



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



Platformă de e-learning și curriculum e-content pentru învățământul superior tehnic

Elemente de Electronică Analogică

34. Protecții

PROTECȚIA STABILIZATOARELOR CU ELEMENT DE REGLAJ SERIE

În funcționarea echipamentelor electronice sunt situații în care pot apărea regimuri de suprasarcină, supracurenți sau supratensiuni cu efecte care conduc la defectarea sarcinilor sau a sistemelor de alimentare. În continuare vor fi analizate cele mai importante fenomene care pot apărea și cele mai eficiente metode de prevenire, cu referire în principal la metodele care sunt aplicate la stabilizoare, implementate atât cu componente discrete cât și în structură integrată. În general nu vor fi prezentate metodele în care dispozitivele de protecție au o acțiune lentă sau au o fiabilitate mică. Evident, nu se iau în discuție nici metodele neeconomice (prioectare supradimensionată sau care disipă energie termică). Principalele cauze care produc situațiile specificate țin de operarea greșită a echipamentelor, defectarea unor componente, fenomene aleatoare.

PROTECȚIA TERMICĂ A STABILIZATOARELOR

Metodele de protecție termică a stabilizatoarelor (metoda de protecție termică este specifică stabilizatoarelor realizate în structură integrată), se bazează în principiu pe variația parametrilor unui tranzistor în funcție de temperatură. Principalii parametri care au o variație importantă cu temperatura sunt:

- I_{CB0} , are o variație exponențială și este mai mare la tranzistoarele cu Ge;
- tensiunea U_{BE} , valoarea sa se diminuează în funcție de temperatură variația fiind mai mare la tranzistoarele cu siliciu;
- factorul de curent β_0 .

Variația acestor parametri cu temperatura are drept consecință deplasarea în sus, pe caracteristică a punctului static de funcționare. Unul dintre principiile de protecție termică (comandă directă asupra elementului de reglare), care se aplică la stabilizoare este prezentat în figura (1.51).

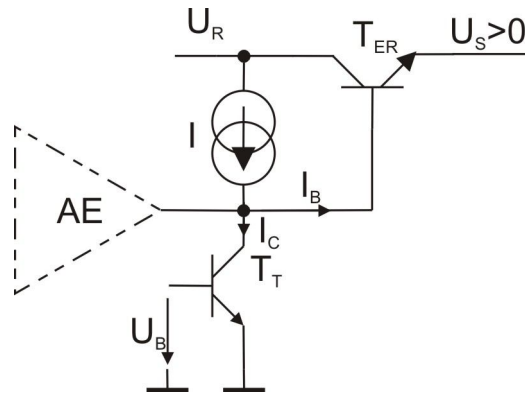


Fig.1.51. Schemă de principiu a protecției termice la stabilizatoare

Funcția de senzor este îndeplinită de tranzistorul T_T plasat (pe integrat) în vecinătatea tranzistorului T_{ER} , care îndeplinește funcția de element de reglare (principala sursă de caldură). Baza tranzistorului T_T este prepolarizată la o tensiune de circa: $U_B = (300-400)\text{mV}$. La temperatura camerei ($T=25^\circ\text{C}$) curentul de colector al acestui tranzistor este de circa 4 ordine de mărime mai mic decât curentul I debitat de generatorul de curent. În această situație se poate afirma că tranzistorul T_T este practic blocat. Considerând mărimile I și U_B independente de temperatură curentul I_B de polarizare a bazei tranzistorului T_{ER} scade odată cu creșterea temperaturii după o lege de tip exponențial:

$$I_B^{T_{ER}} = I - I_{C(25^\circ\text{C})}^{T_{ER}} a T^{n-4} e^{-b/T} \quad (1.155)$$

unde: a , b , n sunt constante care depind de factori tehnologici ai tranzistorului T_T (material, geometria sa, tipul procesului tehnologic prin care a fost realizat, etc.).

În momentul în care temperatura joncțiunii atinge valoarea maximă admisibilă ($150 - 200$) $^\circ\text{C}$ curentul I_B devine suficient de mic pentru a bloca tranzistorul T_{ER} . Introducerea unui histerezis elimină oscilațiile în jurul temperaturii maxime admisibile. Cea mai simplă metodă de introducere a histerezisului constă

în creșterea tensiunii U_B cu câteva zeci de mV în momentul blocării tranzistorului T_{ER} . Tranzistorul serie va rămâne blocat până la scăderea temperaturii cu circa (30– 40) °C sub valoarea maximă admisă.

