

LUCRARE DE LABORATOR LAB-06

CONVERTOARE CURENT-TENSIUNE

Autor: Conf.dr.ing. Constantin Harja

1. SCOPUL LUCRĂRII

Scopul prezentei lucrări de laborator este studierea și testarea convertoarelor curent-tensiune. Lucrarea prezintă aspecte referitoare la utilizarea, caracteristicile, principiile de funcționare, proiectarea și realizarea convertoarelor curent-tensiune. Pentru experimentare este prezentat un convertor curent-tensiune care permite măsurarea curentului într-un punct de potențial flotant, fără a introduce rezistență serie suplimentară în circuitul de măsurare.

2. GENERALITĂȚI

Sesizarea, măsurarea sau prelucrarea prin mijloace electronice a unui semnal sub formă de curent electric presupune de cele mai multe ori conversiunea curent-tensiune. Această situație apare fiindcă tensiunea este mărimea care se pretează cel mai simplu la majoritatea prelucrărilor cunoscute care trebuie efectuate asupra unui semnal electric, fiind mărimea convertibilă cel mai simplu și direct sub formă numerică.

Ca urmare, convertoarele curent-tensiune au o utilizare largă în structura aparatelor de măsurare și control, care le situează în rândul blocurilor de bază, alături de amplificatoare, multiplicatoare, circuite de eșantionare-memorare, convertoare tensiune-curent, analog-numerice sau numeric-analogice, etc.

Cel mai simplu convertor curent-tensiune este o rezistență cuadripolară, numită *șunt* atunci când este utilizată la măsurarea curentului. Convertorul cu ajutorul căruia este sesizată căderea de tensiune pe șunt trebuie să aibă o rezistență de intrare mult mai mare decât cea a șuntului, pentru a nu introduce erori inacceptabile. Șuntul construit sub formă de rezistență cuadripolară reclamă utilizarea unui amplificator diferențial, indiferent dacă șuntul este conectat la masa sau este situat la un potențial flotant.

În cazul măsurării curenților mici cu precizii moderate se poate utiliza și o rezistență în conexiune dipolară, care în cazul în care este conectată cu o bornă la masă

nu necesită amplificator diferențial, fiind suficient un amplificator cu o singură intrare (cealaltă fiind masa).

Introducerea șuntului în circuitul de măsurare produce o eroare sistematică de metodă, fiindcă schimbă rezistența totală a circuitului, deci și valoarea curentului.

În cazul prelucrării curenților de valoare redusă, care nu depășesc curenții de ieșire ai amplificatoarelor operaționale, este posibil ca șuntul să fie plasat în rețeaua de reacție a unui amplificator operațional, situație în care curentul prin circuit nu mai este influențat de prezența șuntului, ci numai de tensiunea de decalaj a amplificatorului operațional, cu efect practic neglijabil.

În cazul în care curentul poate fi măsurat într-un punct aflat la potențialul masei, problema poate fi rezolvată simplu cu ajutorul unui amplificator operațional și a unei rezistențe de precizie plasată în bucla de reacție a acestuia.

Situația este mai complicată dacă trebuie măsurat curent într-un punct de potențial flotant. Această problemă poate fi rezolvată clasic, utilizând un șunt și un amplificator de măsurare diferențial, necesar pentru măsurarea căderii de tensiune pe șunt.

Convertoarele curent-tensiune fără șunt nu se utilizează pentru curenți mari, deoarece curentul de intrare se închide prin sursele de alimentare și prin ieșirea amplificatoarelor operaționale utilizate, crescând astfel puterea disipată.

3. SCHEMA ELECTRICĂ A CONVERTORULUI CURENT-TENSIUNE

Convertorul curent-tensiune studiat în continuare este un convertor care rezolvă într-un mod elegant problema măsurării curentului într-un punct de potențial flotant, fără a necesita utilizarea unui șunt, deci prezintă avantajul de a nu introduce o rezistență suplimentară în circuitul de măsurare, conform schemei electrice reprezentată în *Fig.1*.

Valorile rezistențelor din componența convertorului sunt următoarele:

- $R_1 = R_1^* = R_3 = R_3^* = 10 \text{ k}\Omega \pm 0,25\%$;
- $R_2 = R_2^* = 100 \text{ }\Omega \pm 0,25\%$; $R_4 = R_4^* = 100 \text{ k}\Omega \pm 0,25\%$.

Din *Fig.11* se observă că singura perturbare a circuitului de măsurare o constituie suma tensiunilor de decalaj a amplificatoarelor U_1 și U_2 , care este mult mai mică decât căderea de tensiune pe un șunt și apoi aceasta poate fi compensată prin metode uzuale.

Neglijând erorile statice ale amplificatoarelor operaționale, se poate observa că diferența de potențial dintre intrările IN^- și IN^+ este nulă. Curentul de intrare care intră

prin borna IN^- se încheie prin R_2 și ieșirea U_2 , iar curentul de intrare care iese prin borna IN^+ circulă de la ieșirea U_1 prin R_2^* . Diferența de potențial de la ieșirile U_1, U_2 ($v_1 - v_2$) se aplică amplificatorului diferențial realizat cu U_3 și rezistențele R_3, R_3^*, R_4, R_4^* .

