

Prelegerea nr. 4

Traductoare de impulsuri

Traductoare cu reluctanță variabilă

O roată dințată din material feromagnetic se rotește în fața unei bobine cu miez din oțel fixat în prelungirea unui magnet permanent. La trecerea dinților prin dreptul miezului bobinei se modifică reluctanța circuitului magnetic, ceea ce duce la o variație a fluxului magnetic produs de magnetul permanent. Conform legii inducției electro-magnetice, la fiecare trecere a unui dinte al roții dințate prin dreptul miezului se va produce variație de flux magnetic, iar în bobină se va induce un impuls de tensiune cu amplitudinea proporțională cu viteza de rotație.

Construcția traductorului se prezintă astfel:

Frecvența semnalului dat de traductor este:

$$f = \frac{n \cdot p}{60} \quad [\text{Hz}]$$

unde:

- f este frecvența semnalului la ieșirea traductorului [Hz];
- n este viteza de rotație a roții dințate [rot/min];
- p este numărul de dinți ai roții dințate.

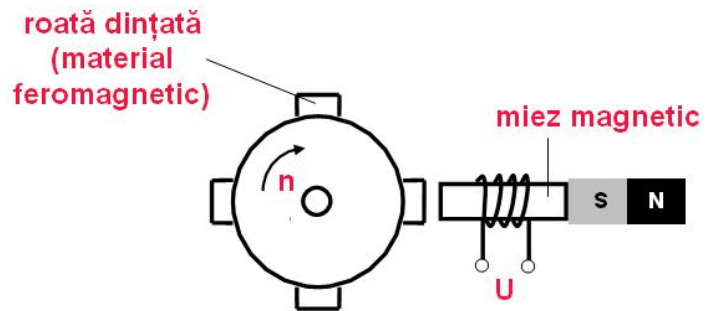


Figura 2.4

Măsurând frecvența f a semnalului se poate determina *turația*.

Traductoare ferostatice (cu magnetorezistor)

Sunt construite în mod asemănător cu traductorul în impulsuri cu reluctanță variabilă, dar amplitudinea semnalului nu depinde de valoarea vitezei de rotație.

Principiul de realizare al acestor traductoare este prezentat în fig.2.5.

Traductorul necesită o sursă de alimentare de tensiune continuă (exemplu 12V) și, deoarece utilizează un magnetorezistor MR a cărui rezistență este dependentă de fluxul magnetic, tensiunea U la ieșire va depinde numai de valoarea fluxului magnetic și nu de viteza sa de variație. La trecerea roții dințate în dreptul traductorului se obține un semnal a cărui frecvență este dată de relația:

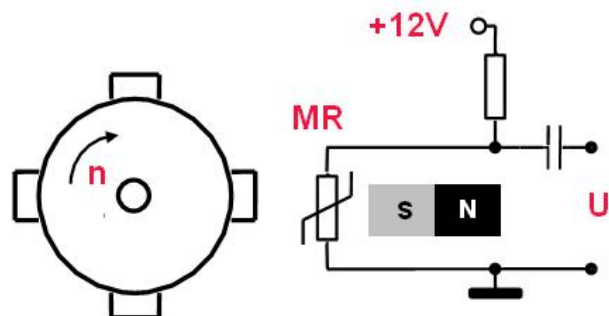


Figura 2.5

$$f = \frac{n \cdot p}{60} \quad [\text{Hz}]$$

unde:

- f este frecvența semnalului la ieșirea traductorului [Hz];
- n este viteza de rotație a roții dințate [rot/min];
- p este numărul de dinți ai roții dințate.

Valoarea tensiunii depinde de distanța dintre traductor și roata dințată, dimensiunile dinților, temperatura ambiantă și circuitul de polarizare.

