



ELEMENTELE COMPONENTE TIPICE ALE TRADUCTOARELOR

1. Elementele sensibile ale traductoarelor electronice

Elementele sensibile permit detectarea mărimilor măsurate, adică fac legătura cu procesul. În consecință, acestea constituie partea cea mai diversificată a traductoarelor.

Numărul / varietatea mărimilor fizice care intervin în procesele automatizate este foarte mare → o multitudine de tipuri de elemente sensibile.

Totusi se pot grupa elementele sensibile după două criterii, suficiente pentru atingerea scopului urmărit:

a) După principiul conversiei mărimii fizice $x(t)$ aplicate la intrare în semnal electric:

- elemente sensibile parametrice;
- elemente sensibile generatoare.

b) După natura mărimii de măsurat, se disting tipuri ce poartă denumirea domeniului de aplicație, cum ar fi:

- elemente sensibile mecanice - pentru deplasări, viteze, forțe, cupluri;
- elemente sensibile termice - pentru temperaturi, debite;
- elemente sensibile chimice - pentru pH, Redox, concentrație, umiditate;
- elemente sensibile electrice - pentru curenți, tensiuni, putere activă, putere reactivă etc.

Elementele sensibile ale traductoarelor electronice

Clasificarea a) - importantă pentru evidențierea fenomenelor fizice care stau la baza conversiei mărimii de măsurat într-un anumit tip de mărime electrică, aceasta conducând la alegerea corespunzătoare a circuitelor de intrare și chiar a structurii adaptorului.

Clasificarea b) - evidențiază aspectele concrete de utilizare a traductoarelor, în special cele legate de performanțe, respectiv alegerea elementului sensibil adecvat unei aplicații date.

Ca o caracterizare generală - pentru clasificarea a) - putem spune că:

- *elementele sensibile parametrice* (denumite și *pasive* sau *modulatoare*) convertesc variația mărimii de intrare (parametrul de proces) x în variația unui parametru de circuit electric (de exemplu R, L, C). În consecință, au nevoie de energie externă de activare (de unde și denumirea de elemente sensibile pasive). Așadar:

$$x \rightarrow R, L, C \quad \Delta x \rightarrow \Delta R, \Delta L, \Delta C$$

- *elementele sensibile generatoare* - numite și *active* - sunt folosite pentru preluarea mărimilor active (acele mărimi care au o putere asociată din care o parte - mică - poate fi folosită în procesul de conversie); → elementele sensibile active generează un curent, o tensiune sau o sarcină electrică. Așadar:

$$x \rightarrow I, U, Q \quad \Delta x \rightarrow \Delta I, \Delta U, \Delta Q$$



Elemente sensibile parametrice

Vom exemplifica - în continuare - cele mai întâlnite situații de elemente sensibile parametrice din construcția traductoarelor.

♦ Considerându-se un conductor omogen, rezistența sa electrică este

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Variația de rezistență ΔR poate fi obținută pe baza variației uneia din cele trei mărimi care dau expresia rezistenței R , adică

$$\Delta\rho(x) \rightarrow \Delta R; \quad \Delta l(x) \rightarrow \Delta R; \quad \Delta S(x) \rightarrow \Delta R.$$

Exemple: în construcția traductoarelor rezistive de deplasare - liniară sau unghiulară - se folosește proprietatea $\Delta l(x) \rightarrow \Delta R$, la fel și în cazul traductoarelor rezistive de nivel, în timp ce la traductoarele de forță cu mărci tensometrice se folosesc toate cele trei modalități de variație.

Foarte întâlnite - variantele de traductoare rezistive bazate pe *variația rezistivității* (termorezistențe, termistoare - sub acțiunea temperaturii, fotorezistențe, fototranzistoare, în general fotoelemente - sub acțiunea radiațiilor luminoase, umidometre, concentrații - sub acțiunea unor procese chimice).

