozitiv), tiristorul ramane blocat la o anumita valoare la care se strapunge, curentul prin el crescand foarte mult. Valoarea tensiunii anodice la care tiristorul se strapunge atunci cand este blocat invers se numeste tensiune inversa continua.

Valoarea tensiunii anodice la care tiristorul se strapunge in polarizare directa (cu + pe anod si – pe catod) se numeste tensiune de strapungere in direct sau tensiune de intoarcere.

Aplicand un impuls pe poarta atunci cand tiristorul este polarizat direct, deschiderea acestuia are loc la o valoare mai mica a tensiunii anodice. Acest fenomen este reprezentat printr-o detlasare a caracteristicii I-U spre stanga (fig.14.3).

Din punct de vedere al funcționării, tiristorul poate fi schivalat cu două tranzistoare, pnp și npn, dispuse ca în figura 14.4. Aplicând un impuls pozitiv pe baza tranzistorului npn (T1), acesta se deschide, de asemenea se deschide și T2 a cărui bază este conectată la colectorul lui T1. Ca urmare, colectorul lui T2, legat la baza lui T1, va furniza un curent care îl menține deschis pe T1 chiar în absența semnalului inițial.

Deschiderea tiristorului se numește amorsare.

1. PARAMETRII ELECTRICI AI TIRISTORULUI

1.1. Principalii parametri electrici ai tiristorului sunt:

- tensiunea de străpungere în direct, $V_{BR}[V]$
- tensiunea de poartă, de amorsare, $V_{GT}[V]$
- tensiunea inversă continuă, $V_R[V]$
 - curentul continuu direct de poartă, de amorsare, $I_{GT}[A]$
 - curentul anodic direct mediu, I_{FAV}

1.2. Pentru aplicații sunt importanți și următorii parametri:

- curentul continuu direct de menținere, $I_H(I_{HOLD})[A]$
- curentul de acrosaj, $I_L(I_{LATCH})[A]$
- viteza critică de creștere a curentului anodic, $dI/dt [A/\mu s]$
- viteza de creștere a tensiunii anodice, $dV/dt [V/\mu s]$
- timp de dezamorsare prin comiterea circuitului, $t_q [s]$

1.3. Parametrul I_H caracterizează trecerea tiristorului din starea de conducție în starea de blocare. Dacă se micșorează curentul anodic printr-un tiristor amorsat, există o valoare critică a

acestui pentru care tiristorul iese din conductie si se blocheaza. Valoarea critica a curentului anodic pentru care tiristorul dezamorseaza se numeste curent de mentinere.

Daca tensiunea aplicata intre anod si catod este alternativa, iar poarta este atacata in impulsuri sincrone cu frecventa tensiunii anodice, atunci tiristorul amorseaza pentru fiecare semialternanta pozitiva a tensiunii anod-catod si dezamorseaza pentru semialternantele negative. Cunoscand I_H se poate determina momentul de tip din semialternanta pozitiva in care tiristorul dezamorseaza.

1.4. Parametrul I_L caracterizeaza trecerea tiristorului din starea de blocare in starea de conductie. La aplicarea unui impuls pozitiv pre poarta, curentul anodic incepe sa creasca de la 0 la valoarea maxima pe care i-o ingaduie rezistenta circuitului exterior.

Daca impulsul pe poarta se intrerupe inainte de a ajunge curentul anodic la o valoare critica, atunci tiristorul nu amorseaza.

Valoarea critica a curentului anodic pentru care tiristorul amorseaza chiar daca se intrerupe semnalul pe poarta se numeste curent de acrosaj.

Observatie: Cunoasterea lui I_L este necesara pentru determinarea duratei minime a impulsului pe poarta.

1.5. Viteza critica de crestere a curentului anodic(dI/dt). La amorsarea unui tiristor, tensiunea la bornele sale nu cade instantaneu la zero si curentul creste dupa o lege care depinde de impedanta circuitului exterior. Puterea disipata de tiristor este cu atat mai mare cu cat curentul anodic creste mai repede. In momentul amorsarii, conductia se face intr-o zona mica in jurul portii. Ca urmare, densitatea de curent e mare. Daca puterea necesara a fi disipata depaseste puterea disipata maxima a dispozitivului, acesta se distruge.