Traductoare cu disc înregistrat magnetic

Principiul este asemănător cu al traductorului cu reluctanță variabilă, însă în locul roții dințate se folosește un disc acoperit cu o depunere inelară de substanță feromagnetică pe care, la intervale egale, s-au înregistrat magnetic semnale. Sistemul de traductor este un cap magnetic de citire în care se induce semnalul de ieșire. Utilizarea discului cu impulsuri înregistrate magnetic este echivalentă cu folosirea unei roți cu un număr foarte mare de dinți, rezultând avantaje în special în domeniul frecvențelor joase (măsurarea unor turații mici într-un timp redus).

Traductoare fotoelectrice

Pot fi cu întreruperea sau reflexia fluxului optic. În primul caz (fig. 2.6), radiația optică, provenind de la o sursă de radiație optică (bec cu incandescență, LED sau IRED), este proiectată de sistemul optic, constituit din lentile, asupra fotodetectorului. Între lentile este montat, pe axul a cărui turație se măsoară, un disc prevăzut cu orificii care, la fiecare rotație, permite trecerea luminii pentru un interval scurt de timp. Detectorul va da la fiecare rotație a arborei un număr de impulsuri egal cu numărul de orificii de pe disc. Detectorul conține un fotodetector (fotodiodă, fototranzistor, fotorezistor, etc.), o sursă de alimentare și eventual un amplificator.

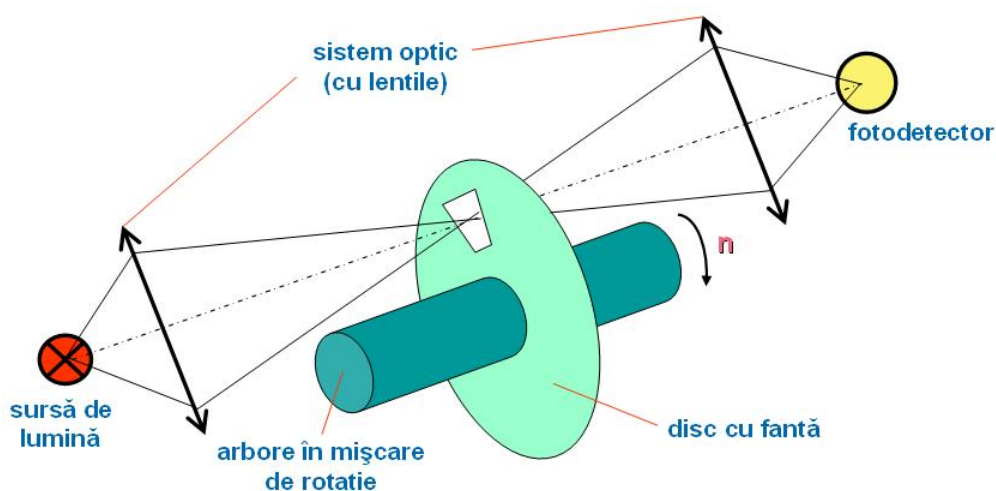


Figura 2.6

În cel de-al doilea caz (fig. 2.7), pentru traductoarele fotoelectrice în impulsuri prin reflexie, în loc de a întrerupe radiația optică aceasta este reflectată în mod discontinuu dacă pe partea înnegrită a arborei se aplică o fâșie îngustă, lucioasă sau invers, pe porțiunea lucioasă a

arborelui se aplică un semn negru. Aplicând pe arbore un număr mai mare de repere traductorul fotoelectric permite realizarea unui număr mare de impulsuri la fiecare rotație (până la 600 impulsuri la o rotație), fiind recomandat pentru măsurarea vitezelor de rotație foarte joase și măsurarea numerică a vitezei de rotație, cu precizie cât mai mare și într-un timp de măsură acceptabil.

