

CURSUL 5

5. Traductoare de proximitate

În sens larg proximitatea se referă la gradul de apropiere dintre două obiecte, dintre care unul reprezintă sistemul de referință. În esență, este vorba de controlul unei anumite poziții, fără contact între referință și obiectul în deplasare. Din cazul general derivă și o serie de cazuri particulare, care se pot îngloba tot în categoria măsurărilor de proximitate: sesizarea capetelor de cursă, sesizarea interstițiului între suprafețe, sesizarea prezenței unui obiect în câmpul de lucru etc.

Traductoarele de proximitate au de regulă o caracteristică de tip releu, mărimea de ieșire variind ("tot sau nimic") și discernând între două valori ce reprezintă convențional prezența sau absența corpului controlat. Această particularitate conduce la realizarea compactă a traductorului, elementul sensibil și adaptorul fiind înglobate în aceeași unitate constructivă.

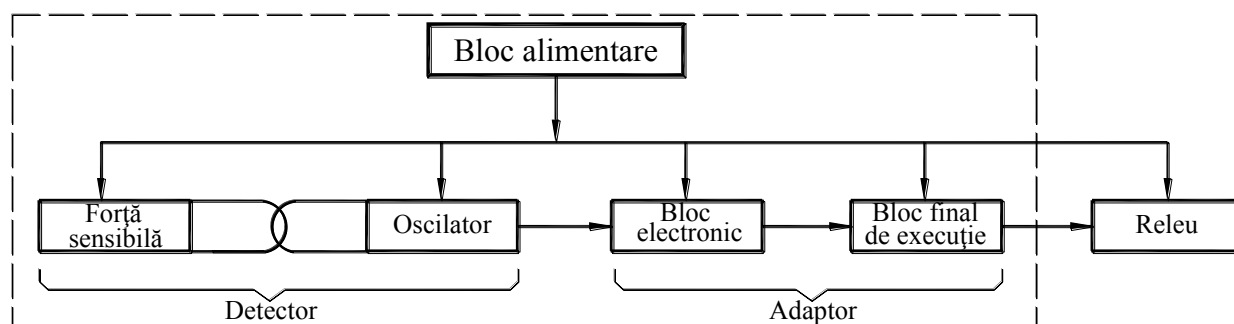


Fig. 5.1. Traductor inductiv de proximitate — schema bloc

5.1. Traductoare inductive de proximitate

Schema bloc a unui astfel de traductor este prezentată în figura 5.1, în care detectorul are rolul de a converti informația asupra poziției unui obiect metalic în raport cu fața sensibilă în semnal electric, iar blocul electronic adaptor prelucrează semnalul electric și comanda un etaj final cu ieșire pe sarcină de tip releu. Blocul de alimentare furnizează tensiunea necesară circuitelor electronice.

Oscilatorul din blocul detector întreține un câmp magnetic alternativ în jurul bobinajului. Când un corp metalic este plasat în acest câmp, în masa metalului apar curenți Foucault care generează, la rândul lor, un câmp magnetic de sens opus câmpului principal, ce blochează oscilațiile. Dispariția oscilațiilor provoacă inversarea stării elementului de comutație.

Caracteristicile de funcționare ale traductorului pot fi apreciate pornind de la definirea cotelor utile, notate în fig.5.2, și anume: e – grosimea ecranului metalic; l – lărgimea ecranului; L – lungimea ecranului; x – distanța de la marginea de atac la fața sensibilă; y – acoperirea feței sensibile de către ecranul metalic; z – distanța de la ecran la fața sensibilă; z_y – distanța nominală de detecție.

