

## LUCRAREA NR. 2

### **DIODA STABILIZATOARE CU STRĂPUNGERE**

#### **OBIECTIVE:**

1. Să se studieze efectul Zener sau străpungerea inversă;
2. Să se observe diferența între ramurile de străpungere ale caracteristicilor diodelor Zener pentru tensiuni mici și diodele cu străpungere pentru tensiuni mari;
3. Să se evidențieze proprietățile de stabilizare ale diodelor cu străpungere;

#### **MATERIALE NECESARE:**

*Sursă de alimentare:* sursă de tensiune stabilizată de 16 V;

*Echipamente:* voltmetru (electronic), ampermetru de  $0 \div 5$  mA și  $0 \div 50$  mA;

*Componente:* rezistențe 180  $\Omega$ , 220  $\Omega$  -2 buc., 470  $\Omega$ , 1 k $\Omega$ /0,5 W, 10  $\Omega$ /3W;

*Diode stabilizatoare:* 6,2 V, 8,2 V, 12 V;

#### **INFORMAȚII PREGĂTITOARE**

Când o diodă lucrează cu polarizare inversă, singurul curent care circulă până la valoarea de vârf a tensiunii inverse (tensiunea de străpungere) este curentul invers. Evident, la atingerea tensiunii de străpungere prin diodă circulă un curent mare, determinând încălzirea rapidă a joncțiunii și distrugerea imediată a acesteia. Dioda Zener este construită pentru a permite funcționarea în sens invers la punctul de străpungere. Acest lucru este posibil datorită efectului Zener, ce este un fenomen de străpungere la tensiuni mai mici de 8 V (peste 8 V străpungerea va avea loc de asemenea, dar după un mecanism diferit, numit străpungere în avalanșă).

Prin controlul îngrijit al dopării siliciului și al geometriei cristalului diodei, producătorii pot realiza diode cu străpungere cu tensiuni de străpungere în domeniul de la mai puțin de 2 V până la peste 200 V. Mărimea cristalului ("chip-ului") și tipul de capsulă folosiți determină disiparea căldurii și prin aceasta puterea de lucru. Valorile tipice de putere sunt între 250 mW și până la peste 50 W.

Mecanismul străpungerii Zener de joasă tensiune apare dintr-un efect tunel, cauzat de un câmp electric intens care smulge electronii din legătura covalentă. Dioda Zener este caracterizată de așa-numitul "cot moale", din regiunea de străpungere a caracteristicii, prezentat în fig. 1 pentru o diodă de 6,2 V. De notat totuși că pentru dioda de 12 V, cotul este foarte ascuțit sau abrupt. Acest fapt este rezultatul efectului de străpungere în avalanșă devine predominant în raport cu efectul Zener la aproximativ 8 V. Efectul de avalanșă, așa cum arată și numele, implică fenomene de ciocnire. Accelerarea electronilor în diodă, determinată de influența câmpului electric, asigură o energie suficientă ca prin ciocnire să poată rupe și alți electroni din

legăturile covalente. Acești electroni liberi pot, la rândul lor, să ciocnească alți electroni și astfel apare o creștere rapidă a curentului invers de străpungere. Punctul de străpungere este în acest caz în general abrupt sau "cot ascuțit", așa cum se arată în fig. 1 pentru curba de 12 V.

Punctul de străpungere Zener sau al diodei cu străpungere este în general specificat ca  $I_Z$  la  $V_Z$ .  $I_Z$  este un anumit curent, ce trebuie să treacă prin diodă pentru a asigura tensiunea de străpungere specificată, mai mare decât cel cerut pentru a produce o tensiune mai mare decât tensiunea cotului.

