

LUCRARE DE LABORATOR LAB-03

AMPLIFICATOARE DE MĂSURARE CU IZOLARE GALVANICĂ

Autor: Conf.dr.ing. Constantin Harja

1. SCOPUL LUCRĂRII

Scopul prezentei lucrări de laborator este studierea și testarea unui amplificator de măsurare cu izolarea galvanică, cu accent pe necesitatea izolării galvanice și pe evidențierea particularităților de construcție și funcționare, comparativ cu amplificatoarele fără izolare galvanică. Testarea se efectuează comparativ, în curent continuu, în semnal sinusoidal și în impulsuri.

2. GENERALITĂȚI

Amplificatoarele de măsurare fără izolare galvanică asigură rejecția tensiunilor de mod comun cu valori de max. ± 10 V, în funcție de tensiunea de alimentare. În aplicațiile industriale, între două puncte de legare la pământ, pot apare uzual tensiuni tranzitorii de mod comun de ordinul kilovolților. Aceste tensiuni de mod comun, nu numai că pot genera erori de măsurare inacceptabile, dar pot chiar să deterioreze amplificatorul. Din acest motiv a apărut necesitatea unor amplificatoare de măsurare capabile să funcționeze în astfel de condiții. Singura soluție pentru realizarea lor este introducerea unei izolări galvanice între partea de intrare și partea de ieșire, care să poată suporta tensiunile de mod comun întâlnite în aplicațiile practice.

Se cunosc două tipuri constructive reprezentative de amplificatoare de măsurare cu izolare galvanică:

- cu transmiterea semnalului de măsurare prin cuplaj magnetic (transformator), când acest semnal modulează în durată, poziție, frecvență sau amplitudine, un semnal purtător dreptunghiular sau sinusoidal (numai în frecvență sau amplitudine);
- cu transmiterea semnalului de măsurare prin cuplaj optic (optocuplor), când nu mai este obligatorie modularea, fiind posibilă transmiterea semnalului fără schimbarea formei de variație în timp, într-o bandă de frecvență începând cu curentul continuu.

Transmiterea semnalului de măsurare fără a fi modulată are avantajul unei benzi de frecvență mult mai largi, în detrimentul liniarității, preciziei și stabilității în timp, comparativ cu transmiterea modulată.

La ambele tipuri de amplificatoare de măsurare cu izolare galvanică cele două părți izolate galvanic între ele trebuie alimentate de la surse de asemenea izolate galvanic între ele. Soluția clasică pentru izolarea surselor de alimentare o constituie utilizarea unui transformator. Alte soluții alternative sunt alimentarea de la baterii sau prin conversie opto-electronică de energie. Aceste soluții necesită utilizarea unor circuite electronice de consum foarte redus.

În general, parametrii de bază ai amplificatoarelor cu izolare galvanică sunt aceiași și variază între aceleași limite ca și în cazul amplificatoarelor de măsurare fără izolare galvanică (Vezi *LUCRAREA CCSM-01*). În plus, la amplificatoarele de măsurare cu izolare galvanică apare un parametru nou și anume raportul de rejecție a modului de izolare – *RRMI*, care furnizează informații despre calitatea izolării dintre cele două părți ale amplificatorului. *RRMI* se definește ca *raport între tensiunea aplicată izolației și variația corespunzătoare a tensiunii de ieșire*. La fel ca și în cazul *RRMC*, exprimarea uzuală a *RRMI* este cea în dB. Valorile tipice ale *RRMI* se situează în jur de 150...160 dB, pentru tensiuni de mod comun de 2...5 kV.

3. SCHEMA ELECTRICĂ A AMPLIFICATORULUI DE MĂSURARE CU IZOLARE GALVANICĂ

Din considerente practice (realizare mai simplă și mai accesibilă) s-a optat pentru studierea unui amplificator de măsurare cu izolare galvanică realizat pe principiul transiterii nemodulate a semnalului de măsurare prin optocuplor, realizat cu componente discrete, conform schemei electrice reprezentate în *Fig.1*.

Amplificatorul operațional U_1 este un repetor de tensiune necesar pentru asigurarea unei impedanțe de intrare de valoare ridicată, iar tranzistorul Q_3 evită supraîncărcarea în curent a ieșirii U_2 , deoarece prin diodele *LED* ale optocuploarelor curentul poate atinge valori de 15...20 mA.

Semnalul de măsurare izolat galvanic este transmis prin D_1 - Q_1 . Pentru reducerea efectului neliniarității optocuplorului D_1 - Q_1 , datorat în special diodei LED, se utilizează un al doilea optocuplor (D_2 - Q_2) conectat în bucla de reacție a circuitului U_2 .

Deoarece tranzistoarele optocuploarelor sunt dispozitive unidirecționale, pentru ca amplificatorul să poată admite tensiuni bipolare se utilizează prepolarizarea

acestor tranzistoare de la tensiunile de referință V_{R1} și V_{R2} . Totodată, prin această soluție devine posibilă și plasarea punctului static de funcționare în zona liniară a caracteristicii de transfer a optocuploarelor, fapt care contribuie, împreună cu reacția negativă introdusă prin D_2 - Q_2 , la îmbunătățirea liniarității și a preciziei.

