

CAP.3 ALEGEREA ȘI MONTAJUL TRADUCTOARELOR DE DEPLASARE ȘI POZIȚIE DIN CONSTRUCȚIA ROBOTILOR INDUSTRIALI.

3.1 Generalități.

Traductoarele de deplasare și poziție au rolul de a sesiza cantitativ mișcarea din cuplele cinematice conducătoare ale roboților industriali sau a echipamentelor periferice.

Trebuie să se facă distincție între deplasare și poziție. *Deplasarea* pune în evidență mișcarea în sine fără a oferi informație despre situarea elementului mobil față de un reper fix. În același timp *poziția* oferă informație despre situarea unui punct mobil P_{i+1} față de reperul fix considerat în punctul P_0 (fig.3.1).

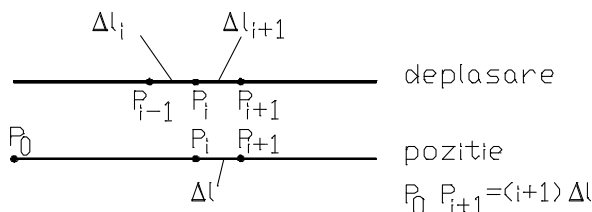


Fig.3.1. Definierea noțiunii de deplasare și poziție

Mărimile de ieșire din traductor și care oferă informația despre deplasare sau poziție este o mărime electrică:

- analogică - traductoarele resolver, inductosyn, rezistiv, capacitiv;
- numerică - traductoare în general optoelectronice.

Măsurarea numerică este caracterizată prin faptul că mărimea de ieșire din traductor, prezentată codificat, reprezintă totdeauna o cifră sau un număr, de obicei în cod binar. Nivelele logice "1" și "0" sunt date de un anumit nivel al tensiunii electrice. După cum informația asupra deplasării este dată prin cifrele "1" și "0" (tren de impulsuri) sau printr-un număr, metoda numerică conduce la măsurare:

- numeric incrementală (MNI)
- numeric absolută (MNA)

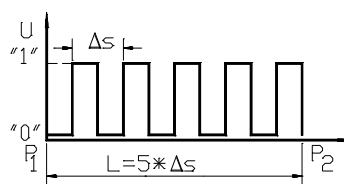


Fig.3.2. Măsurarea numerică incrementală

Măsurarea numerică incrementală (MNI) folosește principiul divizării unității de lungime sau de unghi într-un număr finit de elemente, fiecare element fiind reprezentat la ieșirea din traductor prin semnalele logice, alternative "1" și "0".

S-a reprezentat în figura 3.2 un tren de impulsuri de tensiune. Amplitudinea maximă a unui impuls reprezintă nivelul logic "1" în timp ce nivelul logic "0" este reprezentat de tensiunea zero. Acest tren de impulsuri poate fi asociat distanței $L = (P_1P_2)$ ce urmează a se măsura. Prin însumarea impulsurilor de către un numărător electronic, se obține o informație privind deplasarea L . Traductoarele din această categorie sunt traductoare de deplasare.

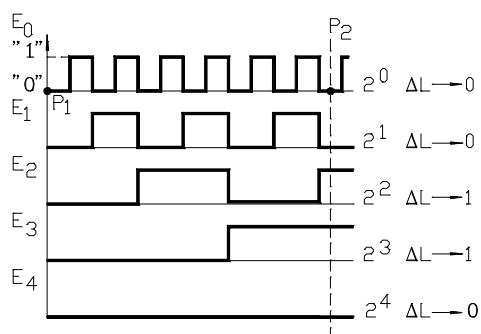


Fig.3.3.Măsurarea numeric absolută

Măsurarea numeric absolută (MNA) folosește divizarea unității de lungime sau de unghi într-un număr finit de elemente. Se folosește în acest sens însă un număr mai mare de trenuri de impulsuri pe un număr egal de canale informaționale (fig.3.3).

Lățimea impulsurilor aparținând la două canale consecutive este în raportul 1/2. Prin citirea celor 5 canale informaționale se obține poziția punctului P_2 , în raport cu originea P_1 , în cod binar cu 5 biți.

Numărul în cod binar 01100 reprezintă numărul de incremente referitoare la această

poziție și se calculează conform relației următoare:

$$0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 12 \quad (3.1)$$

Traductoarele astfel realizate sunt absolute și intră în categoria traductoarelor de poziție.

La măsurări ale unor deplasări mai mari de 360° se folosesc traductoarele ciclic absolute. În acest caz este necesară memorarea numărului de rotații care au fost executate. Traductorul nu poate pune în evidență o deplasare mai mică decât incrementul ΔL . În marea majoritate traductoarele folosite în construcția roboților industriali sunt din categoria celor numerice. În figura 3.4 se prezintă o sinteză a traductoarelor ce dotează o serie de RI pentru montaj.

NUMERICE	
INCREMENTAL	ABSOLUT
Automatix(AID 600), Bosch	Scemi (4C.01, 6P)
Dainichi (PT200-H, PT300-H)	
DEA (A3000), Fanuc (A0, A1, S3)	
FWM, Hirata (ARH 300), IBM	
Hitachi (A3020), Olivetti	
Intermoder, Siemens, Matsushita	
ANALOGICE-ciclic absolute	
ASEA (IRb6, IRb60), KUKA (160/15, 160/60, 200)	

Fig.3.4 Utilizarea traductoarelor de deplasare pentru RI pentru montaj

3.2 Ansamblul cinematic de măsură

În unele cazuri, deplasarea elementului mobil nu poate fi sesizată prin cuplare directă fiind necesară intercalarea unui ansamblu cinematic între traductor și elementul mobil. Pot fi evidențiate astfel două posibilități:

- măsurare directă (MD)
- măsurare indirectă (MI)

Din problematica realizării sistemului de măsurare și din datele tehnice pretinse acestuia, rezultă o serie de concluzii concrete cu privire la sistemul de măsurare. Se impune determinarea celei mai bune variante (MD sau MI) și parametrii de legătură. Măsurarea directă este cea mai simplă din punct de vedere tehnic, dar în unele cazuri nu poate fi aplicată fie din motive de gabarit, fie din motive de asigurarea preciziei de măsurare sau a celor economice. Traductoarele rotative de exemplu revin la un cost mai redus în comparație cu cele liniare.

Prin reducerea deformațiilor statice și dinamice, a jocurilor la mișcarea de rotație, în cazul cuplării directe se obțin preciziile cele mai ridicate. O importanță deosebită se impune modului de cuplare a traductorului la elementul în mișcare mai ales când se impune parcurgerea unei distanțe mari cu viteză mare.