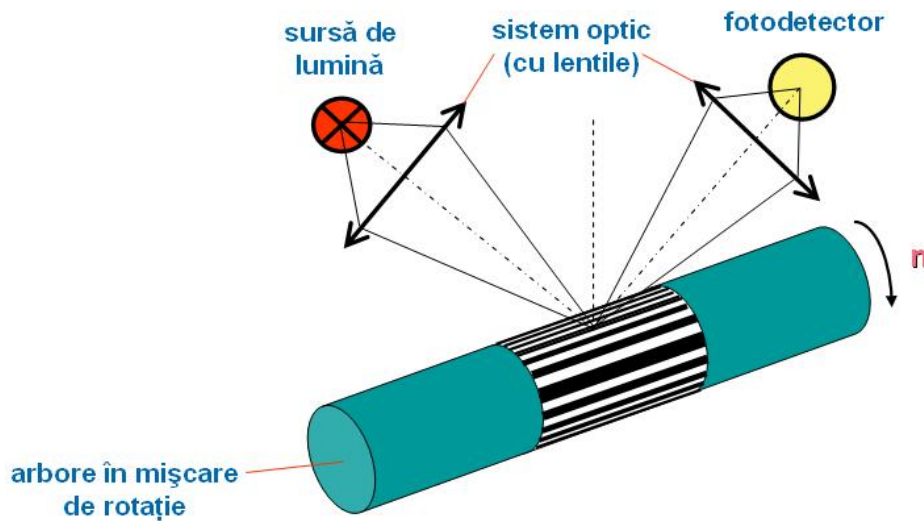


Figura 2.7

Traductoarele fotoelectrice prezintă avantajul că nu încarcă mecanic arborele a căru turație se măsoară.

Traductoare inductive

Acest tip de traductoare utilizează un oscilator electronic în apropierea bobinei căruia se rotește o piesă metalică dințată ce produce perturbații ale câmpului magnetic. O parte din energia oscilațiilor este disipată sub formă de căldură, datorită apariției curenților Foucault în piesa metalică. Acest fenomen se manifestă prin creșterea pierderilor în bobina oscilatorului, adică o amortizare suplimentară a bobinei, ceea ce duce la dispariția oscilațiilor. Această schimbare a stării oscilatorului are ca efect schimbarea nivelului semnalului furnizat de etajul de ieșire al traductorului. Traductorul dă astfel impulsuri a căror frecvență este proporțională cu turația piesei metalice.

Un avantaj al acestui tip de traductor este că nivelul semnalului dat la ieșire este independent de viteza de rotație a roții dințate. Astfel de traductoare pot fi utilizate până la o frecvență maximă a obiectului în mișcare de 3kHz. Miezul bobinei poate fi realizat în diferite forme constructive (de exemplu în formă de "U"), corespunzător cu forma și dimensiunile piesei metalice cu care va lucra.

S-au conceput și circuite integrate special destinate realizării traductoarelor inductive. Aceste circuite integrate sunt compuse dintr-un oscilator și un etaj de ieșire ce are și rolul de a detecta prezența oscilațiilor.

Traductoare pentru scânteile motoarelor cu ardere internă

Sunt utilizate la măsurarea turației motoarelor cu ardere internă cu aprindere prin scântei. Principiul de funcționare este cel al transformatorului de curent: un miez de ferită format din două jumătăți este conectat în jurul cablului de bujie (ce reprezintă circuitul primar); circuitul secundar este format dintr-o înfășurare, de câteva zeci de spire, bobinată pe miez. Practic se poate obține un semnal utilizabil și bobinând câteva spire direct pe cablul de bujie, fără a se mai folosi miez. La fiecare scântei ce apare pe bujia la care este conectat traductorul (se

poate folosi ca primar și fișa centrală a distribuitorului, caz în care se folosesc scânteile de la toate bujiile), în secundar apare un impuls foarte scurt folosit la măsurarea turației. Frecvența semnalului de aprindere la fișa centrală a distribuitorului este:

$$f = a.z.n / 60 \quad [\text{Hz}]$$

unde:

- a este un coeficient cu valoarea 0,5 la motoarele în 4 timpi și 1 la motoarele în 2 timpi;
- z este numărul de cilindri;
- n este turația motorului [rot/min].

Măsurând frecvența f a semnalului se poate determina *turația motorului*.

