

primul într-o tensiune continuă egală cu cea aplicată în continuare pe  $H_2$ . Această tensiune continuă este apoi chopată cu 85 Hz și prin comutatorul de intrare se aplică la  $H_1$ , în locul tensiunii alternative. Acum conținutul celui de-al doilea DAC se modifică până se obține din nou echilibrul. După un timp total de 10 s rezultatul final se citește în registrul celui de-al doilea DAC de 20 biți.

Voltmetrul astfel construit are domeniile de 2, 12, 60 și 120 V, o rezoluție de 1 ppm și o eroare de  $\pm 15$  ppm pe primele două domenii și de  $\pm 25$  ppm pe ultimele două.

## 7.4. COMPARATOARE C.A.-C.C. CU JONCTIUNI SEMICONDUCTOARE

Unele limitări în ceea ce privește utilizarea termoconvertoarelor cu termocuplu (prezența efectelor termoelectrice, timpul mare de măsurare, probabilitatea de a arde firul încălzitor la o suprasarcină) determină cercetări privind găsirea altor posibilități în transferul de mare precizie c.a.-c.c.

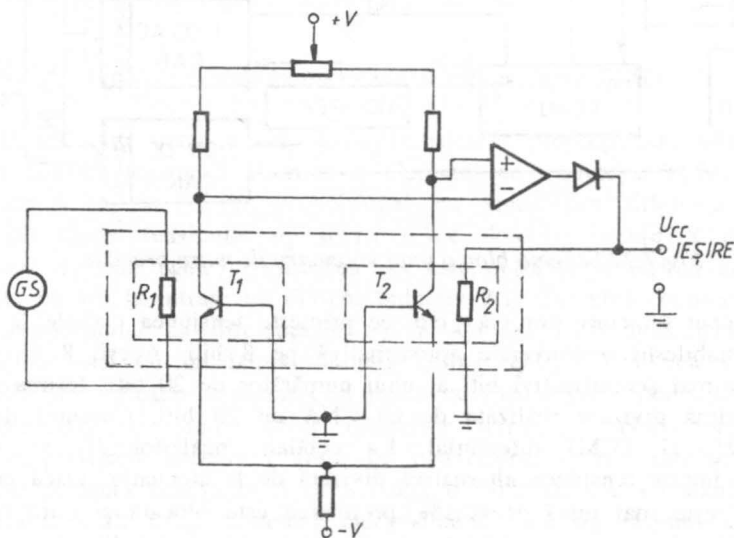


Fig. 7.28. Conversor c.a.-c.c. ce folosește  $U_{BE} = f(T)$ .

Traductorul de valoare efectivă conținut în voltmetrul Fluke 8506 A (voltmetru ce acoperă un domeniu de măsură între 6,25 mV și 600 V cu frecvențe cuprinse între 40 Hz și 20 kHz și cu o eroare de măsurare de 25 ppm pentru o citire la 6 secunde) constă dintr-un circuit integrat în care se găsesc două dispozitive tranzistor- rezistență bine izolate termic. Pentru a se mări rezistența termică cele două pastile semiconductoare (pe fiecare pastilă se găsesc realizate prin tehnica circuitelor integrate câte un tranzistor cuplat termic l. o rezistență) sunt suspendate, fiind susținute doar prin firele de legătură. În plus capsula este vidată și astfel se asigură o

rezistență termică mai mare decât 8400 C/W. Traductorul este introdus într-o schemă de compensare ca cea arătată în figura 7.28. El asigură o liniaritate de transfer de 0,3%. Tensiunea de c.a. de intrare încălzește rezistența  $R_1$  iar creșterea cu temperatura rezultată va modifica tensiunea bază-emitor a tranzistorului  $T_1$ . Amplificatorul  $A_1$  va sesiza diferența tensiunilor de colector a celor două tranzistoare și va căuta să o reducă prin furnizarea unei tensiuni continue de ieșire, tensiune ce încălzește corespunzător rezistența  $R_2$  cuplată termic cu  $T_2$ .

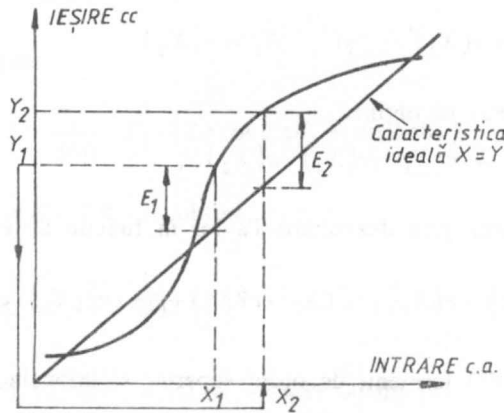


Fig.7.29.Principiul tehnicii recirculării

Utilizând o tehnică de corectare a erorii numită tehnica recirculării, erorile de transfer scad de la 0,3% la 21 ppm. Tehnica recirculării elimină neliniaritățile de conversie și constă din următorii pași:

1 - cu tensiunea alternativă de valoare  $X_1$  aplicată convertorului, se obține o tensiune continuă la ieșire  $Y_1$ ,

2 - se îndepărtează tensiunea alternativă de la intrare. În locul ei se aduce tensiunea continuă  $Y_1$ . La ieșirea convertorului se obține acum tensiunea continuă  $Y_2$ ,

3 - prin calcul se obține tensiunea de intrare  $X$ .