Elemente sensibile parametrice

Exemplificări:

- la o termorezistență relația de funcționare este:

$$R_{\theta} = R_{\theta_0} \left[1 + \alpha(\theta - \theta_0) + \beta(\theta - \theta_0)^2 + \gamma(\theta - \theta_0)^3 + \dots \right]$$

Variația rezistenței R_{θ} cu temperatura mediului θ în care se face măsurarea se realizează datorită modificărilor de rezistivitate care au loc în firul conductor din care este construită termorezistența.

- la o diodă semiconductoare dependența este:

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{qU_D}{kT}} - 1 \right) \quad (*) \quad \text{Dacă } I_D = \text{ct atunci:} \quad U_D = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_D + I_0}{I_0}$$

Dependența (*) se explică prin modificările de concentrație a purtătorilor prin joncțiunea diodei în funcție de temperatură, adică - în esență - are loc, de asemenea, o variație de rezistivitate.

Elemente sensibile parametrice

- ◆ În cazul unei bobine cilindrice - cu lungime mare și diametru mic - inductivitatea proprie este dată de relația:

$$L = \frac{N^2}{\sum_{k=1}^n \frac{l_k}{\mu_k S_k}} = \frac{N^2}{\sum_{k=1}^n \frac{l_k}{\mu_0 \mu_{r_k} S_k}} \quad \Delta l_k(x) \rightarrow \Delta L; \quad \Delta S_k(x) \rightarrow \Delta L; \quad \Delta \mu_{r_k}(x) \rightarrow \Delta L.$$

astfel de variante întâlnindu-se la traductoarele inductive de deplasare cu întrefier variabil sau cu miez mobil.

- ◆ La un condensator plan capacitatea electrică este dată de relația:

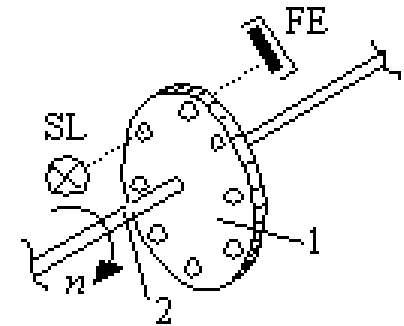
$$C = \frac{\epsilon S}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} \quad \Delta \epsilon_r(x) \rightarrow \Delta C; \quad \Delta S(x) \rightarrow \Delta C; \quad \Delta d(x) \rightarrow \Delta C$$

astfel de variante întâlnindu-se la traductoarele capacitive de deplasare, presiune, nivel, altitudine etc.

Sunt situații în care elementul sensibil nu se poate cupla direct la variabila de proces x , în aceste cazuri folosindu-se un *circuit modulator* sau un *corp de probă*.

Elemente sensibile parametrice

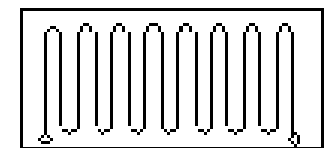
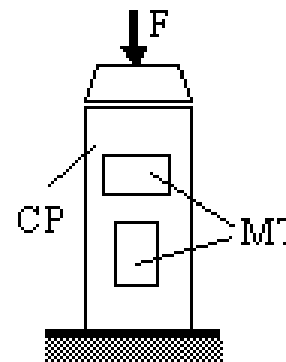
A. La măsurarea turației cu ajutorul unui fotoelement (fotodiodă, fototranzistor) se folosește un dispozitiv modulator alcătuit dintr-un disc prevăzut cu orificii echidistante (pe circumferință), de o parte fiind poziționată o sursă luminoasă, iar de cealaltă fotoelementul (figura).



Pentru o rotație completă a discului, la ieșirea fotoelementului se obțin k impulsuri (numărul de orificii de pe disc), astfel că frecvența de rotație va fi:

$$n[\text{rot} / \text{min}] = 60 \frac{f[\text{Hz}]}{k} \quad \text{unde } f \text{ este frecvența impulsurilor obținute la ieșirea fotoelementului.}$$

B. La măsurarea forțelor cu ajutorul unei mărci tensometrice - fig.3.2 - se folosește un corp de probă CP pe care se lipește marca tensometrică MT.