Traductoare numerice

Principiile traductoarelor numerice

Sunt traductoare folosite, de regulă, în măsurarea deplasărilor sau poziției, liniare sau rotative. Sistemul de măsurare este cuplat rigid cu elementul antrenat. Prin deplasarea fizică a elementului antrenat, sistemul de măsură transformă, prin conversie, mișcarea în semnale electrice. Măsurarea numerică este caracterizată prin aceea că informația dată de traductor se reprezintă codificat printr-un număr sau o cifră, de regulă definite prin semnale corespunzând valorilor 1 și 0 ale codului binar.

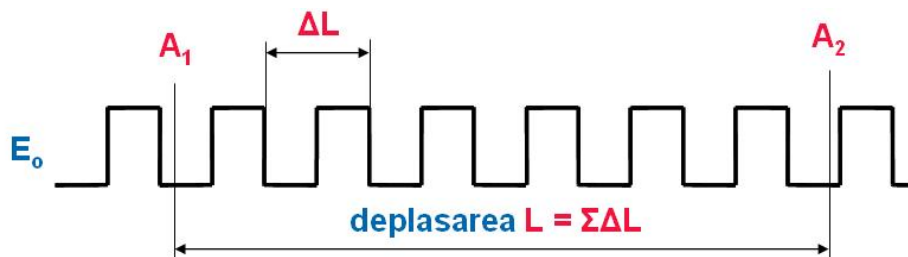
După cum informația asupra deplasării este dată prin cifrele binare 1 și 0 sau printr-un număr, metoda numerică de măsurare se împarte în măsurare incrementală sau măsurare absolută.

Traductoare numerice incrementale

La măsurarea numerică incrementală se utilizează principiul divizării unității de lungime sau de unghi într-un număr finit de elemente de distanță echidistante delimitate, de regulă optic, prin linii foarte subțiri trasate mecanic. Aceste divizări sunt realizate atât pe elementul fix cât și pe cel mobil al traductorului. Prin deplasarea lor relativă se transformă, pe bază fotoelectrică, elementele de distanță și delimitările în semnale logice, alternativ 1 și 0. Fiecare impuls reprezintă un increment de deplasare ΔL bine determinat.

O informație asupra mărimii deplasării se poate obține memorând aceste impulsuri sub forma unei sume $\Sigma\Delta L$, la nivelul unui numărător electronic. O lungime oarecare L poate fi aproximată deci cu o sumă de incremente ΔL , cu o precizie de $\pm\Delta L$.

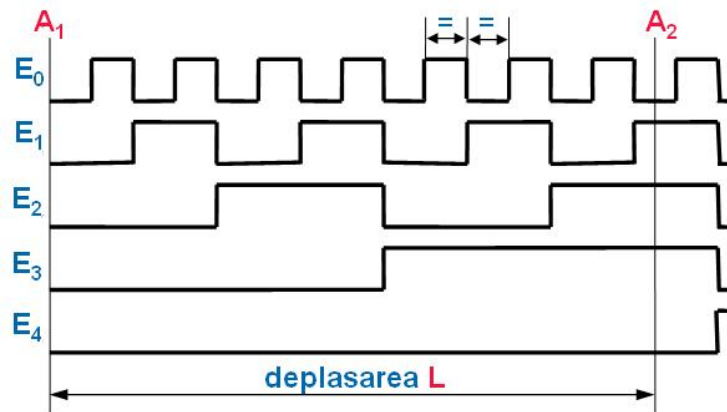
Dacă, în timpul parcurgerii lungimii L din punctul A_1 până în A_2 , aceste impulsuri sunt numărate și memorate se poate obține o informație asupra deplasării elementului acționat.



Traductoare numerice absolute

Spre deosebire de metoda incrementală de măsurare care folosește un singur tren de impulsuri pentru determinarea unei deplasări, metoda numerică absolută folosește în paralel mai multe trenuri de impulsuri.