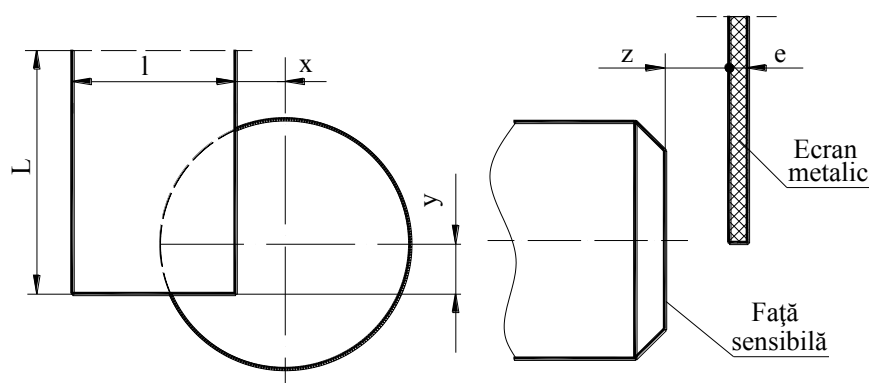


Fig. 5.2 Traductor inductiv de proximitate — dimensiuni de gabarit.

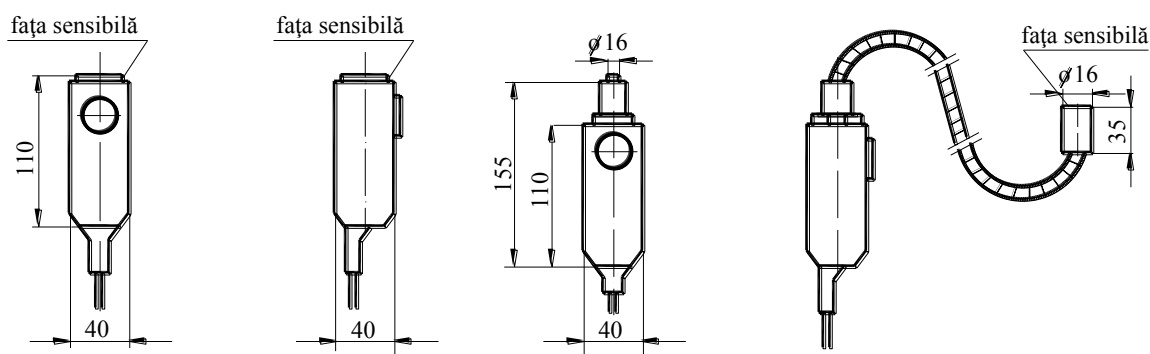


Fig. 5.5

- e) Durata impulsului de ieșire, determinată în principal de viteza și dimensiunile ecranului metalic.

Din punct de vedere constructiv, aceste traductoare se execută într-una din următoarele două variante: cu față sensibilă inclusă frontal sau lateral în corpul propriu – zis al traductorului, sau cu față sensibilă separată prin cablu flexibil de corpul traductorului. Unele dimensiuni orientative de gabarit pentru diferite variante constructive sunt prezentate în figura 5.5.

5.2. Traductoare magnetice de proximitate

Traductorul magnetic de proximitate se compune dintr-un contact întrerupător (de regulă de releu de tip Reed), plasat într-un braț al unei carcase în formă de și dintr-un magnet permanent fixat în celălalt braț. Trecerea unui obiect magnetic printre brațele detectorului modifică liniile de forță ale magnetului. Contactul releului nemaifiind solicitat, își schimbă starea. Aspectul general al acestor traductoare și unele dimensiuni orientative sunt prezentate în figura 5.6. Alte variante constructive sesizează obiecte magnetice ce acționează direct asupra releului.

