

LUCRARE DE LABORATOR LAB-02

AMPLIFICATOARE DE MĂSURARE FĂRĂ IZOLARE GALVANICĂ – Partea II –

Autor: Conf.dr.ing. Constantin Harja

4. PROBLEME TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE

4.1. MĂSURĂRI ÎN CURENT CONTINUU

Observație:

Pentru continuarea lucrării se utilizează informațiile și rezultatele experimentale și se respectă indicațiile menționate în *Partea I* a prezentei lucrări de laborator (Vezi *LUCRARE DE LABORATOR CCSM-01*).

4.1.4. Măsurarea raportului de rejecție de mod comun:

- se conectează la masă ambele intrări ale amplificatorului și se măsoară tensiunea de decalaj la ieșire – V_{d0} ;
- se conectează ambele intrări ale amplificatorului la o tensiune de mod comun – $V_{mc} = 10\text{ V}$ și se măsoară din nou tensiunea de ieșire – V_{0c} ;
- se calculează valoarea tensiunii echivalente de intrare – V_{iec} care produce la ieșire același efect ca și tensiunea de mod comun și apoi valoarea $RRMC$:

$$V_{iec} = \frac{V_{0c} - V_{d0}}{A}; \quad RRMC = 20 \log \frac{V_{mc}}{V_{iec}}; \quad (18)$$

- se compară valoarea obținută cu cea dată de (6) și (9).

4.1.5. Măsurarea curenților de polarizare la intrare:

- se poziționează $S_1 = 2$ și $S_2 = 1$ (se introduce rezistența R_B în serie cu intrarea IN^- a amplificatorului de măsurare);
- se conectează la masă ambele intrări ale amplificatorului și se măsoară tensiunea de ieșire – V_{0B}^- ;
- se calculează valoarea curentului de intrare – I_B^- :

$$I_B^- = \frac{V_{0B}^- - V_{d0}}{AR_B}; \quad (19)$$

- se inversează poziția comutatoarelor S_1, S_2 ($S_1 = 1, S_2 = 2$ – se introduce rezistența R_B^* în serie cu intrarea IN^+ a amplificatorului de măsurare) și se măsoară din nou tensiunea de ieșire – V_{0B}^+ ;
- se calculează valoarea curentului de intrare – I_B^+ :

$$I_B^+ = \frac{V_{0B}^+ - V_{d0}}{AR_B}; \quad (20)$$

- se calculează valoarea curentului de polarizare – I_B cu relația:

$$I_B = \frac{1}{2}(I_B^+ + I_B^-); \quad (21)$$

- se calculează valoarea curentului de decalaj la intrare – I_d :

$$I_d = |I_B^+ - I_B^-|. \quad (22)$$

4.1.6. Măsurarea rezistenței diferențiale de intrare:

- se poziționează $S_1, S_2 = 2$ (se introduc rezistențele R_B și R_B^* în serie cu intrările amplificatorului de măsurare);
- se conectează ambele intrări ale amplificatorului la masă și se măsoară tensiunea de decalaj la ieșire – V_{d0}^* , care diferă de valoarea V_{d0} datorită contribuției curentului de decalaj la intrare:

$$V_{d0}^* = V_{d0} + 2R_B I_d \neq V_{d0}; \quad (23)$$

- se lasă conectată la masă intrarea IN^- , se aplică la intrarea IN^+ o tensiune $V_i = V_{in}$ și se măsoară tensiunea de ieșire – V_{01}^* ;
- în aceleași condiții de intrare se poziționează $S_1, S_2 = 1$ și se măsoară tensiunea de ieșire – V_{02}^* ;
- se elimină efectul tensiunilor de decalaj, calculându-se valorile:

$$V_{01} = V_{01}^* - V_{d0}^* \quad \text{și} \quad V_{02} = V_{02}^* - V_{d0}^*; \quad (24)$$

- se calculează rezistența diferențială – R_d , având în vedere că:

$$V_{01} = A \frac{R_d}{R_d + 2R_B} V_i \quad \text{și} \quad V_{02} = A V_i; \quad (25)$$

rezultă:

$$R_d = 2R_B \frac{V_{01}}{V_{02} - V_{01}}. \quad (26)$$

4.2. MĂSURĂRI ÎN CURENT ALTERNATIV

Observație:

În curent alternativ, tensiunile se măsoară cu un voltmetru numeric și/sau cu un osciloscop catodic, acesta fiind necesar și pentru verificarea frecvenței și formei de undă a semnalelor. Totodată, se iau în considerare și următoarele aspecte:

- relația dintre indicațiile celor două aparate (voltmetru și osciloscop);
- banda și eroarea suplimentară cu frecvența a voltmetrului numeric;
- amplitudinea tensiunii de ieșire a amplificatorului să nu depășească valoarea nominală (10 V), pentru ca amplificatorul să nu intre în zona neliniară.