Față de primul canal de informații, luat ca referință, pentru care lățimea impulsului este ΔL , celelalte canale dau impulsuri a căror lățime crescătoare este dată de șirul $2^1\Delta L, 2^2\Delta L, \dots, 2^n\Delta L$. Prin citirea celor $n+1$ canale aflate în concordanță cu regulile de formare ale codului binar natural, la orice poziție între A_1 și A_2 va corespunde biunivoc o informație numerică în cod binar, prin numărul $a_n \dots a_2 a_1 a_0$ sau zecimal $a_0 2^0 + a_1 2^1 + \dots + a_n 2^n$. De aceea traductoarele absolute intră în categoria traductoarelor de poziție.



Aspecte constructive

Traductoarele rotative construite pe principiul măsurării numeric absolute păstrează acest caracter doar pentru deplasări unghiulare mai mici sau egale cu 360° .

Pentru deplasări unghiulare mai mari de 360° măsurarea prezintă un caracter ciclic absolut, în sensul că măsurarea este absolută în cadrul unui ciclu de 360° , iar pentru restul deplasării este necesară memorarea ciclilor parcurși. Atât traductoarele numeric incrementale cât și cele numeric absolute, oricât de precis ar fi executate, măsoară discret deplasarea în sensul că nu pun în evidență mișcări sub valoarea $\pm\Delta L$. Traductoarele din această categorie au principiile date în figurile 2.8 și 2.9.