1.6. Viteza de crestere a tensiunii (dV/dt). O viteza excesiva de crestere a tensiunii anodice poate duce la deschiderea tiristorului in absenta semnalului de poarta la o valoare mai mica decat V_{BO} . Acest fenomen se datoreaza capacitatii interne a tiristorului, care se incarca la un curent $i=c \cdot dV/dt$. Acest curent poate fi suficient, daca dV/dt e mare, pentru a declansa amorsarea.

Daca viteza de variatie a tensiunii anodice este mare (de exemplu cea data de bobina de inductie de la automobile pentru un circuit de aprindere electronica cu tiristor), atunci tiristorul se deschide prin efect dV/dt si se poate distruge prin efect dI/dt .

Valoarea curentului de acrosaj, I_L , este mai mare decat valoarea curentului de mentinere, I_H , pentru un tiristor dat.

In tabelul 14.I sunt prezentate cateva tipuri de tiristoare:

Cod	V_R [V]	I_{FAV} [A]	P [W]	V_{GT} [V]	I_{GT} [mA]	t_q [μs]	dV/dt [V/ μs]	dI/dt [A/ μs]
T1N-05...8	50;100;200 300;400;500 600;700;800	1	0,1	3	10	N=50	50	10
T3N-05...8	—	3	0,6	3	N=40 R=50	N=50 R=10	50	20

T6N-05P...6P	—	6	1	2	30	N=50 R=20	50	20
T10N-05...8	—	10	1	3	N=50 R=100	N=200 R=20	50	20 20

2. APLICATII

2.1. Amorsare

Circuitul din figura 14.5 reprezinta un montaj clasic, elementar, pentru declansarea tiristorului in curent continuu.

In figura 14.6 este prezentat un montaj pentru declansarea tiristorului in curent alternativ. Dioda D are rolul de a limita excursia inversa a tensiunii de poarta sub valoarea maxima admisibila pentru tiristor.

Tiristorul poate fi amorsat si cu un semnal pe poarta de forma unor impulsuri, acest semnal prezentand urmatoarele avantaje:

- permite o putere de varf superioara puterii medii admisibile pe poarta;
- reduce intarzierea dintre semnalul pe poarta si cresterea curentului anodic;
- disiparea datorata cresterii curentului rezidual este redusa.

Pentru a obtine rezultate bune in amorsarea unui tiristor este bine sa se tina seama de urmatoarele:

- poarta sa fie atacata in curent cu ajutorul unui generator;
- curentul de comanda sa fie de 3-5 ori valoarea IGT specificat pentru acel tip de tiristor;
- durata impulsului trebuie astfel calculata incat curentul comanda sa ramana mai mare decat IGT pana cand curentul de anod depaseste IL.

In figura 14.7 este prezentata un circuit de comanda cu intarziere. Temporizarea este data de:

- constanta RC;
- panta tensiunii anodice;

Dioda D1 are rolul de a descarca capacitorul pe alternanta negativa.

Unghiul de deschidere al tiristorului se poate regla din rezistenta Rp ca in figura 14.8.

Dioda D2 incarca negativ armatura superioara a capacitorului pe timpul alternantei negative, ceea ce permite ciclului sa se reia de la un nivel de tensiune constant.

Acelasi principiu de declansare poate fi aplicat si la circuitul din figura 14.9, in care sarcina este alimentata pe parcursul ambelor alternante.

Montajul din figura 14.10 prezinta o modalitate de protectie a tiristorului contra efectului dI/dt .

2.2. Dezamorsare

In figura 14.11 sunt prezentate 3 moduri de dezamorsare a unui tiristor.

TRIACUL

1. Definitie si simbol grafic

Triacul este o componenta semiconductoare, care inlocuieste doua tiristoare montate in antifaza in aceeasi pastila semiconductoare si care este prevazuta cu o singura poarta si cu doua borne pentru curentul principal.

Structura interna a unui triac este prezentata in figura 15.1, iar schema echivalenta a acestuia in figura 15.2.

Fata de tiristoare, triacul prezinta avantajul ca poate fi trecut un starea de conductie atat in semiperioada pozitiva, cat si negativa a curentului alternativ.