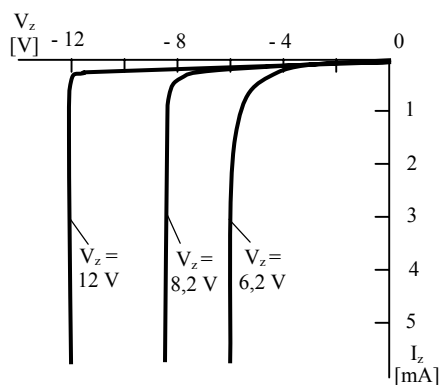


Fig.1 Caracteristicile de străpungere

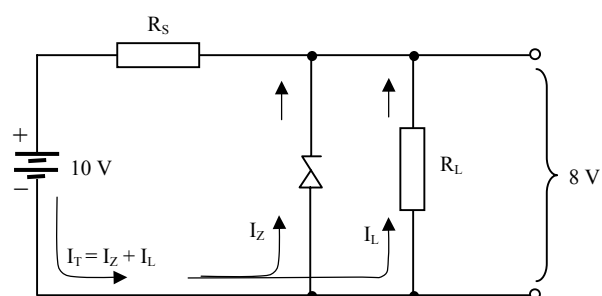


Fig. 2 Stabilizator de tensiune

### Stabilizarea tensiunii

Când o diodă cu străpungere este plasată în paralel cu o sarcină, tensiunea aplicată sarcinii trebuie să fie aceeași cu cea de pe diodă. Atât timp cât prin diodă trece curentul minim  $I_Z$ , tensiunea pe sarcină se va modifica foarte puțin, chiar dacă valoarea rezistenței se modifică. În fig. 2 se prezintă un circuit stabilizator de tensiune folosind o diodă cu străpungere fără rezistență serie. Dacă tensiunea de intrare crește peste tensiunea de străpungere, dioda permite trecerea unui curent mai mare. Dacă tensiunea crește cu câțiva milivolți, curentul capătă valori atât de mari încât dioda se distruge.

### Efecte termice

Toate diodele sunt sensibile cu temperatura. În conducție directă apare un coeficient de variație negativ cu temperatura. La polarizarea inversă, efectul Zener asigură un coeficient de temperatură negativ. La tensiuni de aproximativ 6 V, când apare efectul de avalanșă, coeficientul de temperatură trece prin zero, după care la tensiuni mai mari devine pozitiv. Din acest motiv, diodele Zener din regiunea de la 5 la 6 V sunt puțin sensibile cu temperatura și realizează diode stabilizatoare de bună calitate.

Pentru diode cu străpungere în avalanșă de circa 8 V, coeficientul pozitiv de temperatură poate fi compensat într-o oarecare măsură prin plasarea în serie a unei diode polarizate direct. Tensiunea de străpungere va fi cu aproximativ 0,6 V mai mare, ca rezultat al înserierii diodelor, dar nu va mai fi atât de sensibilă cu temperatura.

### Alegerea diodei

Alegerea diodei cu străpungere depinde de tensiunea de ieșire impusă și de valoarea maximă a curentului de sarcină. Când sarcina este deconectată, întreg

curentul va trece prin diodă, însumat cu curentul Zener normal  $I_Z$ . Rezistența serie  $R_S$  trebuie să preia orice schimbare a tensiunii de intrare și să asigure curentul total  $I_L + I_Z$ . Valoarea sa trebuie să fie:

$$R_S = \frac{V_{in} - V_Z}{I_Z + I_L}$$

### PARTEA EXPERIMENTALĂ

1. Se studiază circuitul din fig. 3. Se observă că dioda cu străpungere este conectată în circuit cu polarizare inversă.
2. Se conectează echipamentele necesare ca în fig. 3, folosind mai întâi o diodă de 6,2 V. Se reglează tensiunea sursei reglabile la valoarea de 0 V.
3. Se conectează sursa și se crește tensiunea până când curentul Zener  $I_Z$  este de 0,25 mA. Se măsoară tensiunea  $V_Z$  și se notează în Tabelul 1. Ne apropiem de tensiunea Zener.
4. Se reglează tensiunea de alimentare și se completează măsurătorile indicate în Tabelul 1.
5. Se trasează punctele măsurate și înregistrate în Tabelul 1 pe graficul din fig. 4. Se observă forma "moale" a cotului.
6. Se deconectează din circuit dioda de 6,2 V și se conectează dioda de 8,2 V. Se repetă pașii 2 ÷ 4 și se înregistrează valorile în Tabelul 1.
7. Se deconectează din circuit dioda de 8,2 V și se conectează dioda de 12 V. Se repetă pașii 2 ÷ 4 și se înregistrează valorile în Tabelul 1.
8. Se trasează caracteristicile pentru diodele de 8,2 și 12 V pe graficul din fig. 4. Trebuie să fie o diferență semnificativă în privința formei cotului din punctul de străpungere.

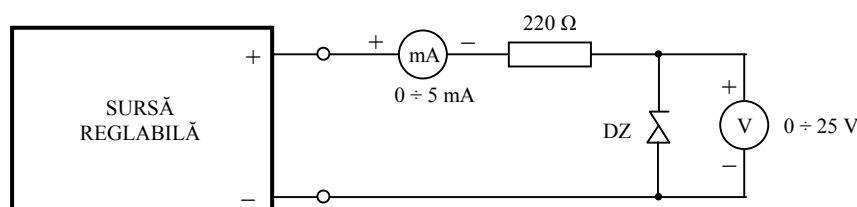


Fig. 3 Circuit pentru determinarea caracteristicii de străpungere

Tabelul 1. Caracteristica inversă a diodei Zener

	$I_z$ [mA]	0,2	0,4	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
6,2V	$V_z$ [V]											
8,2V	$V_z$ [V]											
12 V	$V_z$ [V]											

#### Întrebări

- Cum pot fi comparate cele trei diode în ceea ce privește forma cotului sau punctul de străpungere?

- Folosind intervalul de curent  $I_Z$  de la 3 la 5 mA, calculați rezistența dinamică a celor trei diode:  $R = \Delta V / \Delta I$ . Cum pot fi comparate diodele?

$$R(6,2V) = \qquad R(8,2V) = \qquad R(12V) =$$

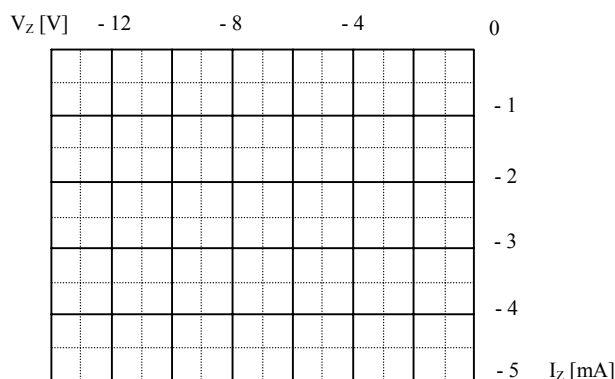


Fig. 4

### Stabilizarea de tensiune

În acest experiment se vor studia posibilitățile de stabilizare ale diodei cu străpungere de 8,2 V pentru trei sarcini diferite. În prealabil se va cerceta stabilitatea termică.

- Se studiază circuitul din fig. 5. Se observă polaritățile și scalele instrumentelor de măsurare, precum și conectarea diodei.
- Se conectează echipamentele necesare ca în fig. 5. Nu se conectează nici o rezistență de sarcină.
- Se conectează sursa de alimentare reglată la valoarea de 16 V. Se măsoară și se înregistrează tensiunea și curentul în Tabelul 2.
- Se conectează în circuit sarcina de 1 k $\Omega$ . Se măsoară cu atenție valorile tensiunii și curenților și se înregistrează în Tabelul 2.
- Se deconectează sarcina de 1 k $\Omega$  și se conectează cea de 470  $\Omega$ . Se măsoară din nou valorile de curent și se înregistrează în Tabelul 2.
- Se deconectează sarcina de 470  $\Omega$  și se conectează cea de 220  $\Omega$ . Se repetă măsurătorile și se înregistrează valorile în Tabelul 2.
- Se deconectează sarcina de 220  $\Omega$  și se înlocuiește cu cea de 180  $\Omega$ . Se măsoară curenții și tensiunile și se înregistrează valorile în Tabelul 2. Se conectează rezistența de încălzire pentru circa 30 sec. Se măsoară noile valori de tensiune și de curent și se înregistrează valorile în Tabelul 2.
- Pentru valorile curentului total și a curentului de sarcină, se calculează valorile curentului Zener pentru fiecare rezistență de sarcină.