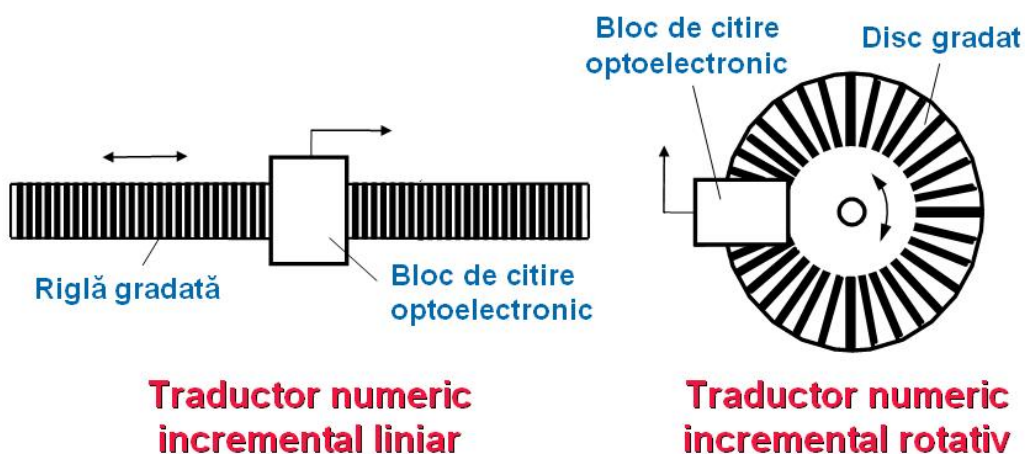


Figura 2.8

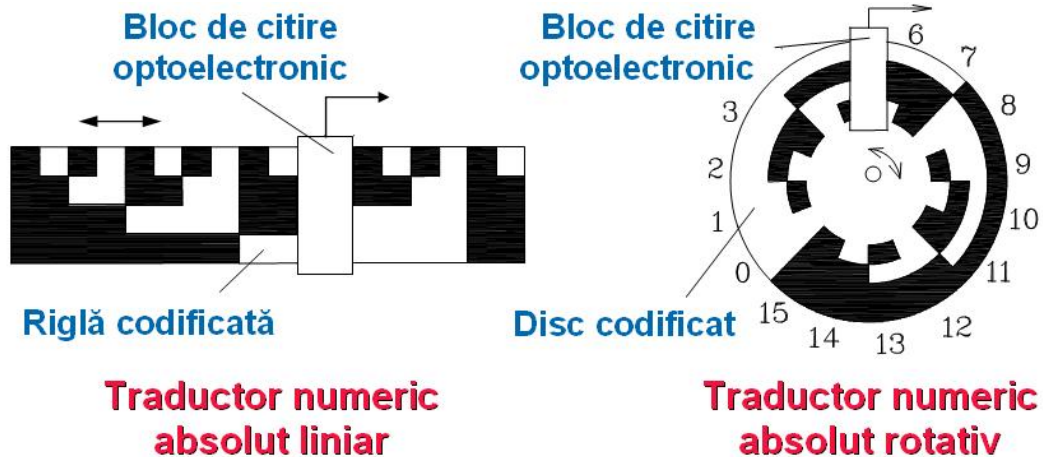


Figura 2.9

Observații

1. Ansamblul cinematic de măsurare poate transforma, după caz, mișcarea rectilinie în mișcare unghiulară sau invers, sau, mai rar, o deplasare unghiulară tot într-o deplasare unghiulară, pentru a introduce un anumit raport de transformare sau a facilita montarea traductorului;
2. De regulă se preferă codificarea riglei sau discului de la traductoarele absolute în cod Gray. Acesta prezintă avantajul modificării unui singur bit la fiecare pas, erorile ce pot fi introduse reducându-se substanțial în acest mod. Utilizarea codului binar natural nu este convenabilă deoarece la trecerea de exemplu din valoarea 7 în valoarea 8 sau invers se schimbă toți biții, citirea eronată a unuia dintre biți putând conduce la erori mari, grosolane;
3. Rezoluțiile care se pot atinge folosind traductoarele numerice absolute rotative sunt de 12-14 biți.

CIRCUITE DE CONVERSIE NUMERIC - ANALOGICĂ ȘI ANALOG-NUMERICĂ**Circuite pentru conversia numeric-analogică a datelor**

Circuitele de conversie N/A, A/N au o deosebită importanță în construcția aparatelor electronice de măsurare și control. Utilizarea tehnicilor numerice reprezintă una din cele mai importante tendințe în dezvoltarea AEMC, susținută de facilitățile mult mai mari pe care le au circuitele numerice în prelucrarea informației (viteză, volum de date, algoritmi complecși) față de circuitele analogice.

Necesitatea acestor circuite apare din faptul că în general semnalele (informațiile) de intrare prelevate din procese sunt mărimi analogice și trebuie supuse unei operațiuni de conversie care în final să asigure o codificare numerică a informației. De asemenea, de foarte multe ori, rezultatele numerice ale prelucrării trebuie convertite la forma analogică, specifică pentru semnalele de ieșire.

Convertor numeric-analogic (CNA)

Convertorul numeric-analogic (CNA) este circuitul care transformă o mărime de intrare prezentată sub formă numerică, într-o mărime de ieșire cu variație analogică.

Cel mai ușor de implementat este sistemul de numerație binar deoarece utilizează numai două cifre, 0 și 1 și se poate materializa în circuite folosind elemente cu două stări, foarte ușor de realizat practic.

Pentru a putea deduce bazele teoretice ale circuitelor de conversie N/A, se vor preciza câteva proprietăți ale numerelor binare. Fie $a_1a_2\dots a_n$ un număr binar de n cifre, unde $a_i = 0$ sau 1 , $i = 1, 2, \dots, n$. Ponderea unei cifre care ocupă poziția k , începând cu ordinul cel mai puțin semnificativ, are valoarea 2^{k-1} , prin urmare ponderea crește după un șir având forma $2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^{n-1}$.

Procesul de conversie N/A urmează aceleași operațiuni elementare care se execută la calcularea valorii zecimale a numărului binar, așa cum se prezintă în relația (3.1):

$$N = \sum_{i=1}^n a_i 2^{i-1} \quad (3.1)$$

Conversia binar-zecimal se bazează pe o sumare ponderată de n termeni. Pentru a utiliza acest principiu la construcția circuitelor CNA, se asociază fiecărei cifre binare "1" o anumită valoare a unei mărimi electrice (tensiune sau curent), care se însumează apoi ponderat, în timp ce cifrelor binare "0" li se asociază valoarea zero a aceleiași mărimi electrice.

Din considerente de simplitate a conversiei (folosirea unor elemente pasive de circuit), se preferă exprimarea fracționară a informației numerice, astfel încât ponderarea valorilor asociate cifrelor binare "1" se face cu factori de tipul $1/2^k$, k fiind rangul binar al cifrei respective.