Roboții industriali din punct de vedere mecanic sunt lanțuri cinematice în general deschise sau parțial deschise. Starea de mișcare între cele două elemente componente ale cuplei cinematice conducătoare (fix respectiv mobil) este sesizată de traductorul de deplasare / poziție.

În figura 3.5 sunt prezentate două cuple cinematice conducătoare (R respectiv T) din structura unui robot industrial.

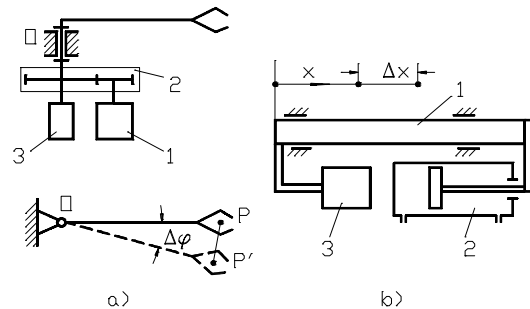


Fig.3.5 Locul traductorului de deplasare la cuplarea directă

- a) 1-acționare; 2-transmisie; 3-traductor
b) 1-element mobil; 2-acționare; 3-traductor

Se impune unui robot industrial executarea unor mișcări cu o anumită precizie Δx_{\min} . Pentru cupla cinematică conducătoare de rotație (fig.3.5a) unghiul $\Delta\varphi$ se poate determina ca fiind:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta x_{\min}}{R} \quad (3.2)$$

unde $R = OP$ este raza de mișcare a punctului caracteristic P. Rezoluția traductorului trebuie să fie inferioară valorii obținute din (3.2). Același lucru se impune și în cazul unei mișcări de

translație.

Pentru traductoarele incrementale de rotație, rezoluția este reprezentată prin relația următoare:

$$\Delta \varphi_{\min} = \frac{2\pi}{N_{\text{imp}}} \quad [\text{rad}] \quad (3.3)$$

unde N_{imp} este numărul de impulsuri la o rotație completă. Se impune astfel să fie îndeplinită inegalitatea:

$$\frac{2\pi}{N_{\text{imp}}} \leq \frac{\Delta x_{\min}}{R} \quad (3.4)$$

În cazul traductoarelor de deplasare rezistive potențiometrice (utilizate în peste 33 % din aplicații) erorile de neliniaritate sau a coeficientului de temperatură, zgomotele la tensiuni mici, erorile datorate contactului cursor - rezistor limitează utilizarea acestora. Pentru aceste traductoare rezistive utilizate la controlul unei mișcări liniare există relația:

$$\Delta x = \Delta x_{\min} = \frac{\Delta U_{\min} * l}{U_a} = \frac{\Delta R_{\min} * l}{R} \quad (3.5)$$

unde: U_a este tensiunea de alimentare; U_{\min} este variația minimă a tensiunii de ieșire; l este cursa traductorului; R_{\min} este variația minimă a rezistenței traductorului; R este rezistența traductorului.

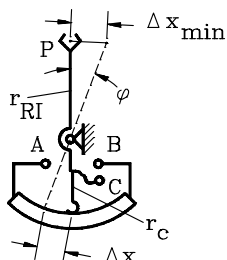


Fig.3.6. Traductor rezistiv de deplasare din cupla cinematică conducătoare

În cazul mișcării de rotație, pentru traductoare rezistive relația de legătura între deplasările liniare este (fig.3.6):

$$\frac{\Delta x_{\min}}{r_{RI}} = \frac{\Delta x}{r_c} \quad (3.6)$$

unde: r_{RI} este raza de mișcare a RI; r_c este raza cursorului traductorului.

Având în vedere relația (3.5) relația anterioară (3.6) devine:

$$\frac{\Delta x_{\min}}{r_{RI}} = \frac{\Delta U_{\min} * \varphi_{\max}}{U_a} \quad (3.7)$$

unde φ_{\max} este cursa maximă a traductorului.

Măsurarea indirectă constituie soluția în care măsurarea se face prin intermediul subsansamblului cinematic de măsură. Acest subsansamblu intervine în cadrul sistemului informațional prin toate caracteristicile sale de precizie, repetabilitate, domeniu de măsură etc.

În figura 3.7 sunt prezentate câteva modalități de conectare a traductorului la elementul mobil a cărui mișcare trebuie sesizată (a: 1,4 -roți dințate; 2-motor; 3-traductor; b: 1-cremalieră; 2-cilindru pneumatic; 3-traductor; 4-roată dințată; c: 1-motor; 2-reductor; 3-traductor; 4-transmisie șurub-piuliță; 5-masă în mișcare; d: 1-cupla cinematică conducătoare; 2-transmisie cu element flexibil; 3-traductor). Relații asemănătoare între parametrii traductorului și condițiile de precizie impuse se pot determina și în acest caz.

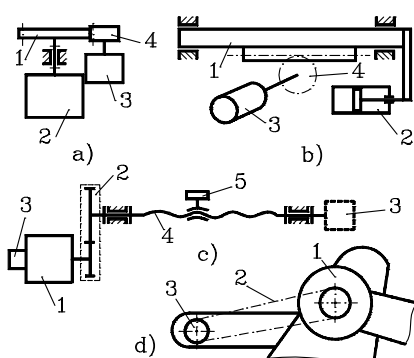


Fig.3.7. Soluții de conectare a traductorului de deplasare

În cazul traductoarelor incrementale din dotarea modulelor de rotație între unghiul minim de înregistrat și rezoluția traductorului există relația:

$$i = \frac{\Delta\varphi}{\varphi_{\min}} = \frac{z_4}{z_1} = \frac{\Delta x_{\min}}{R} * \frac{N_{imp}}{2\pi} \quad (3.8)$$

unde: i este raportul de transmitere; z_4 și z_1 sunt numerele de dinți ale roților dințate 4 (aparținând cuplei cinematice conducătoare) și 1 (de pe arborele traductorului). Pentru cupla cinemantică conducătoare de translație (fig.3.7b) unghiul de rotație al pinionului 4 este dat de relația:

$$\varphi = \frac{\Delta x_{\min}}{r_4} \quad (3.9)$$

și este egal cu unghiul de rotație al traductorului (r_4 este raza pinionului). Există deci relația:

$$\varphi = \varphi_{\min} = \frac{2\pi}{N_{imp}} \quad (3.10)$$

În cazul cuplei cinematice conducătoare de translație din figura 3.7c traductorul se poate cupla direct pe șurubul (3) sau pe arborele motorului (M). În primul caz unghiul de rotație al șurubului (3) este:

$$\varphi = \Delta x_{\min} * \frac{2\pi}{p} \quad (3.11)$$

unde "p" este pasul șurubului. Având în vedere relația de definire a rezoluției traductorului se impune să existe condiția:

$$p \leq \Delta x_{\min} * N_{imp} \quad (3.12)$$

În cel de-al doilea caz, raportul de transmitere "i" al reductorului 2 permite definirea relației de legătură între cele două unghiuri:

$$i = \frac{\varphi_{\min}}{\varphi} = \frac{p}{N_{imp} * \Delta x_{\min}} \quad (3.13)$$

Cuplarea indirectă a traductorului rezistiv potențiomtric permite utilizarea traductorului de rotație și la înregistrarea unei mișcări de translație.