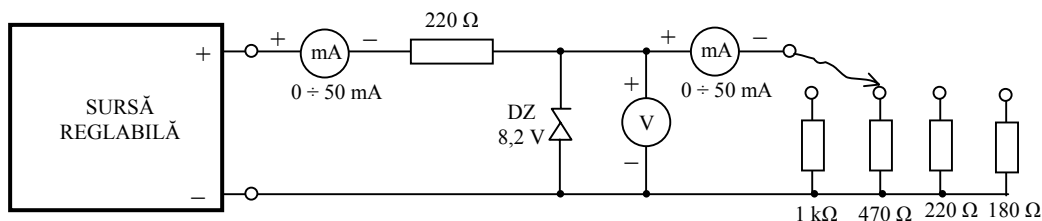


Fig. 5 Circuit pentru determinarea caracteristicilor de stabilizare

Tabelul 2. Caracteristicile de stabilizare ale diodei Zener

	Fără sarcină	1 k $\Omega$	470 $\Omega$	220 $\Omega$	180 $\Omega$ (rece)	180 $\Omega$ (cald)
$I_T$ , [mA]						
$I_L$ , [mA]						
$I_Z$ , [mA]						
$V_Z$ , [V]						

### Întrebări

- Când curentul de sarcină crește, ce se întâmplă cu curentul total? Trebuie să crească în aceeași măsură? Cum explicați aceasta?
- Când curentul de sarcină crește, ce se întâmplă cu curentul prin dioda stabilizatoare? Explicați.
- De ce tensiunea de ieșire a stabilizatorului scade când se folosește rezistența de sarcină de 180  $\Omega$ ? La ce valoare trebuie schimbată rezistența serie  $R_S$  pentru asigurarea stabilizării? Poate fi folositoare o diodă de 500 mA pentru această mărime a curentului de sarcină? De ce?

## MONTAJUL EXPERIMENTAL

Schema electrică a montajului experimental folosit este prezentată în fig. 6. Desenul respectă dispunerea pieselor în montaj. Circuitul este realizat pe cablaj imprimat, traseele de pe partea placată fiind prezentate în desen cu linii. Cu ajutorul cerculețelor s-au prezentat punctele în care se realizează conexiunile exterioare. În desen se specifică polaritățile de conectare ale sursei de alimentare și a instrumentelor de măsurare.

Selectarea diodei stabilizatoare se face din comutatorul  $S_1$  astfel: pe poziția **1**, dioda de 6,2 V; pe poziția **2**, dioda de 12 V și pe poziția **3**, dioda de 8,2 V. Rezistența de sarcină este selectată cu ajutorul comutatorului  $S_2$ , după cum urmează: poziția **1** - 1 k $\Omega$ ; poziția **2** - 470  $\Omega$ ; poziția **3** - 330  $\Omega$ ; poziția **4** - 180  $\Omega$ . Rezistența de încălzire pentru studiul regimului termic se conectează la secțiunea de 5 V a sursei de alimentare.