MT
(detaliu)

Elemente sensibile generatoare

Aceste elemente sensibile sunt specifice mărimilor active → pentru preluarea lor nu mai sunt necesare surse auxiliare de energie.

Sub acțiunea mărimii de intrare elementul sensibil generează un curent, o tensiune sau o sarcină electrică - depinzând de intrare - care ar putea fi folosite, ca atare, drept semnale de ieșire din traductor.

Aceste semnale, fie sunt de valori absolute mici, fie provin de la surse cu impedanțe interne mari, astfel că este necesară conversia lor în semnal calibrat de ieșire cu ajutorul unor adaptoare; chiar și circuitele de intrare sunt realizate cu elemente active - alimentate cu energie auxiliară - pentru a preveni efectul de retroacțiune către mărimea măsurată.

Funcționarea elementelor sensibile generatoare se bazează pe o serie de legi fizice sau efecte fizice, cum ar fi:

Legea inducției electromagnetice - generarea - prin inducție - a unei tensiuni sub acțiunea mărimii de măsurat:

$$e(t) = -N \frac{d\varphi(t)}{dt}$$

N este numărul de spire al bobinei străbătută de fluxul variabil $\varphi(t)$.

Elemente sensibile generatoare

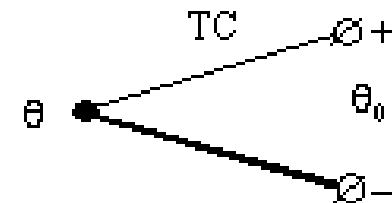
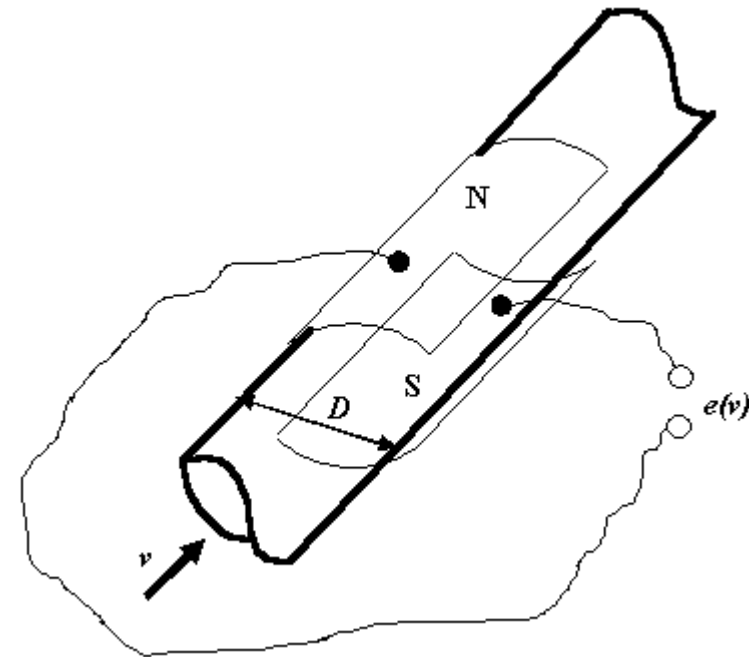
Exemplu: La traductoarele electromagnetice de debit, la care lichidul curge perpendicular față de direcția de aplicare a inducției (fluxului) – figura.... - rezultă:

$$e = B \cdot l \cdot v \quad \text{cu} \quad v = \frac{Q_v}{S} \quad Q_v = \frac{\pi D}{4B} e(v)$$

Efectul termoelectric (efect Seebeck) - generarea unei tensiuni termoelectromotoare (t.t.e.m.) de contact între două metale diferite (termocuplul TC din figura.....):

$$t.t.e.m. = k_{TC} (\theta - \theta_0)$$

Efectul piezoelectric - constă în aceea că materiale anizotrope (de exemplu cuarțul) supuse la compresiune (forță, presiune) se încarcă spontan cu o sarcină electrică.