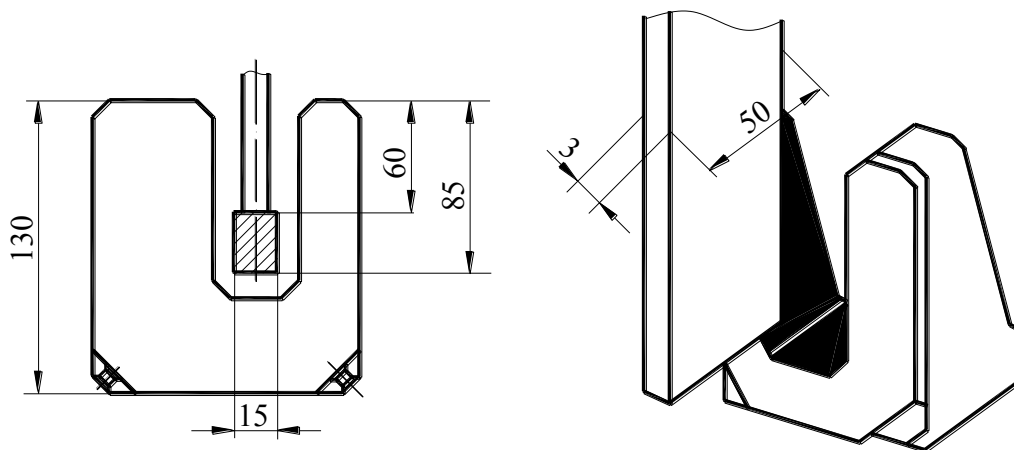


Fig. 5.6

Traductoarele magnetice de proximitate pot fi fără memorie. Atunci când releul comută doar sub acțiunea magnetului, sau cu memorie, atunci când revenirea la starea inițială nu se poate face decât sub influența unui câmp magnetic de sens contrar. Această schimbare de polaritate magnetică se obține prin rotirea cu 180° a magnetului, efectuată de un dispozitiv mecanic adecvat (pârghie, scripete, cablu, etc.).

Când viteza de deplasare a magnetului mobil depășește valoarea de 10 m/s, distanța nominală de acționare se reduce cu un coeficient (0,7...0,9) în funcție de viteza de lucru.

5.3. Traductoare capacitive de proximitate

La aceste traductoare elementul sensibil constă dintr-un condensator care face parte dintr-un circuit oscilant. Prezența unui material conductor sau dielectric cu permitivitate $\epsilon_r > 1$, la o anumită distanță S de fața sensibilă a detectorului, modifică capacitatea de cuplaj și amorsează oscilațiile (fig.5.7). Caracteristicile constructive sunt asemănătoare cu cele ale traductoarelor inductive, zona de lucru activă fiind de maxim 15 mm. Funcționarea este diferențiată în funcție de natura corpului controlat. La detecția materialelor conductoare, obiectul a cărui poziție este controlată formează cu fața sensibilă un condensator a cărui capacitate crește odată cu micșorarea distanței de la obiect la fața sensibilă. La detecția materialelor izolante, fața sensibilă reprezintă un condensator a cărui capacitate este cu atât mai mare, cu cât permitivitatea dielectrică a obiectului controlat este mai mare.

Principalele surse de erori le reprezintă variațiile de temperatură. Pentru evitarea perturbațiilor la detectarea obiectelor conductoare, acestea trebuie să fie puse la pământ.

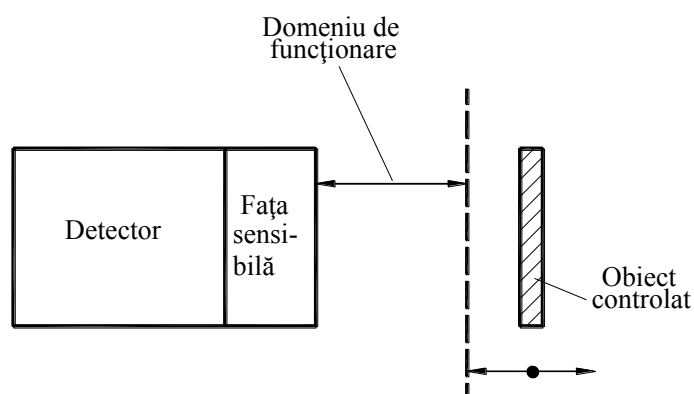


Fig. 5.7 Traductoare fotoelectrice de proximitate

Varianta constructivă cea mai utilizată este aceea de tip cilindric cu dimensiuni de gabarit comparabile cu cele din figura 5.5.

5.4. Traductoare fotoelectrice de proximitate.

Aceste traductoare se bazează pe modificarea fluxului de radiații care se stabilește între o sursă (emițător) și un receptor, datorită prezenței obiectului controlat.