Fie modulul de rotație cu schema cinematică din figura 3.8a. Dacă reductorul 1 are raportul de transmitere "i" atunci există relația:

$$i = \frac{\phi_{\min}}{\phi} = \frac{\Delta U_{\min}}{U_a} * \phi_{\max} * \frac{r_{RI}}{\Delta x_{\min}} \quad (3.14)$$

Pentru modulul de translație prezentat în figura 3.8b relația de legătură este (r_3 este raza

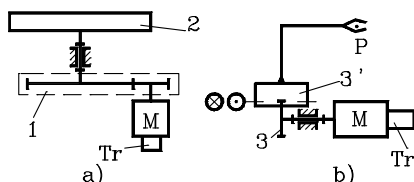


Fig.3.8. Soluții de conectare a traductorului:

M-motor; Tr-traductor; 1-reductor;
2-modul rotație; 3,3'-transmisie pinion-cremalieră

pinionului (3):

$$\frac{\Delta x_{\min}}{r_3} = \frac{\Delta U_{\min}}{U_a} \cdot \varphi_{\max} \quad (3.15)$$

Analiza condițiilor ce trebuie îndeplinite de traductorul ales trebuie făcută pentru fiecare caz concret în parte.

Transmișiile utilizate pentru cuplarea indirectă a traductorului trebuie să aibă o precizie cinematică ridicată și momente de inerție reduse.

3.3. Traductoare de deplasare analogice

3.3.1. Generalități.

Aplicațiile industriale ale unor astfel de traductoare sunt de o mare varietate. Din punct de vedere al domeniului de măsurare se înregistrează de asemenea o mare diversificare. În construcția de mașini acest domeniu este de la μm la câțiva metri. O repartizare a diferitelor metode de realizare a traductoarelor de deplasare pe domeniu de utilizare este prezentată în tabelul 3.1 [3.8]

Tabelul 3.1.

Tipul traductorului	0.1×10^{-3} mm	10^{-3} mm	10^{-2} mm	10^{-1} mm	1 mm	10 mm	100 mm
Rezistiv							
Inductiv							
Capacitiv							
Electrocontacte							
Piezorezistiv							

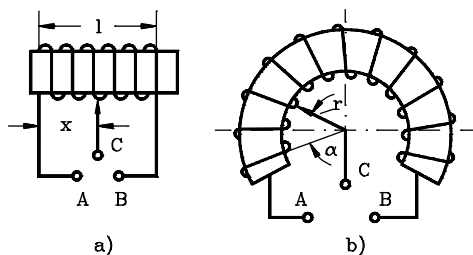


Fig.3.9. Soluțiile principale ale traductorului rezistiv de deplasare:
a)-deplasare liniară; b)- rotație

3.3.2. Traductoare de deplasare rezistive.

3.3.2.1. Considerații teoretice.

Elementul sensibil al traductoarelor de deplasare rezistivă este un rezistor în construcție specială. Acesta asigură dependența funcțională dintre rezistența și deplasarea cursorului.

Schema principală pentru un traductor rezistiv de deplasare liniară, respectiv unghiulară este prezentată în figura 3.9.

Aceste traductoare rezistive pot măsura deplasări liniare și unghiulare într-un domeniu

foarte mare. Măsurătoarea poate avea loc prin cuplarea directă a traductorului, sau pentru deplasări mari, prin intermediul unei transmisii mecanice (de obicei reductoare de turație de precizie). Pentru măsurarea deplasărilor unghiulare mai mari de 360° , s-au realizat modele cu rezistorul dispus elicoidal. De asemenea, pentru măsurarea unor deplasări liniare, se poate utiliza un traductor rotativ cu o transmisie pinion-cremalieră.

Traductoarele rezistive pot fi montate în circuitul de măsurare, fie ca reostat (fig.3.10a), fie ca potențiomtru (fig.3.10b). Se preferă, în general, ultima posibilitate deoarece permite obținerea unui semnal de ieșire în tensiune.

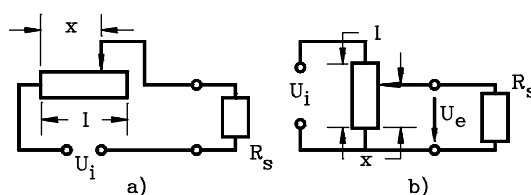


Fig.3.10. Schema electrică de montaj a traductorului rezistiv:

a)- montaj reostatic; b)-montaj potențiomtric

În cazul montajului potențiomtric, mărimea de ieșire este:

$$U_e = \frac{U_i \frac{x}{l}}{1 + \frac{R}{R_s} \frac{x}{l} (1 - \frac{x}{l})} \tag{3.16}$$

unde U_i este tensiunea de alimentare (c.c) iar R_s este rezistența de sarcină.

Pentru traductoarele de rotație, distanța x parcursă de cursor este $x = \alpha \cdot r$, unde α este unghiul de rotație iar r este raza cursorului.

În figura 3.11a, se prezintă caracteristica statică teoretică a traductorului rezistiv. Pentru reducerea neliniarității caracteristicii statice, se recomandă ca $R_s > R$ ($R_s/R = 10 - 100$).

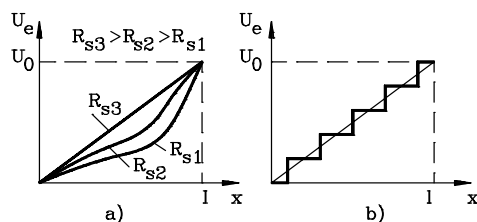


Fig.3.11. Caracteristica statică a traductorului rezistiv:

a)-cazul teoretic; b)- rezistor bobinat

rezistive, unde rezistorul este realizat prin bobinare, caracteristica statică nu este o curbă continuă, ci o succesiune de trepte (fig.3.11b).