4.2.1. 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 frecvența – ε_f .

- se conectează la masă una din intrările amplificatorului, iar la cealaltă intrare se aplică un semnal sinusoidal de la un generator de semnal cu o frecvență de ordinul zecilor de Hz (< 50 Hz), astfel ca tensiunea de ieșire să atingă valoarea nominală, și se măsoară tensiunile de intrare și ieșire;
- menținând constantă valoarea tensiunii de intrare a amplificatorului și se crește frecvența ei până când tensiunea de ieșire scade cu $\varepsilon_f = 2\%$ față de valoarea avută inițial; frecvența corespunzătoare acestei scăderi a amplificării reprezintă limita superioară a benzii de frecvență la ε_f ;
- menținând constantă tensiunea de intrare, se continuă creșterea frecvenței până când tensiunea de ieșire a amplificatorului scade cu 3 dB, adică până la valoarea de $1/\sqrt{2} \approx 0,707$ din valoarea inițială; frecvența corespunzătoare acestei scăderi reprezintă limita superioară a benzii de frecvență la 3 dB;
- menținând constantă tensiunea de intrare a amplificatorului, se continuă creșterea frecvenței până când tensiunea de ieșire scade la valoarea tensiunii de intrare, adică amplificarea devine unitară; frecvența corespunzătoare acestei scăderi a amplificării reprezintă frecvența de tăiere – f_T ;
- se reprezintă grafic caracteristica de amplificare funcție de frecvență, a cărei formă tipică este ilustrată în Fig.4.

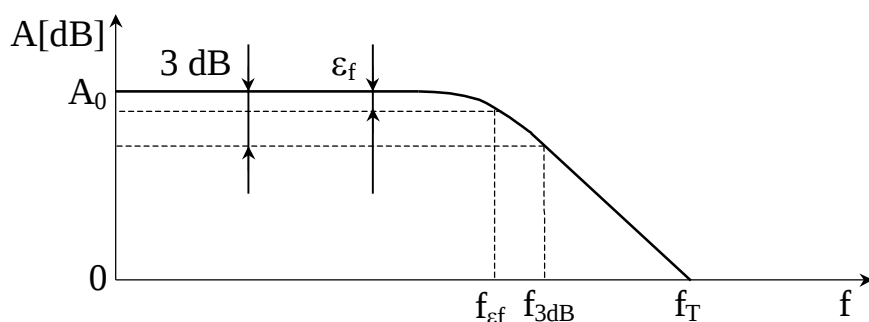


Fig.4. Caracteristica amplitudine-frecvență a unui amplificator de măsurare.

4.2.2. Măsurarea raportului de rejecție a modului comun:

- se aplică la cele două intrări ale amplificatorului, legate împreună, un semnal sinusoidal – V_{mc} , cu frecvența mai mică de 50 Hz și amplitudinea de max. 10 V și se măsoară cu osciloscopul tensiunea sinusoidală de ieșire – V_{0c} ;
- se calculează valoarea tensiunii echivalente de intrare – V_{iec} , care produce asupra amplificatorului de măsurare același efect ca și tensiunea de mod comun, și apoi valoarea raportului de rejecție a modului comun – $RRMC_{ca}$:

$$V_{iec} = \frac{V_{0c}}{A}; \quad RRMC_{ca} = 20 \log \frac{V_{mc}}{V_{iec}}; \quad (27)$$

- se trasează caracteristica $RRMC_{ca} = F(f)$, crescând frecvența până la valoarea $f = f_T$ și păstrând constantă valoarea tensiunii de mod comun.

4.2.3. Măsurarea rezistenței diferențiale de intrare:

- se conectează la masă o intrare a amplificatorului, iar la cealaltă intrare se aplică o tensiune sinusoidală – V_{01} cu frecvența mai mică de 50 Hz, astfel ca tensiunea de ieșire să aibă amplitudinea de max. 10 V;
- se poziționează K_1 , $S_2 = 2$ (se introduc R_B și R_B^* în serie cu intrările amplificatorului) și apoi se măsoară valoarea tensiunea de ieșire – $V_{02} < V_{01}$;
- se calculează rezistența diferențială de intrare R_{dca} cu relația:

$$R_{dca} = 2R_B \frac{V_{02}}{V_{01} - V_{02}}. \quad (28)$$

Observație:

Determinarea rezistenței R_{dca} cu (28) este corectă numai dacă la frecvența de lucru este îndeplinită condiția: $f \ll 1/2\pi R_B C_B$ (să fie neglijabil efectul de șuntare a rezistențelor R_B , R_B^* de către condensatoarele C_B , C_B^*).