Figura 7.29 arată caracteristica ideală și reală a convertorului precum și pașii parcurși în tehnica de liniarizare. Rezultă:

$$\begin{aligned} Y_1 &= X_1 + E_1, \\ Y_2 &= X_2 + E_2, \\ X_2 &= Y_1, \end{aligned} \quad (7.81)$$

$$X = 2 \cdot Y_1 - Y_2 = 2(X_1 + E_1) - (X_2 + E_2) = 2(X_1 + E_1) - (X_1 + E_1 + E_2) = X_1 + (E_1 - E_2). \quad (7.82)$$

Relația (7.82) arată că erorile datorate caracteristicii neliniare se scad.

Neliniaritatea convertorului este relativ mică = 0,3% - și deci erorile  $E_1$  și  $E_2$  sunt aproximativ egale. (Cele două puncte sunt foarte apropiate pe caracteristica reală.)

Tehnica recirculării poate fi aplicată dacă sistemul îndeplinește cerințele :

1 - Sistemul are posibilitatea de a reproduce tensiunea de ieșire la intrare cu o precizie mai bună decât cea care se dorește a fi obținută în final.

2 - Eroarea primară a traductorului trebuie să fie mică. Dependența de variația erorii de-a lungul caracteristicii poate fi pusă în evidență prin următorul calcul:

Fie:

$$E_1 = e(X_1) \quad \text{și} \quad E_2 = e(X_2) \quad . \quad (7.83)$$

Înlocuind în (7.82) se obține:

$$X = X_1 + e(X_1) - e(X_2) \quad , \quad (7.84)$$

dar  $e(X_2)$  se poate exprima prin dezvoltare Taylor în funcție de  $e(X_1)$  :

$$e(X_2) = e[X_1 + e(X_1)] = e(X_1) - e'(X_1) \cdot e(X_1) + \frac{1}{2!} \cdot e''(X_1) \cdot e^2(X_1) \dots \quad (7.85)$$

Neglijând în (7.85) termenii de ordin superior și înlocuind în (7.84) se obține:

$$X = X_1 - e'(X_1) \cdot e(X_1) \quad , \quad (7.86)$$

din care se poate găsi expresia erorii relative:

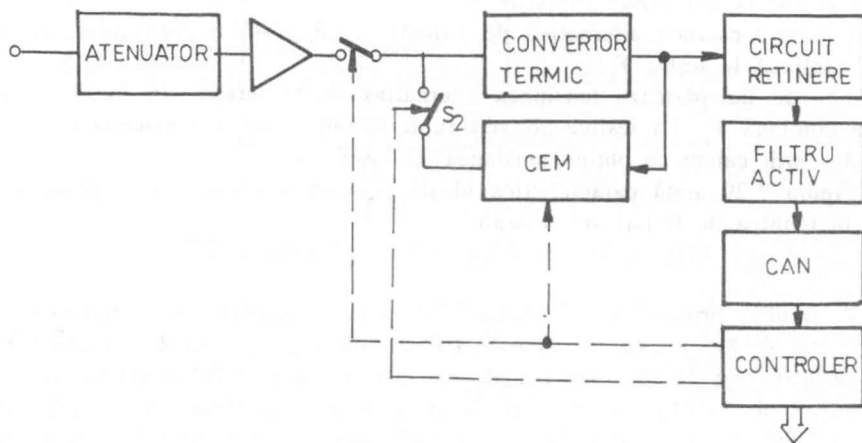


Fig. 7.30. Schema bloc a tehnicii de recirculării

$$\frac{X}{X_1} = 1 - \frac{e'(X_1) \cdot e(X_1)}{X_1} \quad (7.87)$$

Presupunând că semnalul de la intrare este sinusoidal se poate scrie:

$$\frac{e(X_1)}{X_1} = \frac{0,3}{100} \cdot \sin 2\pi X_1 \quad (7.88)$$

și prin derivare se obține :

$$e'(X_1) = \frac{0,3}{100} \cdot X_1 \cdot (2\pi \cos 2\pi X_1 + \sin 2\pi X_1). \quad (7.89)$$

Înlocuind în relația 7.87 se obține :

$$\frac{X}{X_1} = 1 - \left(\frac{0,3}{100}\right)^2 \cdot \sin 2\pi X_1 \cdot (2\pi X_1 \cdot \cos 2\pi X_1 + \sin 2\pi X_1) \quad (7.90)$$

Considerând că valoarea maximă a erorii apare pentru  $X_1 = 7/8$  din domeniu, eroarea de conversie se reduce de la 0,3% la 21 ppm.

Schema de principiu pentru realizarea recirculării este dată în figura (7.30). Blocul CONTROLER a fost implementat prin logică cablată. Blocul ATENUATOR realizează o impedanță de intrare de 1 MΩ pentru toate domeniile de măsură.

## 7.5. COMPARATOARE C.A.-C.C. CU GAZ

În dorința înlocuirii convertoarelor termice cu termocuplu, o variantă ce asigură independența de efectele Thomson și Peltier precum și o reducere însemnată a influenței efectelor skin și de proximitate este convertorul termic cu gaz. Precizia de transfer anunțată este mai mică decât  $2,5 \cdot 10^{-9}$  pentru frecvențe între curent continuu și 70 kHz, mai mică de 0,01 ppm pentru frecvențe până la 90 kHz și de 0,1 ppm la frecvența de 110 kHz.

Principial, noul tip de convertor constă dintr-un bulb cu gaz ce este încălzit din exterior de o rezistență construită dintr-un fir plat, subțire și înfășurat în mai multe straturi (fig. 7.31). Firul este din constantan de 0,1/37 mm și suportă un curent de 1 A.

Prin adoptarea, în locul conductorului circular subțire, a unui conductor plat subțire cu o grosime mai mică decât adâncimea de pătrundere (1 mm la 100 kHz), dar cu o secțiune transversală mare, este posibil să se reducă efectul skin și să se