În unele cazuri caracteristica traductorului poate căpăta aspecte particulare impuse de domeniul de utilizare. În figura 3.12 sunt prezentate scheme principale și caracteristicile aferente.

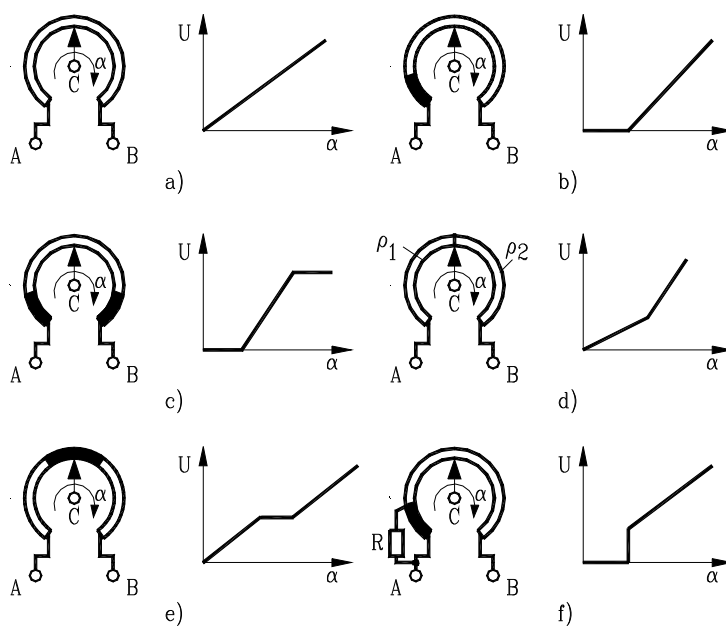


Fig.3.12. Variante de traductoare rezistive de deplasare și caracteristicile corespunzătoare

3.3.2.2. Aspecte constructive privind traductoarele rezistive de deplasare.

Constructiv, traductorul constă în principal dintr-un suport izolator pe care se realizează bobinat sau pelicular, o rezistență, un contact mobil (cursor) și o carcasă.

Față de rezistența peliculară, cea realizată prin bobinare prezintă dezavantajul variației rezistenței în trepte la deplasarea cursorului (egală cu rezistența unei spire). O altă sursă de erori care afectează liniaritatea traductorului cu rezistență bobinată este neuniformitatea bobinării și a rezistenței conductorului.

Materialul utilizat pentru rezistență trebuie să prezinte o rezistivitate mare, coeficient mic de variație cu temperatura a rezistivității, stabilitatea bună în timp a caracteristicilor, rezistență bună la coroziune, calitate înalte de izolare, rezistență mare la rupere și contact.

Pentru traductoarele de precizie normală, se utilizează rezistoare din constantan,

manganină, aliaje crom-nichel. Pentru traductoarele de înaltă precizie se recomandă aliaje pe bază de platină, aur, argint, paladiu. Depunerile peliculare se realizează în mod frecvent, prin evaporarea în vid, a materialului. Pelicula de grosime 0.05 - 0.001 mm, poate fi metalică, sau pe baza de elastomer conductiv.

O atenție deosebită se acordă materialului pentru cursor. Contactul dintre cursor și firul conductor trebuie să fie asigurat în permanență și să prezinte o rezistență electrică redusă.

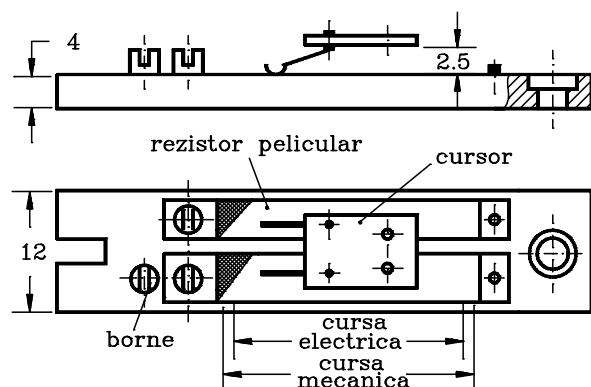


Fig.3.13. Soluția constructivă a traductorului rezistiv liniar

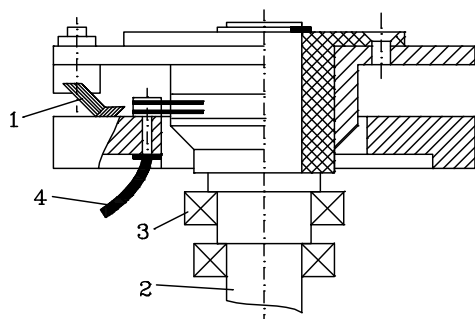


Fig.3.14. Soluția constructivă a traductorului rezistiv de rotație

Soluția constructivă pentru elementul sensibil (rezistență peliculară, cursor) al unui traductor pentru mișcare de rotație este prezentată în figura 3.14. Elementele aflate în mișcarea de rotație (cursorul montat pe arborele traductorului) se montează prin intermediul unor lagăre materializate sub diverse forme. Astfel, se utilizează atât rulmenți cu bile, rulmenți cu ace, cât și lagăre sinterizate, sau lagăre de alunecare din materiale plastice. O modalitate de fixare a traductorului față de un ansamblu se prezintă în figura 3.15. Legătura dintre arborele

Materialul cursorului trebuie să fie rezistent la uzură și ușor prelucrabil. Cele mai recomandate materiale sunt metalele prețioase (platină-iridiu, paladiu-iridiu). Cursorul se poate realiza fie sub forma de pachet de fire sau lamele, fie sub forma unei role cilindrice. Contactul dintre cursor și firul conductor se realizează prin forță $(3 - 100) \cdot 10^{-3}$ N. Uneori, în vederea reducerii uzurii, se întrebuițează un contact de rostogolire, folosindu-se o rolă cilindrică.

La alegerea materialului carcasei, se are în vedere, că acesta trebuie să prezinte proprietăți dielectrice bune, anticorozive și antimagnetice. Dacă cerințele privind rigiditatea și precizia nu sunt mari, atunci se pot utiliza materiale nemetale (textolit, ebonită, sticlă organică, ceramică).

Soluțiile constructive depind în principal de tipul traductorului (deplasare liniară sau rotație), prezentând însă o diversificare și funcție de fabricant. În figura 3.13, se prezintă soluția constructivă adoptată la realizarea rezistorului, cursorului și a fixării față de carcasa în cazul unui traductor de deplasare liniară.