2. Caracteristica curent-tensiune a triacului

Pentru definirea caracteristicii curent-tensiune a triacului se considera ca referinta borna T1 (fig. 15.1).

Cand terminalul T2 +este pozitiv in raport cu T1, amorseaza tiristorul format din structurile p4,n3,p2,n1 (daca si potentialul portii G este pozitiv in raport cu cel al terminalului T1); cand terminalul T2 devine negativ si terminalul T1 joaca rol de anod, intra in conductie tiristorul p2,n3,p4,n5, care amorseaza atunci cand poarta este negativa in raport cu T1. Caracteristica curent-tensiune a triacului are forma din figura 15.4 (pentru $I_{G2} > I_{G1} > 0$).

Ca si in cazul tiristoarelor, comanda pe poarta triacului se efectueaza prin tensiune continua, alternativa sau in impulsuri.

In absenta semnalului de poarta, $I_G = 0$, se defineste o tensiune de blocare, UBR; aceasta tensiune trebuie sa fie mai mare decat amplitudinea tensiunii alternative aplicate intre cei doi anodi T1 si T2 ai triacului, pentru a putea exista un control prin poarta asupra triacului.

Din caracteristica curent-tensiune a triacului rezultă ca, pe măsură ce crește curentul de comandă aplicat pe poartă, triacul poate bascula la tensiuni din ce în ce mai mici. Triacul este blocat în ambele sensuri atât timp cât $I_G=0$ și tensiunea aplicată între T1 și T2 nu depășește UBR.

Datorită structurii mai complexe a triacului, funcția de comandă a porții se exercită în patru moduri distincte, prezentate în figura 15.5, moduri cunoscute și consacrate în limbajul tehnic de specialitate ca „funcționarea în patru cadrane”. Sensibilitatea la comandă a triacului este maximă în cadrantul I, medie în cadrantul III și minimă în cadrantul IV.

Altfel exprimat, sensibilitatea comenzii este maximă când ambele tensiuni aferente terminalelor T1 și T2 sunt pozitive, cea mai mică este atunci când ambele sunt negative, iar sensibilitatea este cea mai mică atunci când tensiunea de poartă este pozitivă, iar tensiunea anodică este negativă (T2 negativ față de T1).

Ca și tiristoarele, triacul amorțează la depășirea unei anumite tensiuni anodice, dar pentru ambele polarități ale acestuia. Această proprietate îi asigură o autoprotecție internă față de tensiunile tranzitorii care pot apărea în circuitul în care se găsește: la apariția supratensiunilor, triacul amorțează de la sine în loc să se strângă.

Dacă această amorțare este necontrolată, atunci ea poate fi nedorită pentru sarcină și trebuie luate măsuri pentru eliminarea supratensiunilor pe triac care pot produce amorțarea lui.

3. Circuite de comandă pentru triace

Utilizarea triacului în contactoarele statice – dispozitive electronice care servesc pentru închiderea sau deschiderea circuitelor electrice de curent alternativ sau de curent continuu – impune prezentarea modalităților de realizare ale comenzilor poartă cu particularitățile specifice fiecărui tip de comandă.

În figura 15.6 este prezentat un contactor static cu triac. Intrarea în conducție a triacului se face la câteva microsecunde după aplicarea semnalului de comandă pe poartă. Iesirea din conducție a triacului se produce în momentul anularii naturale a curentului din circuitul principal, în cazul sarcinilor pur rezistive acest moment având loc în momentul trecerii prin zero a tensiunii alternative.

Comanda triacului se poate face cu ambele polarități ale semnalului aplicat între anod și catod (terminalul T1), pentru ambele polarități ale tensiunii dintre anod și catod (între terminalele T2 și T1).

Grupul RC in paralel pe triac actioneaza in sensul eliminarii supratensiunilor care ar putea produce autoamorsarea , acest grup constituind, impreuna cu sarcina, impedanta interna a sursei de supratensiune si impedanta conductoarelor de alimentare un divizor de tensiune. Totodata grupul RC realizeaza si o reducere a vitezei de crestere a tensiunii pe triac. Prezenta grupului RC este indispensabila in cazul sarcinilor inductive, la care iesirea din conductie a triacului se poate produce in apropierea maximului semialternantei urmatoare a tensiunii de alimentare, cand pe triac apare brusc tensiunea sursei de alimentare din acel moment.