Elemente sensibile generatoare

Efectul piroelectric - se manifestă la anumite substanțe de sinteză (artificiale) care - supuse la variații de temperatură - se încarcă spontan cu sarcini electrice

Efectul Hall - manifestat la anumite semiconductoare, care, în prezența unui câmp electric, generează o tensiune de ieșire dependentă de inducția electromagnetică a câmpului B

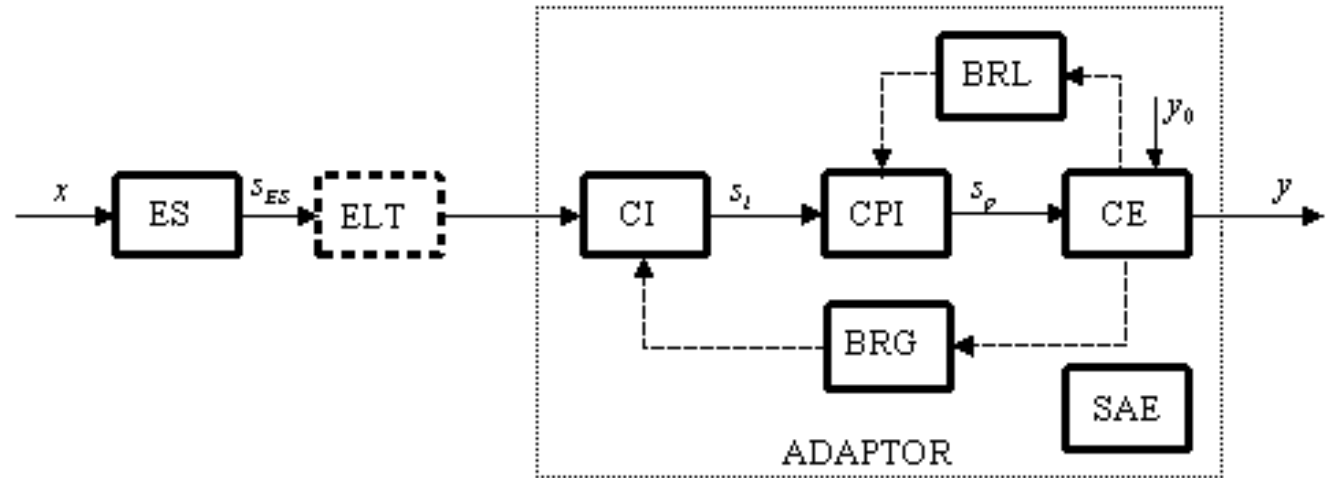
Efectul fotovoltaic - se manifestă la anumite dispozitive semiconductoare, la care - dacă joncțiunea $p-n$ este iluminată din exterior (*efect fotovoltaic extern*) - are loc o deplasare a purtătorilor de sarcină, deci se generează un curent electric

Efectul electrochimic - se manifestă prin generarea unei t.e.m. între doi electrozi plasați în soluții cu concentrații de ioni diferite (traductoare de pH, Redox, potențial de electrod).

Concluzie: Elementele sensibile de tip generator necesită - în aparență - structuri mai simple de adaptoare (nu mai este necesară conversia variației unui parametru de circuit electric în variație de semnal electric). Totuși, efectele anterior menționate produc semnale electrice slabe (de mică amplitudine), sursele echivalente care le generează au impedanțe interne mari, astfel că se impun amplificatoare de intrare cu impedanțe foarte mari, ecranări speciale etc.

Adaptoare electronice

Adaptorul preia
semnalul de la elementul
sensibil ES și îl
transformă în semnal
electric calibrat y variind
în limite unificate.