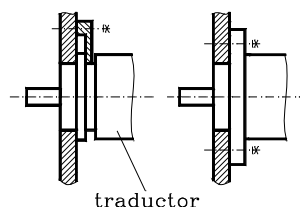


Fig.3.14. Fixarea traductorului de rotație

traductorului și elementul a cărei deplasare se măsoară, se realizează prin cuplaje cardanice miniaturale, cuplaje cu furcă sau cuplaje elastice speciale [3.8].

Unele firme constructoare realizează un ansamblu monobloc traductor – transmisie reductoare de precizie. Obținerea unor precizii bune de măsurare impune condiții severe asupra preciziei de realizare și de montaj a pieselor componente ale traductorului. Astfel, toleranțele impuse pentru jocul axial și cel radial al arborelui traductorului sunt de 0.05 μm .

3.3.2.3. Concluzii finale.

Realizările industriale ale traductoarelor rezistive de deplasare sunt de o mare diversificare. Din acest motiv și parametrii acestora variază într-o gamă largă.

Momentele și forțele de antrenare pentru cursor sunt reduse: $M < 2.5 \text{ Nmm}$, $F < 0.08 \text{ N}$.

Puterea disipată pe rezistorul traductorului depinde de domeniu de măsură: 10 W pentru o cursă liniară de 250 mm sau 2.5 W pentru o cursă unghiulară de 355° [3.8].

Viteza maximă de deplasare atinge valori de 1.5 m/s și respectiv 600 rot/min.

Factorii de care trebuie să se țină cont la alegerea traductoarelor rezistive sunt:

1. Factori de natură electrică:
 - liniaritatea cerută de instalația în care se montează traductorul;
 - toleranța asupra rezistenței totale;
 - rezoluția și efectele acesteia;
 - suficientă izolație electrică;
 - insensibilitatea la efecte capacitive și inductive parazite;
 - lipsa paraziților radiofonici.
2. Factori de natură mecanică:
 - durata de funcționare adecvată performanțelor anticipate;
 - adaptabilitatea la condițiile mediului ambiant: temperatură, umiditate;
 - capacitatea de a rezista la vibrații fără deteriorări ale contactului;
 - precizia suprafețelor de montare și ale capătului de arbore;
 - posibilitatea unui reglaj ușor a punctului de zero;
 - frecare statică acceptabilă.

3.3.3. Traductoare de deplasare inductive

3.3.3.1. Considerații teoretice

Traductoarele inductive realizează o dependență funcțională (și nu o transformare) între mărimea de intrare – o deplasare liniară sau unghiulară – și mărimea de ieșire electrică, variația inductanței L . Dependența $L = f(x)$ dintre cele două mărimi de natură diferită, constituie caracteristica statică a traductorului.

Principial traductoarele inductive pot fi realizate cu o bobină sau mai multe bobine,

simple sau cuplate având circuite sau porțiuni de circuit feromagnetic. Schemele electrice de măsurat, destinate traductoarelor inductive, sunt echipate numai cu surse de semnal de curent alternativ. Traductoarele inductive funcționează de cele mai multe ori la frecvența rețelei (50 Hz). Pentru măsurări dinamice și de mare precizie este necesară alimentarea montajelor cu semnale de frecvență înaltă (1 kHz ... 50 kHz).

Exceptând unele soluții constructive speciale, traductoarele inductive, se clasifică în trei grupe principale:

- sisteme în care este influențată o singură inductanță (bobine simple și duble);
- sisteme în care sunt influențate două inductanțe, în sensuri contrare (bobine diferențiale);
- sisteme în care sunt influențate inductanțe mutuale (transformatoare diferențiale).

Măsurările cu ajutorul acestor traductoare au la bază modificarea parametrilor circuitului magnetic, ca o consecință a schimbării poziției relative a unor porțiuni ale acestuia, în procesul de măsurare.

La măsurările experimentale este necesar să se utilizeze porțiunea cea mai

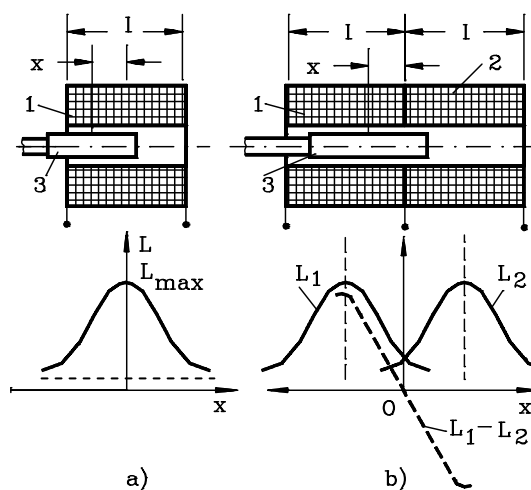


Fig.3.15. Scheme principale și caracteristici statice aferente:

- a) bobină simplă; b) bobină diferențială
(1,2 –bobine; 3-miez feromagnetic)

convenabilă a caracteristicii statice, aceea căreia îi corespunde o sensibilitate suficient de mare, și în special, din zona liniară a acesteia. Caracteristicile statice ale traductoarelor inductive cu bobine simple respectiv diferențiale sunt prezentate în figura 3.15. Se remarcă neliniaritatea caracteristicii statice pentru traductorul cu bobina simplă. Sunt evidențiate elementele componente ale traductorului. În cazul "a" caracteristica statică este pronunțat neliniară datorită câmpului neomogen creat în bobină. Se elimină acest dezavantaj folosind modelul diferențial (fig.3.15b). Punctul de referință O corespunde poziției în care miezul este introdus în mod egal în cele două bobine. Alimentarea montajului se realizează la o tensiune sinusoidală U_i și frecvența f . Deplasarea miezului mobil, în raport cu punctul median, are ca efect apariția unei diferențe de impedanțe:

$$\Delta Z = Z_1 - Z_2 \quad (3.17)$$

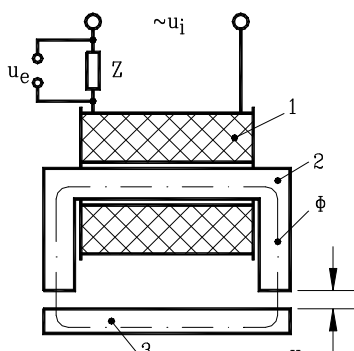


Fig.3.16 Traductor inductiv cu armătură mobilă

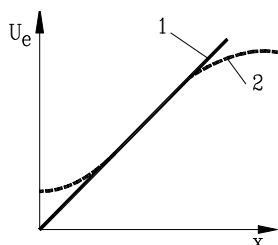


Fig.3.17 Caracteristica statică a traductorului cu armătură mobilă

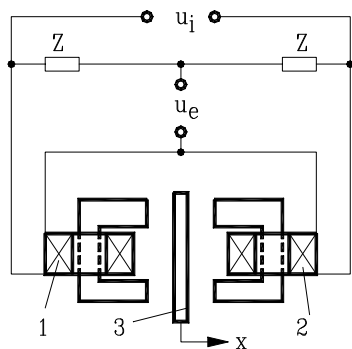


Fig.3.18 Traductor inductiv diferențial

unde Z_1 și Z_2 sunt impedanțele celor două bobine. Variația ΔZ este pusă în evidență prin conectarea celor două bobine într-o punte de impedanțe [3.8]. Aceste traductoare se folosesc pentru curse liniare cuprinse în intervalul 1... 300 mm.

Varianta principală a elementului sensibil cu întrefier variabil pentru un traductor inductiv este prezentată în figura 3.16. Bobina "1" este plasată pe miezul feromagnetic "2". Acest miez folosește ca și cale de închidere a fluxului magnetic Φ creat de bobină. Armătura mobilă "3" modifică, în mișcarea sa liniară, întrefierul "x" și totodată reluctanța magnetică a circuitului astfel format.

Tensiunea de ieșire U_e este proporțională cu întrefierul:

$$U_e \cong k \cdot U_i \cdot x \quad (3.18)$$

unde constanta "k" depinde de parametrii geometrici și de material ai circuitului magnetic [3.8]. Caracteristica statică teoretică (conform rel.3.18) este liniară (curba "1") (fig.3.17). Caracteristica reală (curba "2") este neliniară la capete de cursă. Liniaritatea se consideră acceptabilă în general pentru $x \in (0.3...0.4) \cdot x_{\max}$ [3.8].

Îmbunătățirea caracteristicii statice se obține utilizând o schemă diferențială (fig.3.18).

Tensiunea de ieșire este dată de expresia:

$$U_e = \frac{U_i}{2} \cdot \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \cong \frac{U_i}{2} \cdot \frac{x_0 - x_1}{x_0} \quad (3.19)$$

unde x_0 este întrefierul mediu dintre cele două bobine "1" și "2" iar x_1 este întrefierul la un moment dat:

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad (3.20)$$

Caracteristica traductorului este bidirecțională și liniară pe domeniul de lucru.

Traductoarele inductive cu circuit feromagnetic, simplu sau diferențial, se folosesc pentru curse cuprinse în intervalul $x \in (0.01...5)mm$.

O variantă de traductor inductiv cu parametrii superiori este cea realizată pe principiul transformatorului, în variantă simplă sau diferențială (fig.3.19). Două înfășurări

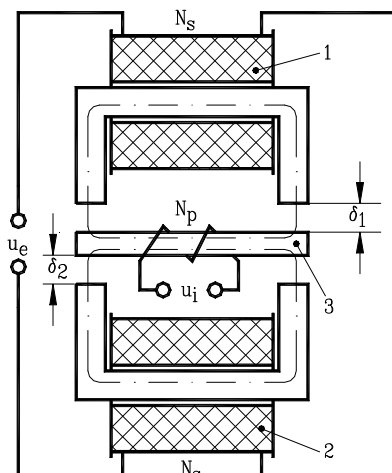


Fig.3.19 Traductor inductiv diferențial de tip transformator

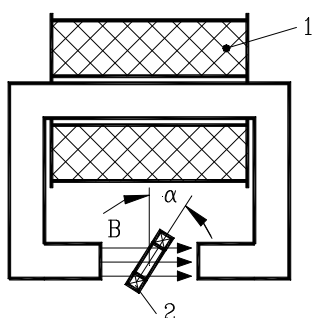


Fig.3.20 Traductor inductiv pentru mișcarea de rotație

secundare “1” și “2”, având fiecare N_s spire, sunt montate pe circuitele feromagnetice corespunzătoare. Față de cele două circuite se deplasează armătura mobilă “3” care are o înfășurare primară cu N_p spire. Fluxul magnetic creat de această bobină se închide prin cele două circuite feromagnetice. Înfășurările secundare sunt conectate în sens contrar astfel că tensiunile electromotoare induse în ele sunt în opoziție de fază. Tensiunea de ieșire are valoarea:

$$U_e = \frac{N_s}{N_p} \cdot \frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_1 + \delta_2} \cdot U_i \quad (3.21)$$

Astfel de traductoare se folosesc pentru curse cuprinse în intervalul $x \in (0.01 \dots 5)mm$.

O serie de alte variante constructive cu suprafață variabilă simplă sau multiplă sunt întâlnite în literatura de specialitate [3.8].

Pe principiul dependenței dintre mișcare și modificarea unei inductivități s-au realizat traductoare inductive și pentru sesizarea mișcării de rotație. Principiul este ilustrat în figura 3.20. Bobina “1” asigură prin circuitul feromagnetic în zona din întrefier un câmp magnetic de inducție B . Tensiunea electromotoare indusă în înfășurarea mobilă “2” este proporțională cu unghiul de rotație:

$$U = N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \sim \sin \alpha \quad (3.22)$$

Caracteristica traductorului se poate aproxima cu dreaptă până la un unghi de aproximativ 60° .

Resolverul (transformator rotativ) și *inductosinul* reprezintă cele mai răspândite variante industriale pentru traductoarele inductive de deplasări unghiulare. În figura 3.21a este prezentată schema principală a înfășurărilor resolverului. Statorul este format din două perechi de poli, decalate spațial între ele cu jumătate de pas polar. Înfășurările diametral opuse sunt conectate în serie formând două circuite alimentate de tensiunile U_1 și U_2 (fig.3.21b). Rotorul este format dintr-o singură pereche de poli prevăzută cu o înfășurare comună. Alimentarea se poate realiza cu tensiuni modulate în amplitudine sau fază. Unghiul α este unghiul dintre înfășurarea rotorică și o înfășurare statorică luată ca referință.