În acest mod rezultă ca posibilitate simplă de realizare a ponderării folosirea unor rețele rezistive divizoare cu n noduri, având între două noduri succesive raportul de divizare $1/2$. Forma constructivă a rețelelor depinde de natura mărimii analogice de ieșire - tensiune sau curent - în care se transformă informația numerică de intrare.

La realizarea ultimilor tipuri de convertoare N/A în construcție integrată (monolitică) se operează numai cu curenți, din considerente de viteză de conversie. Viteza de comutație este limitată de o serie de parametri paraziți ai dispozitivelor, între care esențiale sunt capacitatea parazită (pentru comutatoarele de tensiune) și inductanța parazită (pentru comutatoarele de curent).

Dacă se face o comparație a efectelor celor două mărimi parazite, la creșterea gradului de integrare (scăderea suprafețelor dispozitivelor), inductanța parazită se reduce, în timp ce scăderea capacității parazite este mai puțin semnificativă. În cazul în care se lucrează în curent mărimea de ieșire este tot un curent. Dacă este necesar, acest curent poate fi transformat în mod adecvat într-o tensiune, folosind un convertor curent-tensiune. Convertorul curent-tensiune este realizat constructiv simplu cu un amplificator operațional și o rezistență.

Principalele surse de erori sunt:

-inegalitatea valorilor mărimilor atribuite cifrei binare "1". Chiar dacă mărimea binară "1" se obține pentru toate rangurile binare pornind de la aceeași referință, ceea ce efectiv apare în nodurile rețelei de ponderare diferă de la un rang la altul datorită modificărilor (pierderilor) pe comutatoare.

-inexistența în practică a unei valori zero adevărate. Comutatoarele afectează nivelul valorii zero a mărimii analogice utilizate în circuit. Practic, mărimea care se consideră zero este mai mică decât o anumită cantitate.

-abaterea de la valoarea 1/2 a rapoartelor de divizare între nodurile succesive ale rețelei de ponderare. Problema apare deoarece la construcția rețelelor se folosesc rezistoare realizate într-o anumită clasă de precizie. Cum sensul abaterilor de la valoarea nominală nu poate fi

precizat, valoarea reală a raportului de divizare va diferi de valoarea teoretică de $1/2$. Abaterea este cu atât mai redusă cu cât clasa de precizie a rezistoarelor este mai ridicată. Schema bloc a unui convertor numeric analogic se prezintă ca în fig.3.1.

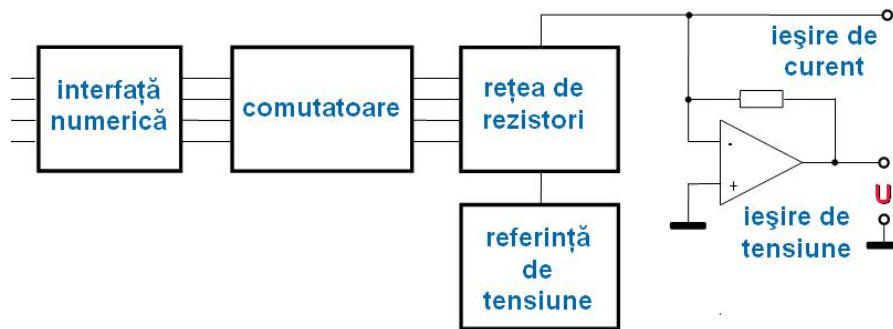


Figura 3.1

Interfața numerică are rolul de a transforma nivelele logice ale datelor numerice de intrare în semnale de comandă pentru grupul de **comutatoare analogice**. În acest mod se realizează o compatibilitate între convertorul N/A și sursa numerică utilizată, având în vedere că informația numerică poate proveni din surse diferite, cu nivele logice specifice (*TTL*, *CMOS* etc.).