Structura unui adaptor este
prezentată în figura... în care:

CI - circuit de intrare;

CPI - circuit de prelucrare
intermediară;

CE - convertor de ieșire;

BRL - bloc de reacție locală;

BRG - bloc de reacție globală;

SAE - surse auxiliare de energie.

Circuitul de intrare CI are forma cea mai diversificată, întrucât acesta trebuie să preia atât variațiile elementelor sensibile parametrică, cât și a celor de tip generator

Semnalul s_i → tensiune necalibrată și - de cele mai multe ori – depinde neliniar de intrarea x ; semnalul s_i poate conține - pe lângă componenta utilă - și o serie de componente parazite, fie provenite de la metoda de măsurare, fie zgomote din intrare.



Adaptoare electronice

În cadrul circuitului de prelucrare intermediară CPI, corelat cu CE și BRL (BRG), se realizează liniarizarea semnalului și se elimină zgomotele / componentele parazite, astfel că semnalul s_p este o tensiune proporțională cu x , variind într-un domeniu convenabil funcționării corecte a circuitelor electronice folosite (de exemplu 0V...1V; 0V...5V; 0V...10V etc).

Convertorul de ieșire CE asigură semnalul electric calibrat, variind în limite unificate riguroase, cu o putere asociată suficientă pentru realizarea caracteristicilor de ieșire impuse traductorului (de exemplu, la o ieșire în curent continuu 4mA...20mA se admite o rezistență de sarcină $R_s = 0 \dots 660 \Omega$, cu o liniaritate $\leq 0,1\%$, reproductibilitate $\leq 0,1\%$, clasă de precizie 0,2, protecție la întreruperea circuitului extern etc).

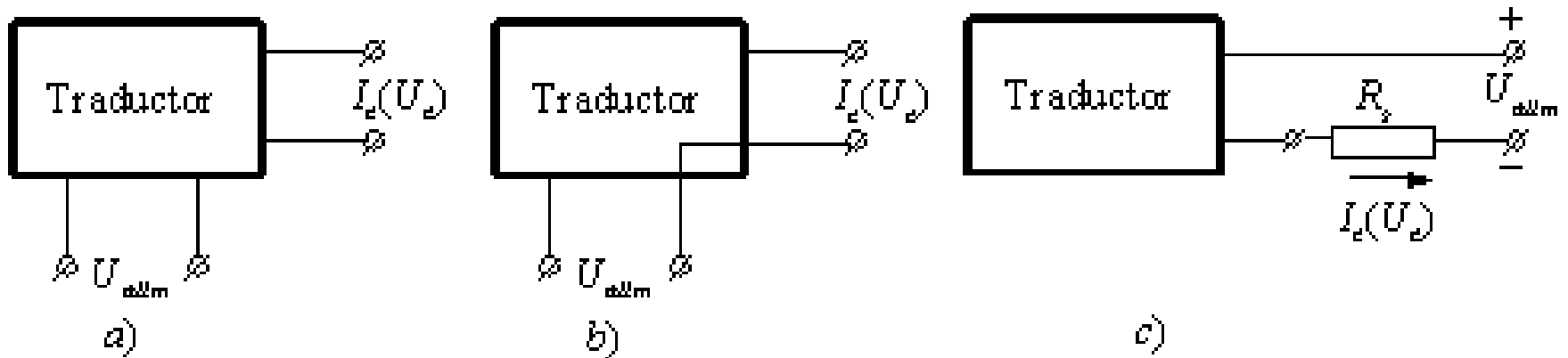
Liniarizarea caracteristicii statice $y = f(x)$ se poate realiza fie pe calea directă (în cadrul CPI), fie - cel mai frecvent - pe calea de reacție BRL sau BRG.

De reținut că, în cadrul CPI, se pot găsi o serie de blocuri speciale de calcul, cum ar fi: multiplicatoare, extractoare de radical, ridicare la pătrat, mediere, filtrare etc.

