

LUCRAREA 6

AMPLIFICATOARE INSTRUMENTAȚIE

1 Generalități

Măsurătorile de precizie necesită amplificarea unor semnale de nivel foarte redus, în prezența unor tensiuni de mod comun mari, date de punțile de măsură termocuplate sau alte traductoare montate la distanță de punctele de citire și prelucrare a datelor. De aceea, se impune folosirea unor circuite în buclă închisă, care permit amplificarea cu acuratețe a diferenței semnalelor amplificate la cele două intrări ale sale, caracterizate prin:

- amplificare finită și foarte precis reglabilă;
- impedanță de intrare foarte mare;
- *RMC* foarte mare (100 ... 120 dB);
- impedanță de ieșire mică;
- bandă de trecere foarte mare;
- câștig liniar în banda de frecvență.

Circuitele care au aceste caracteristici se numesc amplificatoare instrumentație (*AI*) și se pot realiza cu ajutorul componentelor discrete sau cu amplificatoare operaționale (*AO*), parametrii lor calculându-se după schema echivalentă din fig. 6.1.

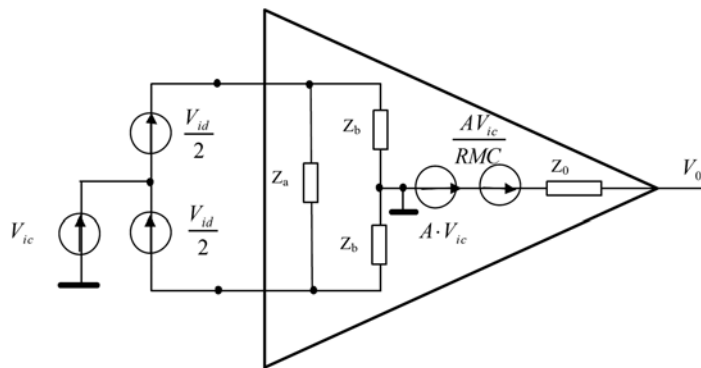


Fig. 6.1

Se obțin următoarele relații:

$$A = \frac{V_0}{V_i}; \quad R_{id} = \frac{V_{id}}{i_i}; \quad R_{ic} = \frac{V^+ - V^-}{2i_i}$$

Se observă că o configurație diferențială se apropie cel mai bine de amplificatorul instrumentație. Dar, neasigurarea egalității parametrilor numărului mare de elemente pereche duce la erori de neliniaritate și la ieșire apare o componentă de mod comun. Câștigul de mod comun la circuitului este:

$$A_c = \frac{V_0}{\text{media tens. de int.}}$$

În cataloage nu este specificat câștigul de mod comun, ci factorul de respingere:

$$CMRR = A_d / A_c$$

sau respingerea de mod comun: $CMR = 20 \log |CMRR|$.

Etajele diferențiale cu tranzistoare sau AO simple, deși ieftine și ușor de realizat în tehnologie monolitică, prezintă anumite limitări. Factorul de câștig, impedanța de intrare, offsetul, deriva termică sunt cerințe contradictorii, greu de realizat simultan pe configurațiile respective.

Cu AO se pot obține impedanțe de intrare de ordinul 10^{10} ohmi și curenți de intrare de ordinul pA, rejecția de mod comun fiind mai mare de 60 dB.

Îndeplinirea simultană a cerințelor enumerate mai sus se obține în configurații specifice AI, în tehnologie monolitică, la care se obțin rezistențe de intrare foarte mari, dar cu dezavantajul unor neliniarități mari la cele cu TEC-j, sau în configurații cu AO. Pentru configurațiile cu AO, rejecția de mod comun a întregului amplificator instrumentație este dependentă de RMC a amplificatoarelor operaționale utilizate și de împerecherea rezistențelor externe.

În studiul acestor circuite, prezintă interes efectele pe care le au tensiunea de decalaj la intrare, curenții de polarizare, offsetul și deriva termică.

Un exemplu de schemă de AI realizată cu AO este dată în fig. 6.2.

2. Descrierea schemei cu 3 AO

Structura acestui amplificator instrumentație cuprinde un amplificator diferențial de bază cu câștig unitar (se aleg $R_4 = R_5 = R_6 = R_7$ cu o precizie foarte ridicată) și două amplificatoare de intrare atacate pe borna neinversoare, cu amplitudinea reglabilă din R_1 . Astfel se obțin impedanțele de intrare de mod comun a AO utilizate. Rezistențele de reacție $R_2 = R_3$ se pot lua mult mai mici decât aceste valori, uzual de ordinul kohmilor, astfel încât componenta datorită offsetului curenților de polarizare va fi neglijabilă.

S-au realizat două astfel de amplificatoare: unul bazat pe AO în aceeași capsulă (324) și unul bazat pe AO de tip 741.