Comutatoarele controlează curenții aplicați unei **rețele de rezistori** care realizează funcția de ponderare a valorilor binare. Valorile curenților care circulă prin rețea sunt determinate de valorile rezistențelor care compun rețeaua și de valoarea referinței de tensiune (R).

Mărimea de referință folosită în circuit poate fi și un curent, dar pentru stabilitate se preferă generarea curentului de referință pornind tot de la o tensiune de referință. Astfel, mărimea de referință va fi considerată întotdeauna o tensiune.

Curenții ce circulă prin ramurile rețelei rezistive, conform numărului aplicat la intrare, sunt însumați într-un curent unic care reprezintă mărimea cu variație analogică A , având valoarea determinată de mărimea numerică N .

Informația numerică de intrare N este prezentată sub forma unor coduri binare. Codurile folosite sunt diverse, funcție de natura unipolară sau bipolară a semnalului analogic ce urmează a fi produs la ieșire.

Dacă datele numerice de intrare sunt păstrate un anumit timp la intrarea convertorului folosind un circuit de memorare, la ieșirea convertorului apare valoarea analogică corespunzătoare pe toată durata memorării. Valoarea analogică se menține între limitele clasei de precizie a convertorului.

Deoarece informația numerică se exprimă fracționar, numărul de intrare N poate fi scris sub forma (3.2):

$$N = a_1 \cdot 2^{-1} + a_2 \cdot 2^{-2} + \dots + a_n \cdot 2^{-n} \quad (3.2)$$

unde $a_i = 0$ sau 1 .

Mărimea de ieșire din convertor poate fi scrisă sub forma (3.3), relație care reprezintă caracteristica de transfer a convertorului numeric-analogic.

$$A = R (a_1 \cdot 2^{-1} + a_2 \cdot 2^{-2} + \dots + a_n \cdot 2^{-n}) \quad (3.3)$$

În fig. 3.2 este dată grafic caracteristica de transfer ideală a unui convertor numeric-analogic de trei biți și semn. S-a utilizat codul binar natural pentru partea numerică, semnul fiind codificat printr-un bit suplimentar: pentru "-" bitul de semn are valoarea 1 , iar pentru "+", valoarea 0 (codul binar direct). Pentru situațiile cu caracteristică de transfer bipolară (când apare necesitatea introducerii numerelor cu semn) se utilizează codul complementar față de doi și codul complementar față de 1.

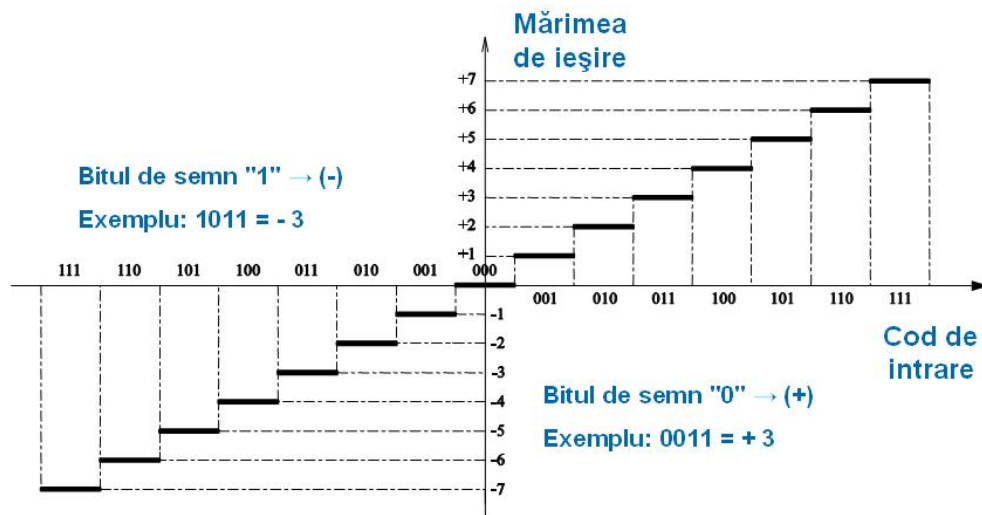


Figura 3.2