PROTECTIA STABILIZATOARELOR LA SUPRACURRENT SAU SUPRASARCINĂ

Protecția stabilizatorului la scurtcircuit la ieșire sau la suprasarcină se realizează prin limitarea curentului de ieșire. Unele scheme de protecție la supracurent intră în funcțiune atunci când curentul de sarcină depășește o anumită valoare limită, iar ulterior reduc tensiunea pe sarcină menținând curentul la valoarea limită menționată. Altele intră în funcțiune, de asemenea, când se depășește valoarea limită a curentului prin sarcină, dar ulterior reduc atât tensiunea pe sarcină cât și curentul prin sarcină, realizând în felul acesta și o protecție la puterea disipată a elementului de reglaj.

Cea mai simplă metodă de protecție se bazează pe utilizarea unor elemente semiconductoare (diode sau tranzistoare) care limitează curentul prin elementul de reglare. O schemă care utilizează diode este prezentată în figura (1.52). Valoarea rezistenței de scurtcircuit se alege: $R_{SC} \cong (0,02 - 0,05) R_{Smin}$.

Câtă vreme curentul prin tranzistorul de reglaj are o valoare scăzută, diodele D_1 și D_2 sunt blocate. La o anumită valoare limită a curentului de sarcină diodele se deschid fiind îndeplinită relația (1.156).

$$U_{BE} + R_{SC} I_{SC} = 2U_D \quad (1.156)$$

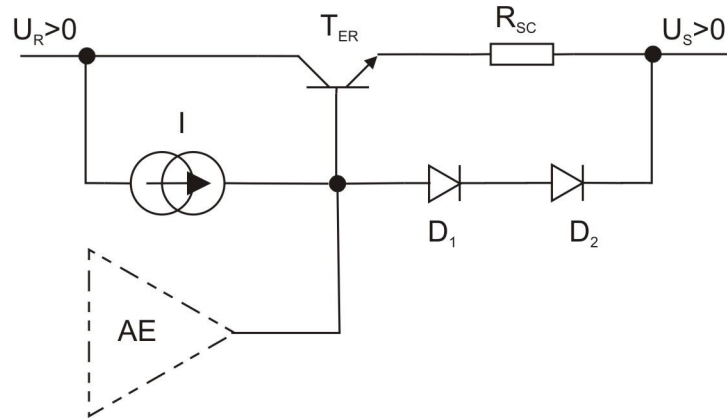


Fig.1.52. Schemă de principiu a protecției la supracurent la stabilizatoare
(variantă realizată cu diode)

Curentul de scurtcircuit este limitat la valoare dată de relația (1.157).

$$I_{SC} = \frac{2U_D - U_{BE}}{R_{SC}} \cong \frac{U_D}{R_{SC}} \quad (1.157)$$

Caracteristica externă a unui stabilizator protejat prin limitarea curentului prezintă aspectul din figura (1.53).

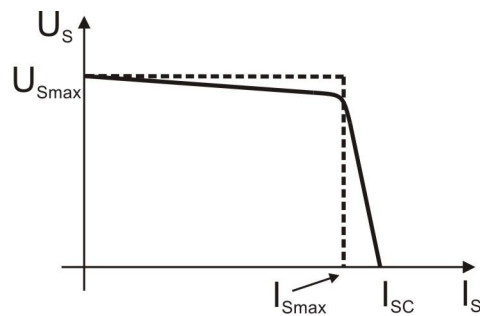


Fig.1.53. Caracteristica externă tipică a unui stabilizator prevăzut cu circuit de protecție
prin limitarea curentului

O schemă care utilizează, în locul diodelor, un tranzistor de protecție, T_p , este prezentată în figura (1.54).

La nivele mici și medii ale curentului de sarcină căderea de tensiune pe rezistența de scurtcircuit este redusă astfel că tranzistorul T_p este blocat. Creșterea curentului de sarcină va determina creșterea tensiunii U_{BE} a tranzistorului, care se va deschide la $U_{BE} = (0,6 - 0,7)V$. În această situație, o parte a curentului de polarizare a bazei tranzistorului serie T_{ER} va fi preluată de colectorul tranzistorului T_p și, în consecință, curentul de sarcină se va limita la valoarea sa maximă (relația 1.158), care a comandat deschiderea tranzistorului de protecție.

$$I_{SC} = \frac{U_{BE}}{R_{SC}} \quad (1.158)$$

Modul de conectare a tranzistorului de sesizare a curentului de sarcină prezintă o serie de dezavantaje:

- rezistența de scurtcircuit, pentru limitări ale curentului la valoarea de 100mA, prezintă valori de $(6 - 7)\Omega$. Acest fapt conduce la mărirea nejustificată a impedanței de ieșire la stabilizatoarele fără reacție și la diminuarea stabilizării de sarcină;
- mărirea diferenței de tensiune minimă intrare–ieșire necesară cu U_{BE} ;
- puterea disipată de elementul de reglare este mare (relația 1.159).