Limitarea vitezei de crestere a tensiunii este realizata de capacitatea C, iar rezistenta R reduce curentul de descarcare al capacitatii in momentul amorsarii triacului si totodata realizeaza amortizarea circuitului oscilant alcatuit de inductanta sarcinii si capacitatea C.

Amorsarea unui triac poate fi obtinuta actionand asupra portii in curent continuu, prin curent alternativ, redresat sau prin impulsuri.

In figura 15.7 este prezentat un contactor static cu un triac, cu functionarea de tip inchis-deschis, la care comanda se face de la o sursa de curent continuu. Daca intrerupatorul I este deschis, pe poarta nu se aplica curent si triacul este blocat. Inchizand intrerupatorul, tensiunea continua de polarizare furnizeaza un curent de poarta prin intermediul rezistentei R. In vederea obtinerii unei sensibilitati de comanda mai mari, tensiunea aplicata portii trebuie sa fie negativa.

In figura 15.8 este prezentata un contactor static in care amorsarea triacului se realizeaza in curent alternativ, prin intermediul unui transformator in scurtcircuit. Contactul K fiind deschis, impedanta vazuta la bornele primarului este impedanta de mers in gol a transformatorului, de

valoare mare, deci tensiunea pe rezistenta R este mica. Prin inchiderea lui K, la bornele primare se vede impedanta de scurtcircuit a transformatorului, de valoare mica, deci pe R apare o tensiune mare, care va comanda triacul.

In figura 15.9 este reprezentata schema unui contactor cu un triac cu o functionare de tip inchis-deschis, a carui amorsare se face cu un semnal alternativ de o frecventa de 2...6 kHz. La aceasta valoare a frecventei rezulta o sectiune a miezului transformatorului mult mai mica decat la 50 kHz.

Figura 15.10 prezinta o alta schema de amorsare in curent alternativ. Cand intrerupatorul I este deschis, triacul este blocat. La inchiderea intrerupatorului, la inceputul fiecarei alternante tensiunea intre bornele T2 si T1 creste rapid, astfel ca in momentul cand atinge valori 5-6 V, prin rezistenta R1 este injectat un curent de poarta suficient pentru a amorsa triacul. La amorsare, tensiunea intre bornele T2 si T1 scade la aproximativ 1,5-2 V, blocand curentul de poarta; triacul amorsat va ramane in conductie pana la sfarsitul semialternantei respective, cand triacul se blocheaza. Procesul se repeta in timpul semialternantei urmatoare, triacul reamorsandu-se imediat la inceputul acesteia. Atat timp cat intrerupatorul I este deschis, triacul este continuu in conductie si toata tensiunea retelei se gaseste practic pe sarcina Zs.

In figura 15.11 este prezentata o schema de comanda a triacului in curent alternativ redresat. In acest caz, deoarece curentul de poarta circula numai in timpul unei semialternante, triacul este amorsat numai in timpul alternantei pozitive si este blocat in timpul alternantei negative. Aceasta schema de comanda confera triacului un mod de functionare similar cu cel al tiristorului.

In figura 15.12 sunt indicate doua modalitati de comanda ale triacurilor folosind tranzistoare. In cazul figurii 15.12, a, comanda tranzistorului care amorseaza triacul se face prin curent, iar in cazul figurii 15.12, b, comanda se face prin poarta triacului se injecteaza un curent negativ, ceea ce asigura o sensibilitate marita de comanda. Modul de functionare al contactorului depinde de felul semnalului aplicat pe bazele tranzistoarelor.

Figura 15.13 prezinta un circuit de comanda al triacului utilizand un tranzistor unijonctiune. Montajul se realizeaza astfel incat prin intermediul transformatorului T sa se aplice pe poarta triacului impulsuri negative.