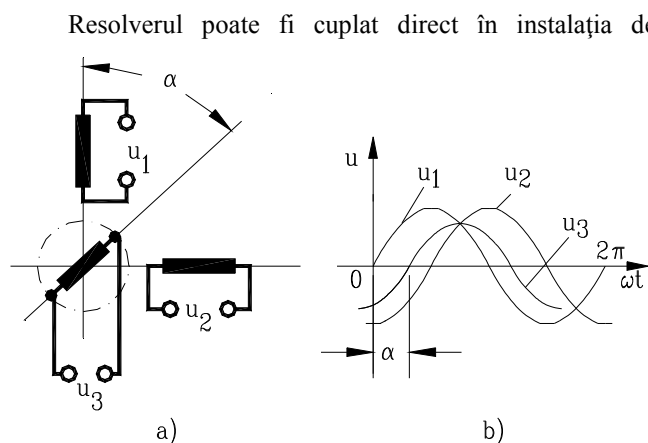


Fig.3.21 Resolverul

Resolverul poate fi cuplat direct în instalația de măsurare nefiind necesară intercalarea unei transmisii intermediare. În plus mai pot fi amintite avantajele: dimensiuni mici, construcție simplă, robustă și ieftină, domenii extinse de utilizare într-un câmp larg de temperatură. Ca dezavantaj (ne semnificativ însă) poate fi menționat aspectul complex de prelucrare a informațiilor.

Inductosinul de rotație este compus în

principal din două părți (fig.3.22):

- partea fixă statorică care are două înfășurări plane, multipolare, executate prin tehnologia cablajelor imprimate;
- partea mobilă rotorică poartă o înfășurare plană, cu pas unghiular constant, executată tot prin tehnologia cablajelor imprimate.

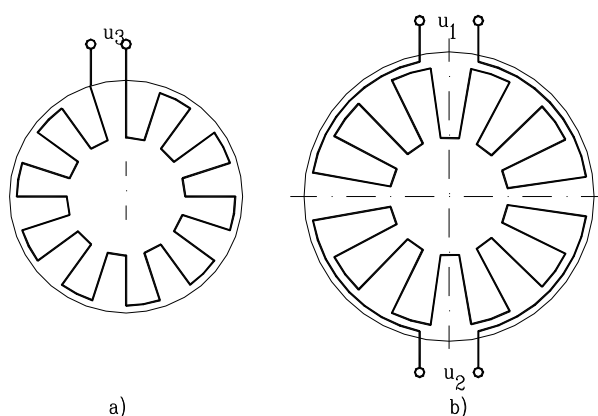


Fig.3.22 Inductosinul pentru rotație

Cele două părți se găsesc în funcționare cu înfășurările față în față, realizându-se un întrefier de 0.1...0.5 mm. Construcția traductorului este asemănătoare cu cea a mașinilor electrice cu întrefier axial dar într-o realizare mult mai fină. Inductosinul funcționează pe baza variației inductanței mutuale dintre înfășurările celor două elemente (fix și mobil). Înfășurările fiind realizate într-un singur strat cu semifabricate din folie de cupru de 70 μm, curenții de alimentare

sunt mai mici de 1 A. În scopul obținerii unor tensiuni electromotoare induse de valoare acceptabilă, se recomandă ca frecvența optimă a tensiunii de lucru să fie aprox. 10 kHz.

În înfășurarea rotorică rezultă tensiunea U_3 care depinde de poziția relativă a înfășurării rotorice față de cele statorice. Alimentarea înfășurărilor statorice se realizează în modulație de fază sau de amplitudine [3.9]

Lucrând la frecvențe ridicate există posibilitatea ecranării zgomotului perturbator. În plus comparativ cu alte sisteme de măsurare, inductosinul este rezistent la vibrații și are o

fiabilitate ridicată.

Traductorul inductosin se poate realiza și în varianta liniară (fig.3.23).

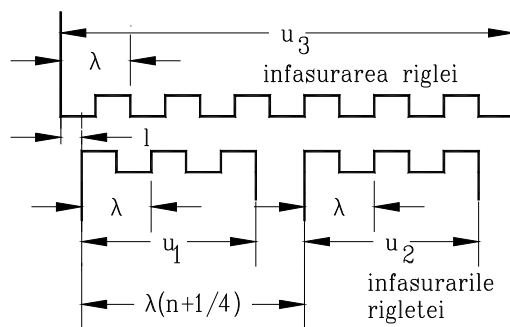


Fig.3.23 Schema principală a înfășurărilor inductosinului liniar

Elementul fix al inductosinului liniar este denumit riglă și poartă o înfășurare uniform distribuită, plană, multipolară, executată prin tehnologii specifice cablajelor imprimate. Elementul mobil, denumit rigletă (cursor), deține două înfășurări, de asemenea uniform distribuite, liniare, plane, multipolare și decalate între ele la 90° electrice. Cele două elemente descrise se găsesc în funcționare cu înfășurările dispuse față în față, plan

paralele cu întrefierul de 0.1...0.3 mm.

În înfășurările rigletei se obțin tensiuni ce depind de poziția relativă a părții mobile față de cea fixă.

Ambele dispozitive sunt reversibile existând posibilitatea alimentării inverse și rezultând în înfășurarea rotorului/rigletei superpoziția tensiunilor primare.

Schema bloc a unui aparat electronic pentru măsurarea deplasărilor cu inductosin este prezentată în figura 3.24[3.9].

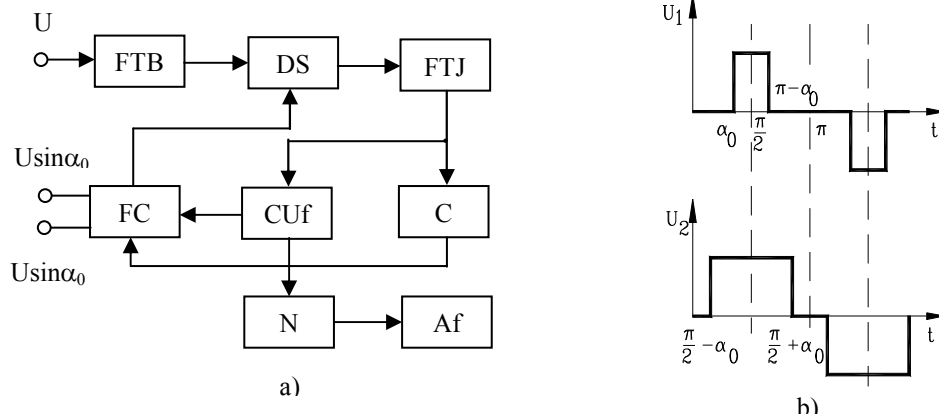


Fig.3.24 Schema-bloc a unui aparat electronic pentru măsurarea deplasărilor cu inductosin

Schema are la bază modulația de amplitudine în alimentarea înfășurărilor rigletei. Formatorul de comenzi (FC) produce două tensiuni având forma din figura 3.24b. Tensiunea culeasă pe riglă, U_R , este aplicată unui filtru trece bandă FTB care are rolul de a elimina armonicile superioare și tensiunile parazite culese iar apoi detectorului sincron DS.