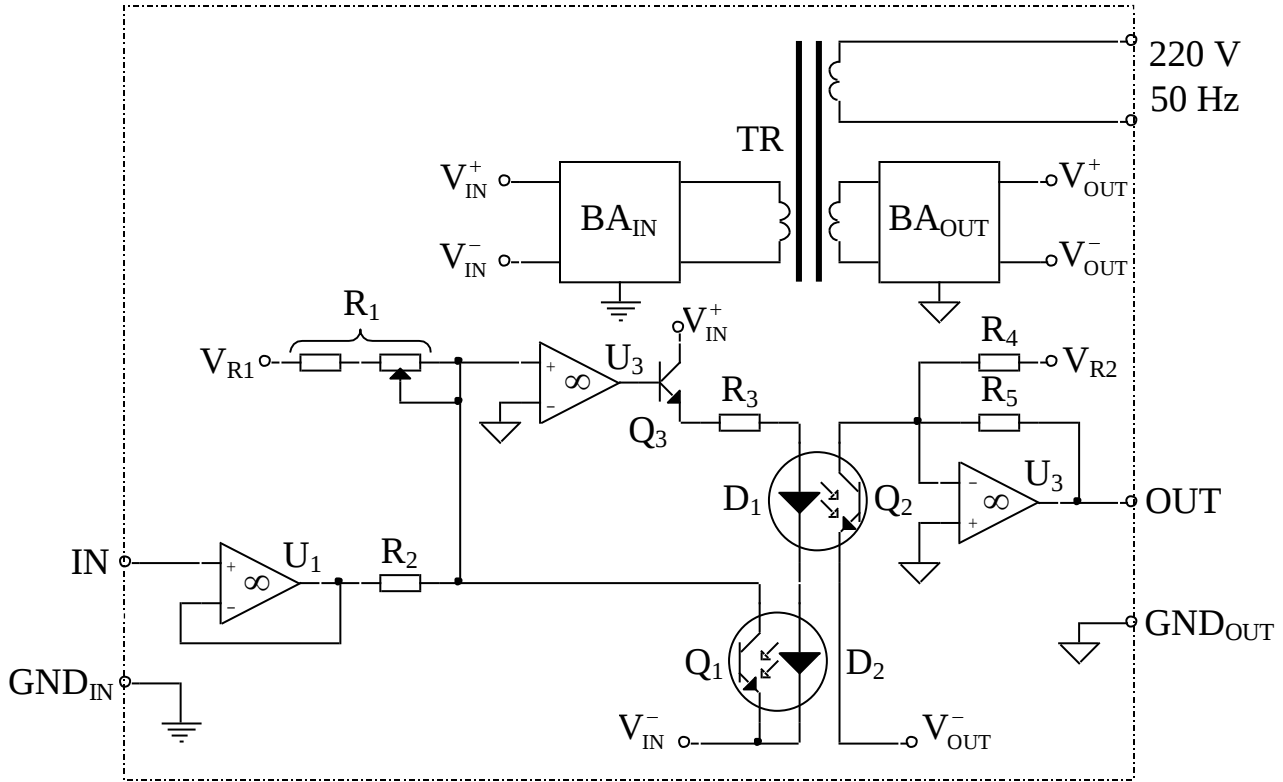


Fig.1. Schema electrică a amplificatorului de măsurare cu izolare galvanică.

Valorile componentelor electronice din structura schemei sunt următoarele:

- $R_1, R_4 = 10 \text{ k}\Omega \pm 1\%$; $R_2 = 40,2 \text{ k}\Omega \pm 1\%$; $R_3 = 2 \text{ k}\Omega \pm 5\%$;
- $R_5 = 100 \text{ k}\Omega \pm 1\%$; $V_{R1}, V_{R2} = 4,7 \text{ V} \pm 5\%$.

Pentru calculul tensiunii de ieșire și factorului de amplificare se scriu expresiile curenților (i_{Q1} și i_{Q2}) prin cele două tranzistoare ale optocuploarelor și se consideră că optocuploarele sunt identice, adică au același factor de transfer în curent ($K_1 = K_2$):

$$K_1 = \frac{i_{Q1}}{i_D} = K_2 = \frac{i_{Q2}}{i_D}, \text{ deci } i_{Q1} = i_{Q2}, \quad (1)$$

unde i_D este curentul prin diodele *LED* ale optocuploarelor.

În aceste condiții, valoarea tensiunii de ieșire capătă expresia:

$$v_0 = \frac{R_5}{R_2} v_i + R_5 \left(\frac{V_{R1}}{R_1} - \frac{V_{R2}}{R_4} \right). \quad (2)$$

Dacă, reglând rezistența R_1 , se îndeplinește condiția:

$$\frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{V_{R2}}{R_4}, \text{ rezultă } v_0 = \frac{R_5}{R_2} v_i = A v_i; \quad A = \frac{R_5}{R_2}; \quad (3)$$

unde A este factorul de amplificare.