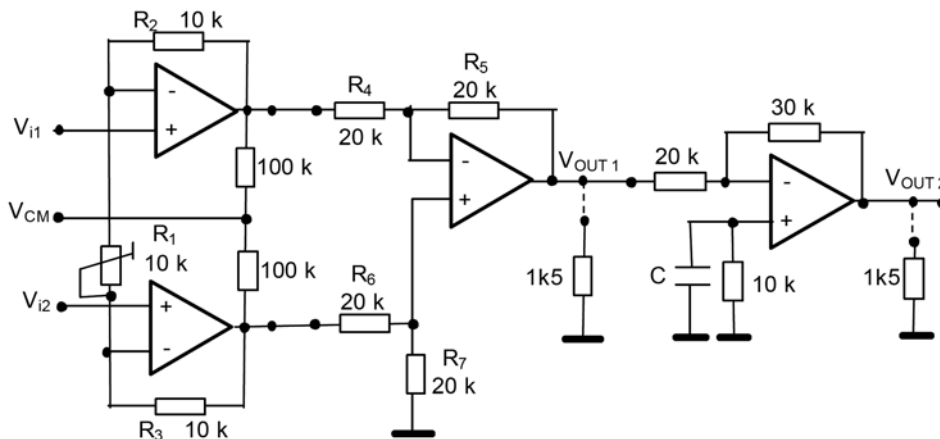


Fig. 6.2

Se calculează funcția de transfer la frecvențe joase, prin sprapunerea efectelor datorate surselor V^+ și V^- , precum și a unei ipotetice surse de tensiune de mod comun. Obținem:

$$V_0 = (V^+ - V^-) \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Rejecția de mod comun pentru tot circuitul va fi:

$$CMRR = \frac{V_0}{V^+ - V^-} \cdot \frac{V_{oc}}{V_{ic}} = 2 \frac{R_2}{R_1} \cdot CMRR_{AO}$$

În lucrarea de laborator s-a prevăzut și un etaj inversor realizat cu AO.

Observații:

- O desperechere a rezistențelor R_2 și R_3 nu influențează cu nimic rejecția de mod comun, modificând doar câștigul;
- Reglajul amplificării se poate face dintr-un singur element, R_1 ;
- Tensiunea de mod comun admisă la intrare este limitată pentru evitarea saturării AO . Se impune ca:

$$|V_{ic}| + \left| A_1 \cdot \frac{V^+ - V^-}{2} \right| \leq |V_{0sat}|;$$

- Cu al treilea AO , în circuitele mai performante, se poate face și reglajul de offset.

3. Performanțe obținute

Vom compara performanțele obținute cu cele două circuite între ele și cu cele obținute folosind circuitul integrat $BB\ 3620$, care are aceeași configurație de principiu.

a. Caracteristicile electrice principale

	BB 3620	AI cu 741	AI cu 324
Curent de polarizare (tipic)	25 nA	200 nA	45 nA
Impedanța de mod diferențial	300 M Ω	2 M Ω	8 M Ω
Impedanța de mod comun	1000 M Ω	5 M Ω	10 M Ω
Frecvența de tăiere	1 MHz	1 MHz	1 MHz
Tensiunea de offset	± 1 mV	± 5 mV	± 7 mV

b. Gama de reglaj a amplificării

Conform cerințelor pentru amplificatoarele instrumentație, este necesar un reglaj al amplificării precis și stabil. Acesta se realizează din rezistorul R_1 . Determinarea gamei de reglaj se face prin măsurare directă, cu un semnal sinusoidal la intrare, ce se poate obține cu un generator de semnal din laborator (minim 1,5 mV). Se observă că, gama de reglaj depinde doar de R_1 , R_2 și R_3 .

c. Banda de frecvență în configurație AI

Se măsoară cu generatorul de semnal, pentru ambele situații.

d. Deriva termică

Pentru circuitul specializat $BB\ 3620$, în catalog se indică $0,25\ \mu\text{V} / ^\circ\text{C}$.

În cazul lucrării de laborator, se poate face un studiu calitativ comparativ, prin încălzirea cu pistolul de lipit a unei capsule de 741 și, apoi, a capsulei 324. Se pun astfel în evidență avantajele realizării celor 3 AO în aceeași capsulă; chiar dacă acestea sunt mai puțin performante (vezi caracteristicile electrice), se obțin pe ansamblu rezultate mult mai bune decât la utilizarea circuitului 741.

e. Distorsiuni

Se pot măsura cu distorsiometrul, pentru cele două configurații, apoi se face un studiu comparativ.

f. Rejecția de mod comun

Reprezintă principala performanță cerută unui amplificator instrumentație. S-a arătat teoretic că:

$$CMRR = 2 \frac{R_2}{R_1} \cdot CMR_{AO}$$

Se precizează că, la 741, $CMR = 90$ dB, iar la 324, $CMR = 70$ dB.

Deci, în funcție de amplificarea dorită, se poate calcula rejeția de mod comun ce se obține pentru tot circuitul:

$$CMR = 20 \log |CMRR| = 20 \log \left(2 \frac{R_2}{R_1} \right) + CMR_{AO}$$

Această caracteristică se poate măsura și direct, cu ajutorul unei surse de curent continuu aplicate pe mod comun la intrare.

4. Îmbunătățirea performanțelor

La funcționarea schemei de curent alternativ, va apare o asimetrie datorită influenței capacităților parazite a conductoarelor de semnal și rezistenței sursei de semnal inegal repartizate la intrarea AI . Aceasta conduce la scăderea RMC în curent alternativ. Pentru păstrarea performanțelor ridicate se iau măsuri de anularea influenței capacităților parazite, prin aplicarea tensiuni de mod comun la ambele intrări, tensiune care se preia prin divizorul rezistiv cu ramuri egale R , de la ieșirea primului etaj și se aplică pe cablul coaxial al conductoarelor de la intrarea AI . Ca urmare, tensiunea la bornele capacităților parazite va fi nulă, eliminând efectul acestora.