4.2.4. Testarea amplificatorului cu semnal dreptunghiular:

Observație:

Testarea unui amplificator de măsurare cu semnal dreptunghiular poate furniza informații echivalente sau suplimentare și poate fi mai expeditivă decât testarea cu semnal sinusoidal. Cele două metode de testare au la bază echivalența dintre caracteristicilor dinamice în domeniul timpului și cele în domeniul frecvenței.

- se poziționează $S_1, S_2 = 1$;
- se conectează la masă o intrare a amplificatorului, iar la cealaltă intrare se aplică un semnal dreptunghiular, astfel ca tensiunea de ieșire să aibă amplitudinea de max. 10 V;
- se crește frecvența semnalului de intrare până când fronturile impulsurilor de ieșire sunt alterate sensibil, conform Fig.5.

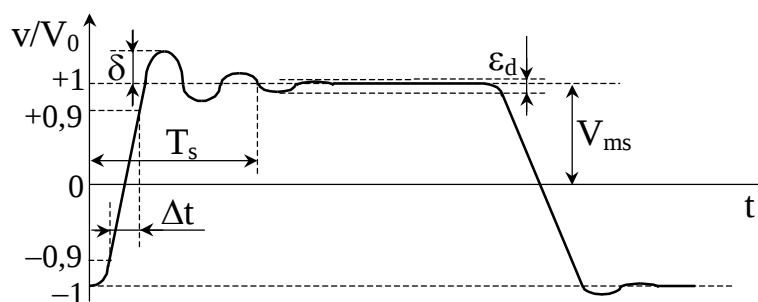


Fig.5. Forma tipică a impulsului la ieșirea unui amplificator de măsurare.

Observații:

1. În Fig.5, pe ordonată sunt marcate valorile normate (prin raportare la valoarea de regim staționar) ale amplitudinii impulsului de la ieșirea amplificatorului de măsurare – V_{ms} . Prin vizualizarea pe ecranul unui osciloscop a formei de undă, conform Fig.5, se pot determina următoarele mărimi:

- timpul de creștere – T_c :

$$T_c = \Delta t [\mu s]; \quad (29)$$

- viteza de variație a semnalului de ieșire (Slew-Rate) – SR:

$$SR = \frac{1,8V_{ms}}{T_c} [V/\mu s]; \quad (30)$$

- supracreșterea – δ , exprimată uzual în procente din valoarea amplitudinii de regim staționar – V_{ms} , care reprezintă depășirea maximă a valorii de regim staționar (fronturile impulsului sunt echivalente cu două semnale treaptă);

- **timpul de stabilire** – T_s , definit ca intervalul de timp după care eroarea dinamică – ε_d scade sub un anumit nivel bine precizat (1%, 0,1% sau 0,001%), nu poate fi măsurat pe ecranul osciloscopului, conform Fig.5, fiindcă rezoluția citirii este mult inferioară celei necesare acestui scop.
2. Timpul de creștere – T_c la semnal mic poate servi și la determinarea benzii de frecvență la 3 dB. Între aceste mărimi există cu bună aproximație relația:

$$T_c = \frac{0,35}{f_{3dB}}. \quad (31)$$

3. Viteza de variație a semnalului de ieșire, pe lângă răspunsul la semnal treaptă, are ca efect și distorsionarea oricărui tip de semnal mare, peste o anumită frecvență, chiar în interiorul benzii de lucru. Considerând un semnal sinusoidal $v = V_m \sin(\omega t)$, viteza maximă de variație a acestui semnal are expresia:

$$\left(\frac{dv}{dt} \right)_{\max} = (V_m \cos \omega t)_{\max} = V_m \omega. \quad (32)$$

Semnalul va rezulta fără distorsiuni numai dacă:

$$V_m \omega \leq SR, \text{ adică } V_{pp} = 2V_m \leq \frac{SR}{\pi f}. \quad (33)$$

4.2.5. Se compară datele de c.a. pentru cele două variante ale amplificatorului, cât și datele de c.a. cu cele de c.c și se precizează cauzele diferențelor dintre ele.

5. ÎNTREBĂRI

- 5.1. Din ce cauză apar diferențe între valorile raportului de rejecție a modului comun și rezistenței diferențiale de intrare măsurate în curent continuu comparativ cu valorile acelorași mărimi măsurate în curent alternativ?
- 5.2. Cum se manifestă și cum se poate reduce efectul curenților de polarizare de la intrarea unui amplificator?
- 5.3. Din ce cauză nu se definește banda de frecvență a unui amplificator de măsurare tot la 3 dB, ca în cazul general?
- 5.4. Care sunt avantajele și dezavantajele testării unui amplificator de măsurare cu semnal dreptunghiular, comparativ cu testarea cu semnal sinusoidal?
- 5.5. Din ce cauză *Slew-Rate* distorsionează semnalele de nivel mare, chiar dacă acestea au frecvența în interiorul benzii de trecere, reducând astfel banda efectivă de frecvență a unui amplificator?