Pentru alimentarea tuturor circuitelor electronice din schema adaptorului, inclusiv a circuitului de intrare CI, se folosesc sursele auxiliare de energie SAE. De asemenea, în cadrul convertorului de ieșire CE, semnalul y_0 asigură ieșirea decalată ($\neq 0$) în cazul curentului unificat.

Adaptoare electronice

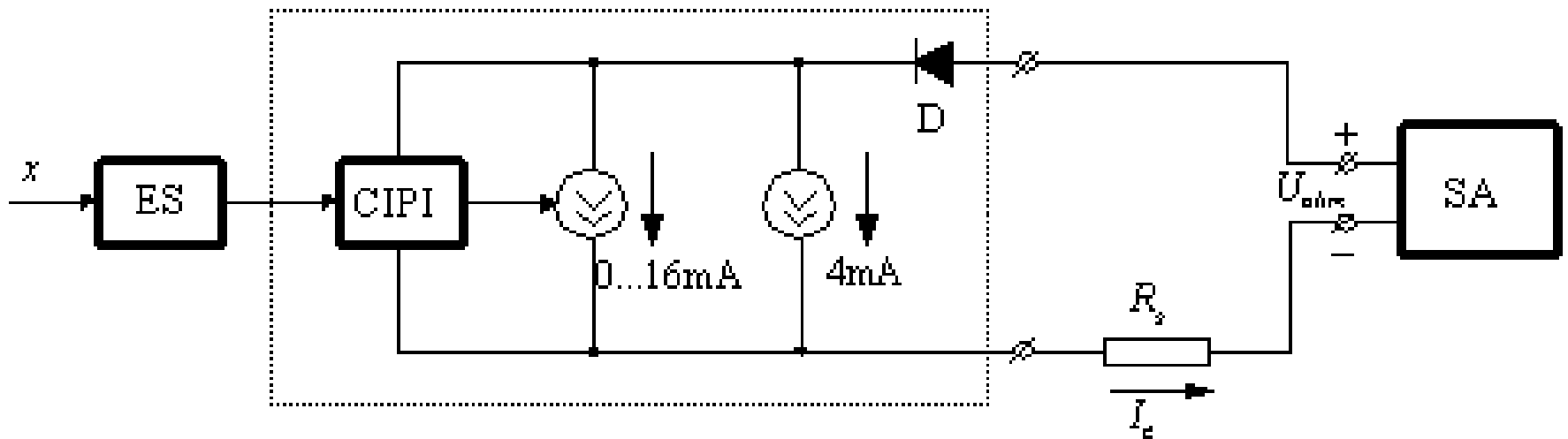
Funcție de modul cum se conectează în exterior SAE și semnalul calibrat de ieșire se disting variantele (figura.....):



- ◆ *conexiunea pe 4 fire* - fig.a - → 2 fire pentru alimentarea externă U_{alim} și 2 fire pentru semnal (este situația în care alimentarea externă trebuie decuplată de ieșire și intrare);
- ◆ *conexiunea pe 3 fire* - fig.b - situație în care alimentarea externă U_{alim} și semnalul de ieșire au un conector comun;
- ◆ *conexiunea pe 2 fire* - fig.c - la care atât alimentarea externă cât și semnalul de ieșire sunt pe aceleași conductoare.

Adaptoare electronice

Construcția - principală - a adaptoarelor pentru conexiunea pe 2 fire se particularizează prin modul de realizare a convertorului de ieșire, după cum se poate observa din figura....



În principiu → o structură de două surse de curent, una debitând curentul constant de la limita inferioară a domeniului (4mA) și cealaltă un curent proporțional cu mărimea de intrare x .

Circuitul de intrare și prelucrare intermediară CIPI comandă prima sursă de curent cu o tensiune proporțională cu parametrul de proces x , iar dioda D asigură protecția adaptorului la conectarea - accidentală - a sursei de alimentare externă U_{alim} cu polaritatea inversă.