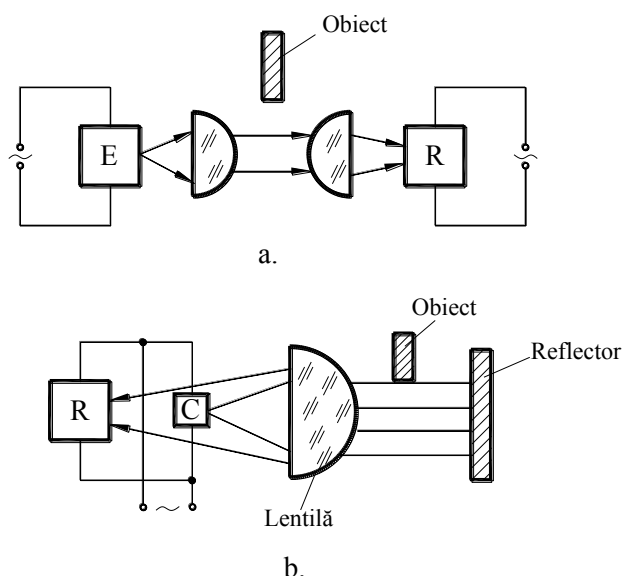


Fig. 5.8

Se disting două variante constructive de bază (fig.5.8); a) de tip barieră, la care emițătorul și receptorul sunt de o parte și de alta a obiectului controlat; b) de tip reflector, la care fasciculul de radiații emis de sursă este transmis spre receptor, situat de aceeași parte cu emițătorul în raport cu

obiectul controlat prin intermediul unui paravan reflectorizant. Prezența obiectului controlat modifică intensitatea fluxului luminos receptat după reflexie. La anumite variante constructive, paravanul reflectorizant e chiar obiectul controlat.

Ca surse emițătoare se utilizează fie diode electroluminiscente, cu fascicul vizibil sau infraroșu, fie lămpi cu incandescență. La receptor se utilizează un element fotosensibil: fotorezistor, fototranzistor, fotodiodă, celulă fotovoltaică. Variația de semnal electric sesizată de detectorul fotosensibil datorită modificării poziției obiectului controlat este prelucrată de blocul adaptor (care conține, de regulă, un formator de impulsuri și un amplificator) și apoi transmisă elementului de ieșire de tip releu.

Utilizarea acestor traductoare implică ca măsuri speciale de precauție evitarea surselor luminoase puternice și a mediilor umede care pot provoca aburirea lentilelor, ca și îndepărtarea obiectelor puternic reflectorizante din apropierea zonei de acțiune.

5.5. Traductoare fluidice de proximitate

Simplitatea principiilor funcționale și a soluțiilor constructive a condus la o frecventă utilizare a traductoarelor fluidice pentru sesizarea proximității obiectelor. Traductoarele fluidice de proximitate se află de aceea practic în nomenclatorul majorității producătorilor mondiali de aparatură fluidică.

Principiile funcționale ale acestora derivă în ultima instanță din sesizarea modificării unuia sau mai multor parametri de stare ai fluidului – presiune, viteză, sens de curgere – sub influența corpului a cărui prezență trebuie sesizată.

