

Lucrarea Nr. 10

Stabilizatoare de tensiune

Scopul lucrării

- studiul funcționării diferitelor tipuri de stabilizatoare de tensiune;
- determinarea parametrilor de calitate ai stabilizatoarelor analizate;

1. Generalități

Stabilizatorul de tensiune este un circuit care se interpune între redresor și sarcină, având rolul de a menține constantă tensiunea la bornele sarcinii, într-un anumit domeniu de variație a tensiunii de alimentare, curentului prin sarcină și temperaturii. Ansamblul redresor-stabilizator constituie o sursă de alimentare stabilizată.

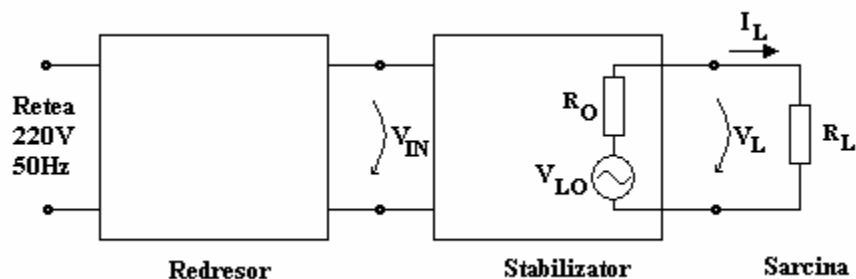


Figura 1. Schema bloc a unei surse de alimentare stabilizată

2. Parametri de calitate ai stabilizatoarelor

Tensiunea la ieșirea stabilizatorului (V_L) depinde de tensiunea de intrare (V_{IN}), curentul prin sarcină (I_L) și temperatură (T). Pentru variații restrânse ale acestor mărimi se poate face aproximația liniară,

$$\Delta V_L = \frac{1}{S_V} (\Delta V_{IN}) - R_O (\Delta I_L) + S_T (\Delta T)$$

în care intervin principalii parametri ai stabilizatorului. Aceștia pot fi determinați practic ca raporte de creșteri finite, în condițiile lor de definiție:

- S_V – coeficientul de stabilizare, $S_V = \left. \frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_L} \right|_{I_L, T = const}$;

- R_O – rezistența de ieșire, $R_O = -\frac{\Delta V_L}{\Delta I_L} \Big|_{V_{IN}, T=const}$
- S_T – coeficientul de sensibilitate la temperatură, $S_T = \frac{\Delta V_L}{\Delta T} \Big|_{V_{IN}, T=const}$

Uneori coeficientul de stabilizare SV se definește în condițiile: $R_L, T=const$. Coeficientul respectiv este puțin diferit ca valoare față de cel definit mai sus dar se măsoară mai ușor.

Un alt parametru important al stabilizatorilor este raportul dintre variațiile relative ale tensiunilor de intrare și ieșire, în condițiile de definiție ale SV, numit factor de stabilizare:

$$F_a = \frac{\Delta V_{IN} / V_{IN}}{\Delta V_L / V_L} = S_V \left(\frac{V_L}{V_{IN}} \right)$$

Stabilizatoarele de tensiune continuă se clasifică în:

- Stabilizatoare parametrice, bazate pe dispozitive ce au tensiunea la borne constantă, indiferent de valoarea curentului ce le străbate;
- Stabilizatoare cu reacție negativă care, la rândul lor, pot fi cu amplificator de eroare sau fără amplificator de eroare; fiecare dintre acestea pot fi cu element de reglaj serie sau cu element de reglaj paralel;
- Stabilizatoare în comutație;

3. Stabilizator parametric cu DZ și resistor de balast

Schema de principiu este reprezentată în Figura 2:

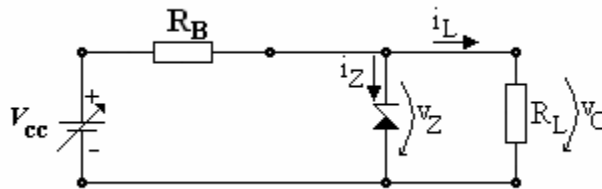


Figura 2

Pentru DZ acceptăm modelul din Figura 3a care este echivalentul modelului din Figura 3b:

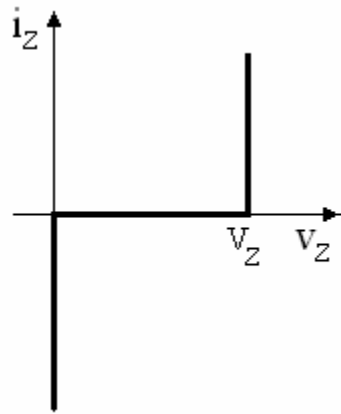


Figura 3a

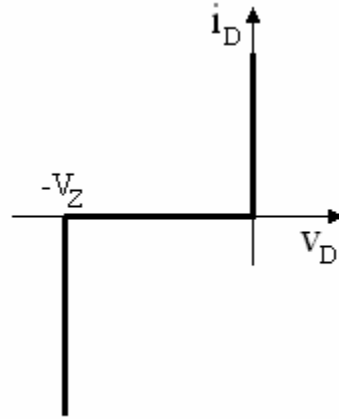


Figura 3b

Să observăm că, acceptând referințele din Figura 2 pentru mărimile i_Z și v_Z , avem:

- pentru $0 \leq v_Z \leq V_Z$ curentul prin DZ este nul (contact deschis);
- pentru $i_Z > 0$ rezultă $v_Z = V_Z = \text{ct}$ ($\forall i_Z > 0$)

Ne propunem să trasăm grafic caracteristica de transfer direct $v_O = v_O(v_I)$ cu v_I reglabil din sursa de tensiune continuă V_{CC} , $0 < v_I < 20V$, și V_Z dată de catalog, $V_Z < 20V = (V_{CC})_{\text{max}}$.

La tensiuni $v_I < V_Z$, DZ are $i_Z = 0$ (contact deschis) și circuitul devine ca în Figura 4:

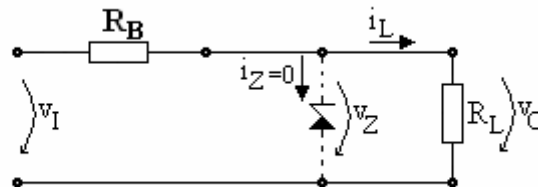


Figura 4

Rezultată din Figura 4:

$$\begin{cases} v_O = \frac{R_L}{R_L + R_B} v_I \\ v_Z = v_O \\ i_L = \frac{v_I}{R_L + R_B} \end{cases}$$

Relațiile de mai sus arată că pentru $0 < v_I < (1 + \frac{R_B}{R_L})V_Z$ funcția de transfer $v_O(v_I)$ este o dreaptă cu panta $\frac{R_L}{R_L + R_B}$.

La creșterea tensiunii de intrare, atunci când v_Z devine $v_Z=V_Z$ (din relația $v_Z = v_O$ este necesar ca $v_I = (1 + \frac{R_B}{R_L})V_Z$), dioda DZ intră în regim de străpungere și se comportă ca o sursă ideală de tensiune de valoare $V_Z=ct$.

Pentru $v_I \geq (1 + \frac{R_B}{R_L})V_Z$ circuitul echivalent va fi ca în Figura 5:

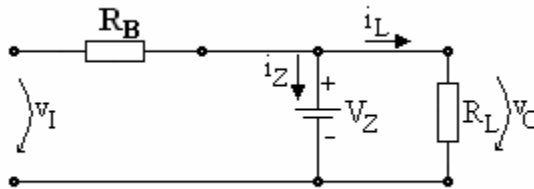


Figura 5

Rezultă:

$$\begin{cases} v_O = V_Z = ct \\ i_L = \frac{v_O}{R_L} = \frac{V_Z}{R_L} \\ i_I = \frac{v_I - V_Z}{R_B} = i_Z + \frac{V_Z}{R_L} \end{cases}$$

Relațiile de mai sus arată că:

-circuitul stabilizează tensiunea v_O ;

-Dacă $R_L=ct$ și v_I crește, rezultă creșterea curentului prin DZ .