$$P_d^{T_{ER}} \cong (U_R - U_S)I_{SC} \quad (1.159)$$

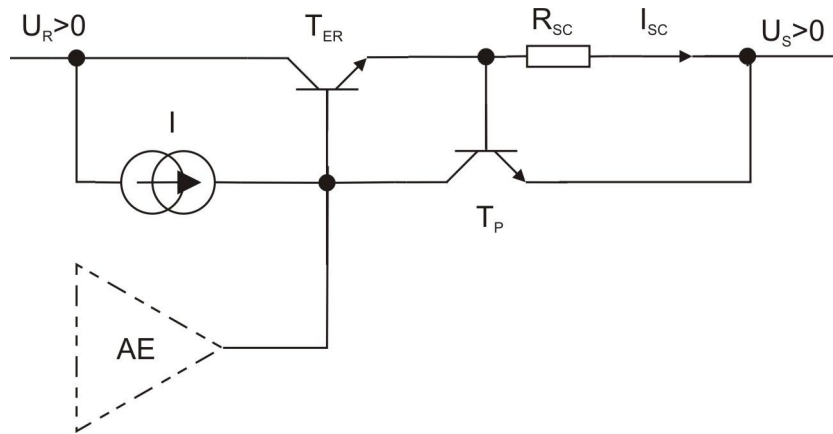


Fig.1.54. Schemă de principiu a protecției la supracurent la stabilizatoare
(variantă realizată cu tranzistor de mică putere)

PROTECTIA STABILIZATOARELOR LA SUPRACURRENT ȘI LA PUTERE DISIPATĂ

O schemă de protecție la supracurent și putere disipată este prezentată în figura (1.56), caracteristica de ieșire a stabilizatorului având forma descrisă în figura (1.55). Se remarcă faptul că puterea disipată pe elementul de reglaj este constantă (dacă $U_{S_{max}}$ scade, atunci tensiunea pe elementul de reglaj $U_R - U_{S_{max}}$ crește, ceea ce conduce la diminuare curentului de sarcină maxim $I_{S_{max}}$).

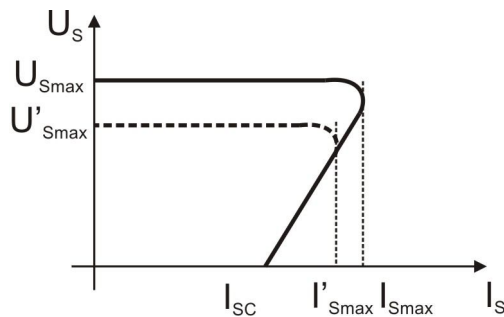


Fig.1.55. Caracteristica externă a unui stabilizator prevăzut cu circuit de protecție

la supracurent și putere disipată

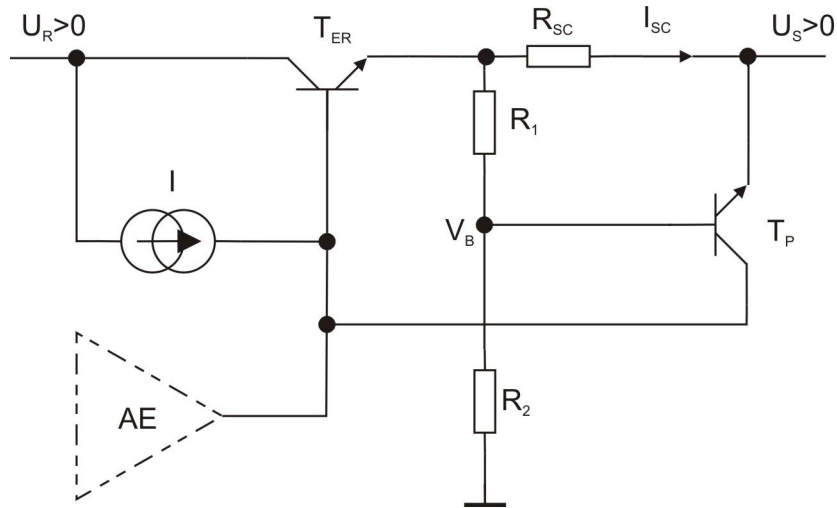


Fig.1.56. Schema de principiu a unui circuit de protecție la supracurent și putere disipată

Din analiza schemei de protecție se pot deduce relațiile (1.160) și (1.161).

$$U_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (R_{SC} I_{SC} + U_S) \quad (1.160)$$

$$U_{BE}^{T_P} = U_B - U_S \quad (1.161)$$

Din relațiile (1.160) și (1.161) se deduc: expresia curentului maxim și a curentului de scurtcircuit:

$$I_{S_{max}} = \frac{U_S}{R_{SC}} \left(\frac{R_1}{R_2} \right) + \frac{U_{BE}}{R_{SC}} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (1.162)$$

$$I_{SC} = \frac{U_{BE}}{R_{SC}} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (1.163)$$

Se remarcă faptul că: $I_{SC} < I_{S_{max}}$. La stabilizatoarele de tensiune, implementate în structură integrată, dezavantajele generate de valoarea ridicată a rezistenței de scurtcircuit sunt atenuate prin reducerea căderii de tensiune, de pe aceasta, necesară deschiderii tranzistorului T_p . În figurile (1.57) și (1.58) sunt prezentate două soluții.