4. PROBLEME TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE

4.1. Se analizează schema electrică, se deduce (3) și se calculează amplificarea.

4.2. Măsurarea erorii de neliniaritate:

- se conectează intrarea la masă și se aduce tensiunea de ieșire la valoarea zero, reglând rezistența R_1 (se reglează zeroul electric); ulterior, se verifică periodic stabilitatea zeroului electric și se reface reglajul de zero, dacă este cazul;
- se calculează valoarea nominală a tensiunii de intrare – V_{in} :

$$V_{in} = \frac{10V}{A}; \quad (4)$$

și apoi se determină experimental;

- se aplică la intrare o tensiune continuă – v_i cu următoarea succesiune de valori discrete: $v_{ik} = (0,25, 0,5, 0,75, 1)V_{in}$ ($k = 1, 2, 3, 4$);
- se măsoară tensiunea de ieșire – v_{0k} , corespunzătoare valorilor v_{ik} ;
- se calculează factorul de amplificare măsurat – A_0 , în punctul corespunzător capătului gamei dinamice ($v_{i4} = V_{in}$, v_{04}):

$$A_0 = \frac{v_{04}}{v_{i4}}; \quad (5)$$

- se calculează ordonatele punctelor de pe caracteristica de transfer ideală (în sensul de liniară) – v_{0k}° a amplificatorului:

$$v_{0k}^\circ = A_0 v_{ik}; \quad (6)$$

- se calculează abaterea dintre caracteristica de transfer reală și ideală:

$$\Delta v_{0k} = v_{0k} - v_{0k}^\circ; \quad (7)$$

- se calculează eroarea de neliniaritate – ε_n , cu relația:

$$\varepsilon_n = \frac{\Delta v_{0\max}}{v_{0\max}^\circ} \cdot 100[\%]; \quad (8)$$

- datele experimentale se trec într-un două tabel, conform modelului următor:

Tabel 1. Date experimentale amplificator cu izolare galvanică

V_i	V_0	V_0°	ΔV_0	ε_n
V_{i1}	V_{01}	V_{01}°	ΔV_{01}	
:	:	:	:	
V_{i4}	V_{04}	V_{04}°	ΔV_{04}	

4.3. Măsurarea raportului de rejecție a modului de izolare:

- se verifică și dacă este cazul se reface zeroul electric;
- se păstrează intrarea legată la masa de intrare și voltmetrul conectat la ieșire;
- se aplică între cele două puncte de legare la masă o tensiune continuă și apoi una alternativă – $V_{izmax} = 200 \text{ V}$ și se măsoară tensiunea de ieșire V_0 ;
- se calculează valoarea raportului de rejecție a modului de izolare în curent continuu – $RRMI_{cc}$ și în curent alternativ – $RRMI_{ca}$, cu relația:

$$RRMI = 20 \log \frac{V_{iz}}{V_0}. \quad (9)$$

4.4. Determinarea benzii de frecvență și a frecvenței de tăiere:

Observație:

La amplificatoarele de măsurare, ca și la alte aparate de măsură în curent alternativ, banda de frecvență se definește, nu la o scădere a amplificării de 3 dB, ci pentru o scădere impusă de eroarea suplimentară cu frecvență – ε_f . (Vezi *LUCRAREA CCSM-02*, pct.4.2.1.). Totuși, în acest caz, pentru a se obține o rezoluție optimă a măsurării, se va determina numai banda de frecvență la 3 dB.

- se aplică la intrare se un semnal sinusoidal de la un generator de semnal cu o frecvență de ordinul zecilor de Hz ($< 50 \text{ Hz}$), astfel ca tensiunea de ieșire să atingă valoarea nominală, și se măsoară tensiunile de intrare și de ieșire;
- se menține constantă valoarea tensiunii de intrare și se crește frecvența ei până când tensiunea de ieșire scade cu 3 dB, adică până la $1/\sqrt{2} \approx 0,707$ din valoarea inițială; frecvența corespunzătoare acestei scăderi a amplificării reprezintă limita superioară a benzii de frecvență la 3 dB – f_{3dB} ;
- se menține constantă valoarea tensiunii de intrare și se crește în continuare frecvența ei până când tensiunea de ieșire scade la valoarea tensiunii de

intrare, adică amplificarea devine unitară; frecvența corespunzătoare acestei scăderi a amplificării se numește frecvența de tăiere – f_T ;

- se reprezintă grafic caracteristica de amplificare funcție de frecvență, marcându-se cele două limite: f_{3dB} și f_T .

5. ÎNTREBĂRI

- 5.1. Din ce cauză este necesară introducerea unei izolări galvanice pe calea de semnal a unui amplificator de măsurare?
- 5.2. Care sunt metodele utilizate pentru izolarea galvanică a căii de semnal a unui amplificator de măsurare?
- 5.3. Este suficientă numai izolarea galvanică a căii de semnal?
- 5.4. Care este parametrul specific unui amplificator cu izolare galvanică?