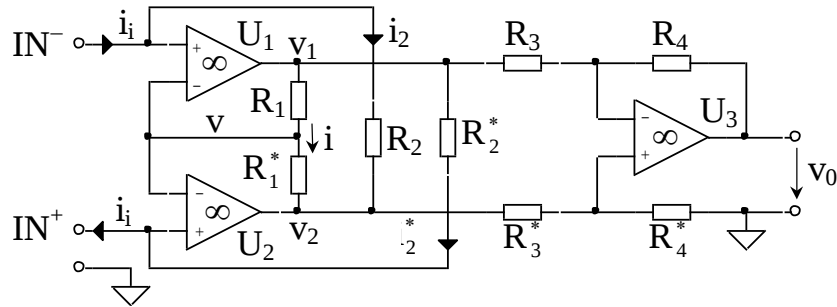


Fig.1. Schema electrică a convertorului curent-tensiune.

Analizând schema electrică din Fig.1, pentru determinarea funcției de transfer se pot scrie următoarele relații:

$$i = \frac{v_1 - v}{R_1} = \frac{v - v_2}{R_1^*}; \quad (1)$$

$$v_1 = v + R_2^* i_2 \quad \text{și} \quad v_2 = v - R_2 i_2. \quad (2)$$

Înlocuind (2) în (1) se obține:

$$i_2 = \frac{R_1^*}{R_1} \cdot \frac{R_2^*}{R_2} i_2^*. \quad (3)$$

Dacă este îndeplinită condiția:

$$R_1 = R_1^* \text{ și } R_2 = R_2^*, \quad \text{rezultă:} \quad i_2 = i_2^* = i_x. \quad (4)$$

Etajul realizat cu U_3 fiind un amplificator diferențial ($R_3 = R_3^*$ și $R_4 = R_4^*$), luând în considerare (2) și (3), tensiunea lui de ieșire capătă expresia:

$$v_0 = -\frac{R_4}{R_3} (v_1 - v_2) = -2R_2 \frac{R_4}{R_3} i_1. \quad (5)$$

Convertorul curent-tensiune reprezentat Fig.1 acceptă curenți de intrare de ambele polarități, deci este un convertor bidirecțional.

Rejecția tensiunilor de mod comun este dată de amplificatorul diferențial realizat cu U_3 și depinde majoritar de împerecherea rezistențelor din rețeaua de reacție: R_3/R_3^* și R_4/R_4^* . Totodată, o importanță deosebită o are și împerecherea rezistențelor R_1/R_1^* și R_2/R_2^* , de care depinde egalitatea curenților prin cele două borne de intrare IN^- și IN^+ .

4. PROBLEME TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE

4.1. Considerând că tensiunile nominale la intrările și ieșirile amplificatoarelor operaționale sunt de 10 V, se calculează următoarele:

- intervalul de variație a curentului de intrare;
- intervalul maxim de variație a tensiunii de mod comun la intrare.

4.2. Cu aceleași restricții ca la pct.4.1 se proiectează un convertor curent-tensiune pentru curent unificat gama 4...20 mA, care să accepte o tensiune de mod comun de 9,8 V.

4.3. Determinarea erorii de neliniaritate în curent continuu:

- se conectează o intrare la masă, la cealaltă intrare se aplică curent continuu – i_i cu valorile $i_{ik} = (0, 0,25, 0,5, 0,75, 1)I_{in}$, ($k = 1...5$) și se măsoară valorile corespunzătoare ale tensiunii de ieșire – v_{0k} ;
- se calculează impedanța de transfer – Z_{21} în punctul ($i_{i5} = I_{in}$, v_{05}):

$$Z_{21} = \frac{v_{05}}{i_{i5}}; \quad (6)$$

- se calculează valorile tensiunii de ieșire de pe caracteristica de transfer ideală (în sensul de liniară):

$$v_{0k}^{\circ} = Z_{21} i_{ik}; \quad (7)$$

- se calculează eroarea absolută:

$$\Delta v_{0k} = v_{0k} - v_{0k}^{\circ}; \quad (8)$$

- se selectează eroarea absolută maximă și se calculează eroarea de neliniaritate:

$$\varepsilon_n = \frac{\Delta v_{0max}}{v_{0max}^{\circ}} 100[\%]; \quad (9)$$

- datele experimentale se trec într-un tabel, conform modelului de mai jos.

Tabel 1/2. Date experimentale convertor curent-tensiune

i_i	V_0	v_0°	Δv_0	ε_n
i_{i1}	V_{01}	v_{01}°	Δv_{01}	$\Delta v_{0max} = ?$ $\varepsilon_n = ?$
:	:	:	:	
i_{i5}	V_{05}	v_{05}°	Δv_{05}	

4.4. Determinarea caracteristicii de transfer în curent alternativ:

- se repetă operațiile de la pct.4 pentru curent alternativ, calculându-se în prealabil valoarea efectivă nominală a curentului de intrare – I_{in} , astfel ca valoarea de vârf a tensiunii de ieșire să nu depășească 10 V;
- datele experimentale se trec într-un tabel, conform modelului de mai sus.

4.5. Se compară rezultatele obținute în curent alternativ cu cele obținute în curent continuu și se precizează cauzele diferențelor dintre rezultate.

5. ÎNTREBĂRI

5.1. Care sunt utilizările tipice ale convertoarelor curent-tensiune?

5.2. Care sunt tipurile reprezentative de convertoare curent-tensiune?

5.3. Care este principala sursă de erori a convertoarelor curent-tensiune?