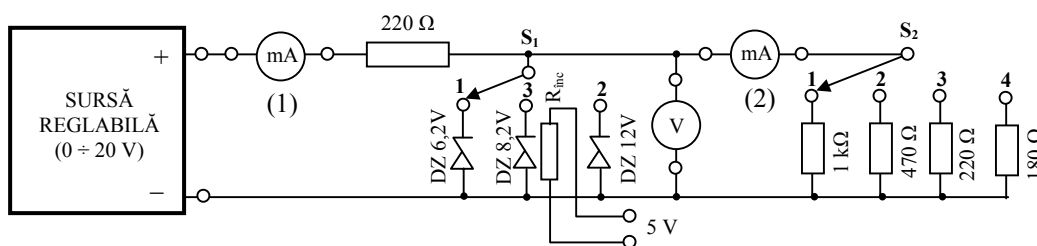



Fig. 6 Montajul experimental

În fig. 7 se prezintă schema de cablare a montajului experimental. Partea conductoare (cupru) de pe fața placată a circuitului este reprezentată prin zone colorate în gri. Cu ajutorul simbolului  se identifică bornele de conectare ale sursei de alimentare, ale aparatelor de măsurare și comutatoarelor pentru diode stabilizatoare și rezistențe. La aceste borne legăturile se realizează cu fire prevăzute cu conectoare speciale. Vederea este dinspre partea cu piese (plantată).

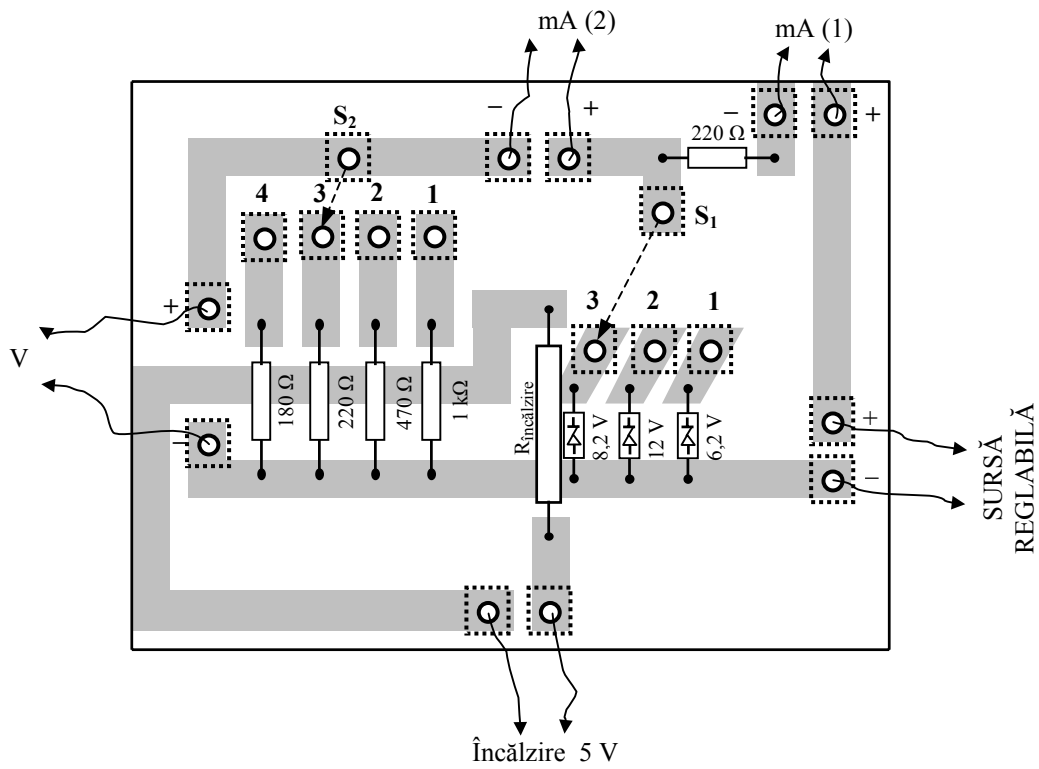


Fig. 7 Montajul experimental - shema de cablare