Orice DZ reală poate funcționa până la o valoare $i_Z \leq I_{ZM}$. Din acest motiv v_I nu poate crește oricât ci numai până la:

$$i_z \leq I_{ZM} \Rightarrow v_I \leq \left(1 + \frac{R_B}{R_L}\right)V_Z + R_B I_{ZM}$$

Relațiile deduse conduc la graficul din Figura 6:

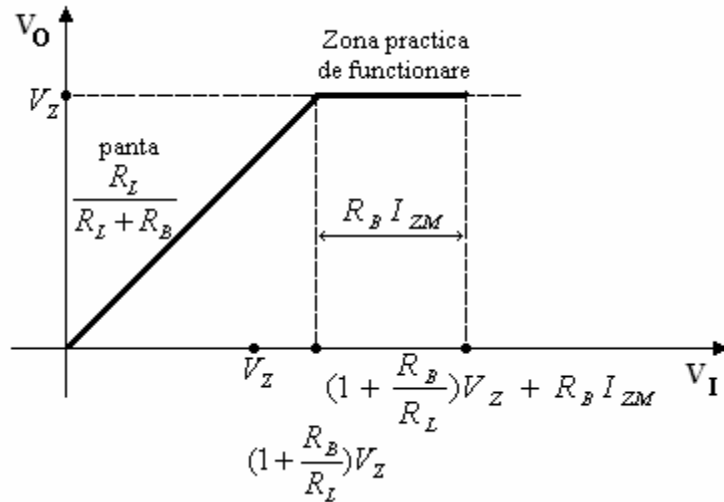


Figura 6

Modul de lucru

-Se realizează circuitul din Figura 2 cu DZ 9V1 ($I_{ZM} \approx 30\text{mA}$) ($V_{CC})_{\text{max}} = 20\text{V}$, $R_B = 180\Omega$ și $R_L = 540\Omega$.

-Se modifică tensiunea din intrare între 0 și 20V spre a se trasa grafic caracteristica $v_O = v_O(v_I)$. Se determină pe caracteristică zona de stabilizare și se compară cu Figura 6.

4. Stabilizator serie, cu reacție, fără amplificator de eroare

Circuitul pentru surdiiul experimental este prezentat în figura următoare:

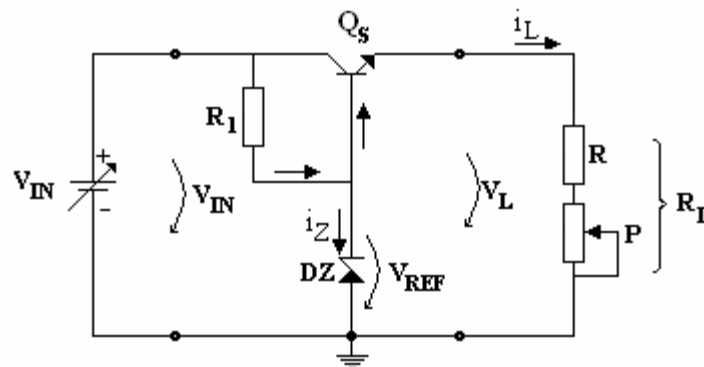


Figura 7. Stabilizator serie, cu reacție, fără amplificator de eroare

Stabilizatorul propriuzis constă din stabilizatorul parametric R_1 , DZ care furnizează tensiunea de referință V_{REF} , ce se aplică pe baza tranzistorului de control serie Q_S . Sarcina este formată din rezistorul R , ce limitează valoarea maximă a curentului I_L , și potențiometrul P , cu ajutorul caruia se poate varia curentul furnizat de stabilizator. Tranzistorul de control Q_S este conectat serie cu sursa de tensiune și sarcina, în conexiune de repetor pe emitor.

$$V_L = V_{REF} - V_{BE} \cong V_Z - V_D$$

Funcționarea circuitului este următoarea: diferența dintre tensiunea de referință și tensiunea de sarcină (eroarea de tensiune) este aplicată pe baza tranzistorului de reglaj serie Q_S , acționând în sensul anulării erorii (reacție negativă).