DIACUL

1. Definitie si simbol grafic

Diacul (Diode Alternative Current switch-DIAC) este o dioda simetrica, prezentand, in ambele sensuri, incepand de la o anumita tensiune U_{BO} (in general cuprinsa intre 10 si 15 V) o rezistenta negativa. Simbolurile de prezentare in scheme a diacului sunt cele din figura 15.14

2. Caracteristica curent-tensiune a diacului

Caracteristica curent- tensiune a diacului este prezentata in figura 15.15. Dupa cum se observa din caracteristica exista un punct de intoarcere (U_{BO} , I_{BO}), unde rezistenta diferentia

este nula și tensiunea atinge valoarea maximă. De asemenea, se definește o tensiune de salt U_s , reprezentând diferența dintre tensiunea de întoarcere U_{BO} și tensiunea la un curent I_s .

3. Aplicații ale diacelor

Diacul poate fi utilizat într-o serie de aplicații practice. În figura 15.16 este prezentată schema unui oscilator de relaxare cu diac. Tensiunea de alimentare U_0 trebuie să fie mai mare decât tensiunea U_{BO} . După conectarea alimentării, capacitorul C începe să se încarce prin rezistorul R_1 ; tensiunea pe capacitor va crește până va ajunge la valoarea tensiunii de basculare a diacului, U_{BO} . În acest moment diacul intră în conducție și capacitorul C_1 se descarcă prin el. Alegând valoarea rezistorului, R_1 astfel încât $U_0 R_1 < I_{BO}$, diacul va reveni în starea blocat după descărcarea capacitorului, ciclul de încărcare –descărcare descris mai înainte reluându-se. Rezistența $R_2 \ll R_1$ se conectează în circuit pentru limitarea curentului de descărcare al capacitorului în vederea protejării diacului. Forma de undă a tensiunii la bornele capacitorului C și cea de la bornele rezistorului R_2 (unde se obține impulsuri scurte pozitive) este prezentată în figura 15.17

Figura 15.18 prezintă schema electrică a unui circuit basculant astabil (multivibrator) realizată cu diacuri. Tensiunea de alimentare se alege astfel încât să fie îndeplinită condiția $U_0 > U_{BO}$. La conectarea alimentării, unul din diacuri este blocat și celălalt este în conducție. Presupunem că diacul D_1 este blocat în conducție și diacul D_2 blocat. În situația capacitorului C

incepe sa se incarca si curentul de incarcare, trecand prin rezistorul R2 coboara tensiunea pe diacul D2, impiedicand si in acest mod sa conduca simultan cu primul.

Cand tensiunea pe capacitor atinge valoarea U_{BO} corespunzatoare diacului D1 se blocheaza; in felul acesta multivibratorul isi schimba starea. De data aceasta capacitorul se incarca prin rezistorul R1 si prin diacul D1 intra iarasi in conductie, iar D2 se blocheaza. In continuare ciclul se reia.

In cazul multivibratorului simetric, $R_1=R_2=R$; $U_{BO1}=U_{BO2}=U_{BO}$, tensiunea la iesire are forma dreptunghiulara simetrica.

Figura 15.19 prezinta una din cele mai importante aplicatii ale diacului si anume comanda triacului. La punerea in functiune a montajului, capacitatea C incepe sa se incarca; cand tensiunea la bornele ei atinge valoarea tensiunii de basculare a diacului, acesta se blocheaza si capacitorul se descarca, furnizand circuitului de poarta un impuls de curent care amorseaza triacul.

CUPRINS

I. Tiristoare

➤ Parametrii electrice ai tiristorului.....	3
➤ Parametrul I_H	3
➤ Parametrul I_L	3
➤ Viteza de crestere a curentului anodic.....	3
➤ Viteza de crestere a tensiunii.....	4
➤ Aplicatii	4
➤ Amorsarea.....	4
➤ Dezamorsarea	7

II. Triacul

➤ Definitie si simbol grafic.....	8
➤ Caracteristica curent-tensiune a triacului.....	8
➤ Circuite de comanda pentru triace	10

III. Diacul

➤ Definitie si simbol grafic	15
➤ Caracteristica curent-tensiune a diacului.....	15
➤ Aplicatii ale diacelor.....	16

IV. Bibliografie

Adrian Bitoiu si Corneliu Itco
Practica electronistului amator
Editura Albatros