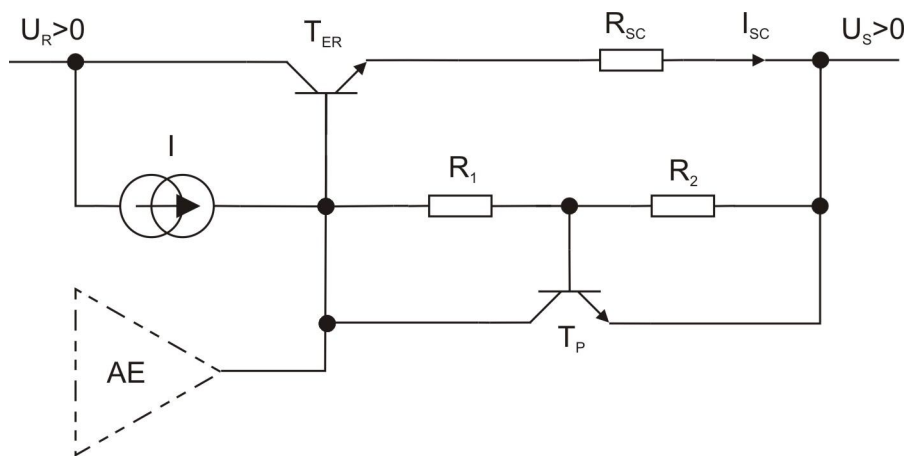


Fig.1.57. Schema de principiu a unui circuit de protecție la supracurent și putere disipată

(varianta a)

În condiții de curent de sarcină redus, prin divizorul rezistiv R_1 , R_2 se prepolarizează joncțiunea bază – emitor a tranzistorului T_p la o valoare de 0,4V. Astfel căderea de tensiune pe rezistența R_{SC} necesară deschiderii tranzistorului de protecție se reduce la 0,3V.

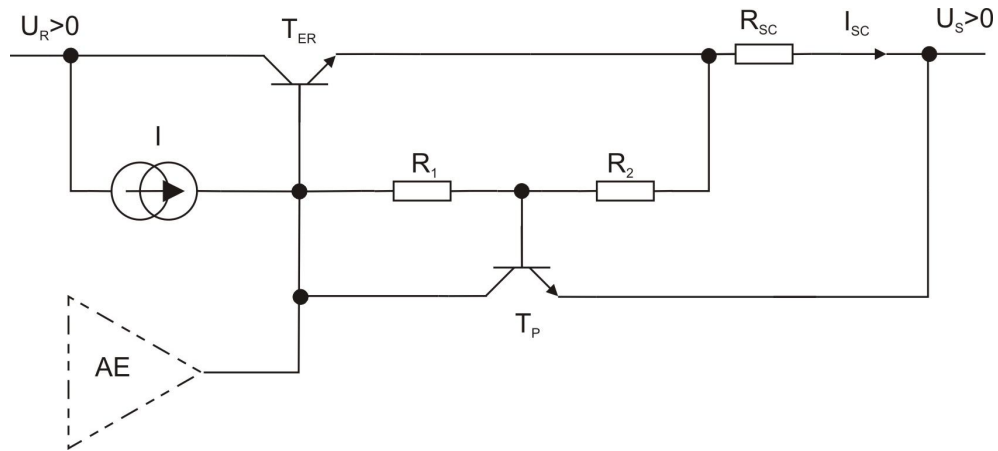


Fig.1.58. Schema de principiu a unui circuit de protecție la supracurent și putere disipată
(varianta b)

Pentru schema din figura (1.57), expresia curentului maxim de ieșire este descrisă de relația (1.164), respectiv pentru schema din figura (1.58) de relația (1.165).

$$I_{S_{max}} = \frac{1}{R_{SC}} \left[\left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U_{BE}^{T_P} - U_{BE}^{T_{ER}} \right] \quad (1.164)$$

$$I_{S_{max}} = \frac{1}{R_{SC}} \left(U_{BE}^{T_P} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{BE}^{T_{ER}} \right) \quad (1.165)$$