Detectorul DS are rolul de a inversa polaritatea semnalului la fiecare a două alternanță (pentru a menține informația cu privire la sensul deplasării). Filtrul trece jos (FTJ) extrage din semnalul primit componenta continuă pe care o aplică comparatorului (C) și convertorului tensiune frecvență (CUf). Comparatorul (C) stabilește sensul deplasării iar convertorul (CUf) comandă formatorul (FC) și numărătorul (N) cu sistemul de afișare (Af).

Pentru transmiterea la distanță a rezultatului măsurătorilor simultan cu procesul de măsurare a unei deplasări, se folosesc *selsinele*. În mod obișnuit selsinul constă dintr-un stator (s) cu trei înfășurări conectate în stea și cu rotor (r) prevăzut cu o singură înfășurare. Pentru a fi posibil transferul de informație, există două traductoare: selsinul emițător (1) și selsinul receptor (2) (fig.3.25). La bornele selsinului receptor se aplică tensiunile rezultate în înfășurările statorice ale selsinului emițător. Fluxul magnetic rezultat va avea aceeași poziție în raport cu înfășurările statorice ca și rotorul selsinului emițător în raport cu înfășurările sale statorice.

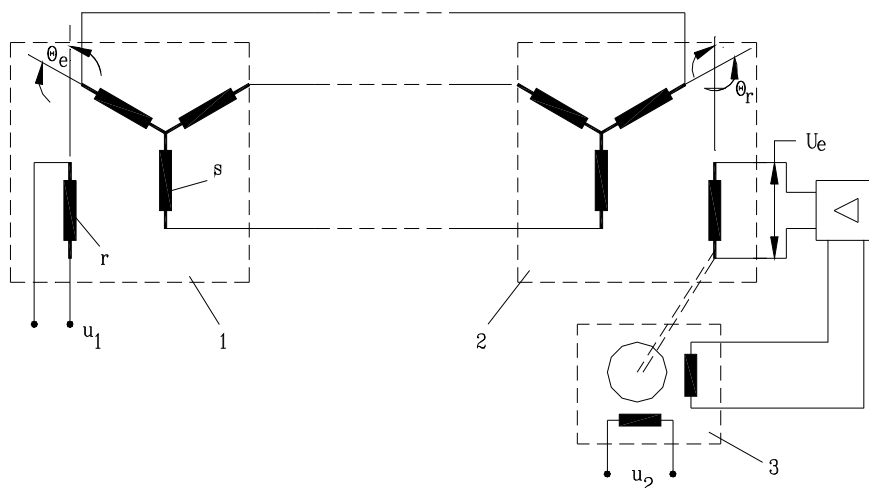


Fig.3.25 Schema principală a conectării selsinului emițător și receptor

Se poate aproxima tensiunea de la bornele selsinului receptor prin relația:

$$U_e \cong k_S \cdot (\theta_e - \theta_r) \quad (3.23)$$

în care k_S este sensibilitatea selsinului (V/rad).

Din punct de vedere constructiv și funcțional, selsinul este practic o micromașină electrică specială cu un rotor și un stator. Legătura electrică dintre rotor și partea fixă statorică se realizează prin sistemul clasic perie – inel colector sau transformator rotativ.

Selsinul emițător și cel receptor lucrează în condiții diferite din punctul de vedere al comportării rotorului față de eventualele oscilații. Selsinul emițător este fixat ca poziție prin sistemul urmărit care este caracterizat în general de inerție și cuplu de frecare mari. În

aceste condiții factorii perturbatori nu au ca efect apariția de oscilații ale rotorului.

Selsinul receptor lucrează în regim de indicator acționând un dispozitiv cu inerție și frecări mici (de ex. un ac indicator) putând intra foarte ușor în oscilații. Se recomandă cuplarea selsinului receptor prin amortizor exterior. Tensiunea U_E se aplică de exemplu pe înfășurarea de comandă a unui micromotor bifazat care este cuplat mecanic cu rotorul selsinului receptor. Rotorul selsinului receptor este rotit până când cele două unghiuri θ_e și θ_r sunt egale.

3.3.3.2. Aspecte constructive privind traductoarele inductive de deplasare.

Așa cu arătam în cele anterioare elementul sensibil al unui traductor inductiv este o bobină. Inductivitatea proprie a acestei bobine este definită ca raportul dintre fluxul magnetic pe conturul circuitului bobinei și curentul care îl produce. Inductivitatea este proporțională cu pătratul numărului de spire și invers proporțională cu suma reluctanțelor magnetice din circuit:

$$L = \frac{\Phi}{i} = \frac{N^2}{\sum R_{mi}} \quad (3.24)$$

unde reluctanța magnetică a unui circuit magnetic de lungime l , permeabilitate magnetică relativă μ_r (μ_0 fiind permeabilitatea magnetică a vidului) și secțiune A se poate defini prin relația:

$$R_m = \frac{l}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A} \quad (3.25)$$

Din cele expuse anterior se poate concluziona că din punct de vedere constructiv elementul sensibil dispune de un circuit feromagnetic, o înfășurare, materiale izolatoare și componente auxiliare.

Circuitul magnetic utilizat fie pentru armătura fixă, mobilă sau miezul mobil intervine în performanțele traductorului (pe lângă parametrii geometrici) cu calitățile sale magnetice exprimate prin permeabilitatea magnetică relativă. Se utilizează fie tablă de oțel electrotehnic (laminată la cald sau la rece) fie miez de ferită [3.8]. Pierderile în circuitul feromagnetic cresc cu frecvența de alimentare a înfășurării. În condiții de lucru prescrise pierderile prin curenți turbionari nu pot fi reduse decât prin mărirea rezistivității materialului și micșorarea grosimii acestuia. În ambele cazuri nu se poate trece peste anumite limite. Pentru a aprecia corectitudinea alegerii materialului de grosime d [mm], rezistivitate ρ [$\mu\Omega\text{cm}$], permeabilitate cunoscută se calculează coeficientul:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot f}{\rho}} \quad (3.26)$$

unde f [kHz] este frecvența de alimentare. Dacă rezultatul obținut este apropiat de unitate materialul este bine ales iar în caz contrar trebuie ales alt material.