Modul de lucru

- se aplică $V_{IN}=12[V]$ și se verifică calitativ funcționarea circuitului la modificarea poziției cursorului P (curentul I_L variază iar tensiunea V_L se menține aproximativ constantă);
- Pentru $V_{IN}=12[V]$, reglați din P curentul prin sarcină la valoarea de $20[mA]$. Determinați apoi caracteristica $V_L(V_{IN})$ la R_L constant, cu pas de $1[V]$, în intervalul $V_{IN}=0 \dots 20[V]$. Reprezentați grafic caracteristica determinată experimental și determinați domeniul în care stabilizatorul funcționează normal. Explicați alura caracteristicii și marcați punctul corespunzător deschiderii DZ.
- Din graficul trasat anterior determinați coeficientul de stabilizare S_V , folosind două puncte cât mai distanțate din domeniul de stabilizare.
- Pentru $V_{IN}=12[V]$, determinați două puncte de pe caracteristica de sarcină $V_L(I_L)$ corespunzătoare pozițiilor extreme ale potențiometrului. Reprezentați grafic caracteristica de sarcină și determinați rezistența de ieșire a stabilizatorului.

4. Stabilizator serie, cu reacție și amplificator de eroare

Circuitul pentru surdii experimental este prezentat în figura următoare:

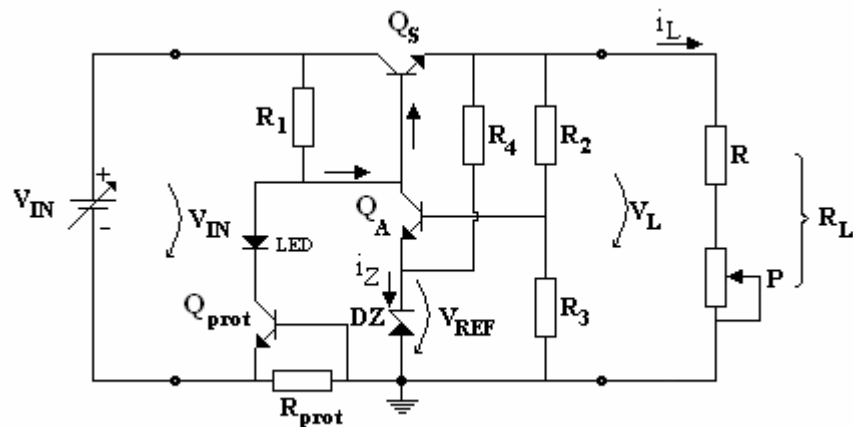


Figura 8. Stabilizator serie, cu reacție și amplificator de eroare

În funcționarea normală, căderea de tensiune pe rezistența R_{prot} este mai mică decât tensiunea de deschidere V_D a tranzistorului, încât acesta este blocat și nu intervine în funcționarea circuitului.

Tensiunea de referință este furnizată de stabilizatorul parametric R_4, DZ , conectat la tensiunea de ieșire (stabilizată).

În această schemă tensiunea V_{REF} este comparată cu un eșantion al tensiunii de ieșire, $[R_3/(R_2+R_3)]V_L$, iar eroarea este aplicată la intrarea tranzistorului amplificator Q_A . Din colectorul tranzistorului Q_A , eroarea amplificată se aplică pe baza tranzistorului de control serie Q_S și acționează în sensul anulării erorii (reacție negativă). În regim normal se pot scrie relațiile:

$$\frac{R_3}{R_2 + R_3} V_L = V_{REF} + V_{BE}(Q_A) \Rightarrow V_L = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) (V_{REF} + V_{BE}(Q_A))$$

Tranzistorul Q_{prot} asigură protecția stabilizatorului la supracurent. Când curentul prin

sarcină depășește valoarea $I_{Lmax} = \frac{V_D}{R_{prot}}$, tranzistorul Q_{prot} se deschide și canalizează

curentul I_I spre minusul sursei de alimentare, scade curentul prin baza Q_S , curentul prin sarcină I_L și deci tensiunea pe sarcină.

Modul de lucru

- se reiau pașii de la punctul anterior;
- se verifică funcționarea circuitului de protecție și se determină: curentul I_{Lmax} la care protecția intră în acțiune și tensiunea V_{BE} la tranzistorul Q_{prot} ;