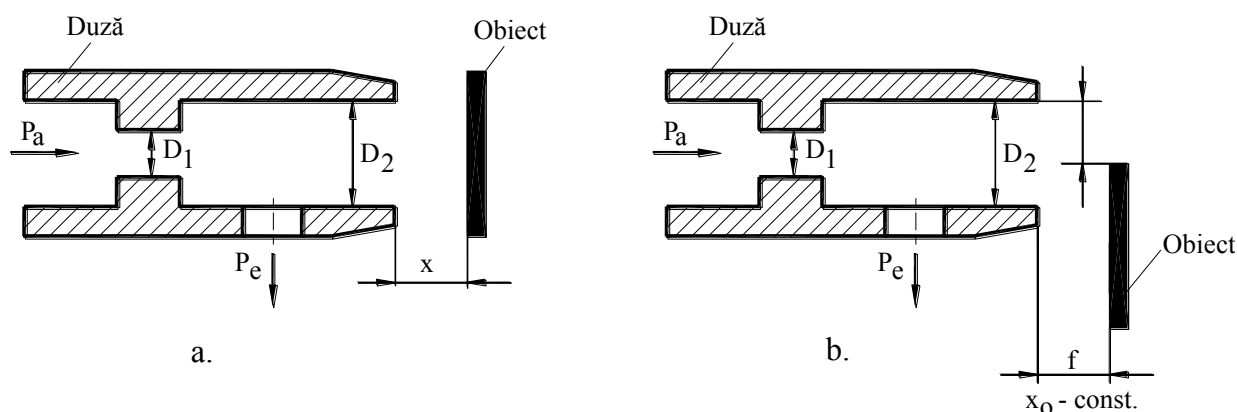


Fig. 5.9

Nivelul energetic foarte mic al semnalelor vehiculate în sistemele fluidice face ca principalul deziderat al sesizării proximității unui obiect, și anume acela de a nu perturba starea și structura obiectului respectiv, să fie realizabil fără probleme.

a) Traductor duză – paletă. Întâlnit în construcția tuturor adaptoarelor pneumatice unde joacă rol de preamplificator către etajul de putere, sistemul duză – paletă poate fi utilizat și ca un foarte simplu și robust traductor de proximitate.

Construcția și funcționarea dispozitivului duză – paletă sunt prezentate în detaliu în subcapitolul anterior, unde este evidențiată și dependența presiune – distanță duză – paletă. Este de menționat faptul că folosit ca traductor de proximitate, dispozitivul duză – paletă presupune utilizarea obiectului de sesizat pe rol de “paletă”, figura 5.9.

Apropierea obiectului – fie printr-o deplasare axială (a) fie laterală (b) conduce la creșterea presiunii de ieșire, astfel că depășirea unui prag impus pentru valoarea presiunii va indica faptul că obiectul este “sesizat”.

O calibrare corespunzătoare a curbelor $Pe = f(x)$ sau $Pe = f(y)/x = \text{constant}$ va putea indica în limitele a maximum 1 mm și “cât de aproape” este obiectul sesizat.

b) Traductor cu “jet liber” (cu turbulență). Traductorul este format în esență dintr-un ansamblu de două duze coaxiale: duza emițătoare I , alimentată la o sursă de presiune constantă și duza receptoare. Jetul care, în mod normal, este captat de duza receptoare, la prezența obiectului în spațiul dintre cele două duze va fi întrerupt parțial sau total, provocând o scădere a presiunii în duza receptoare (semnal logic $S = “0”$).

6. Traductoare de viteză

În acest capitol sunt prezentate traductoarele de viteză liniară și unghiulară utilizate pentru conversia în semnale electrice calibrate a vitezelor unor corpuri solide aflate în mișcare de translație, respectiv în mișcare de rotație în jurul unei axe. În automatizările industriale, această categorie de traductoare își găsește aplicație în special în acționările reglabile, care necesită controlul vitezei elementelor de execuție.

Viteza, prin definiție, este o mărime vectorială. Ținând seama că direcția de deplasare a corpului în mișcare (suportul) este în general fixată, de regulă, aceste traductoare furnizează un semnal care reprezintă modulul vitezei și eventual, sensul.

6.1. Noțiuni fundamentale

6.1.1. Viteză liniară și turație. Definiții

Dacă un punct material este în mișcare pe o dreaptă, atunci notând cu $x(t)$ poziția sa la momentul t față de origine, *viteza sa liniară* la momentul t va fi:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} [\text{m/s}] \quad (6.1)$$

Pentru un interval de timp Δt , suficient de mic, astfel încât viteza liniară să poată fi considerată constantă, expresia (6.1) capătă forma:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (6.2)$$

unde Δx este distanța parcursă pe dreaptă de punctul material în timpul Δt .

În cazul măsurării vitezei liniare se adoptă relația (6.2) considerând că viteza rămâne constantă pe durata măsurării (mișcare uniformă).

Dacă un punct material este în mișcare circulară, notând cu $\varphi(t)$ poziția sa unghiulară la momentul t față de origine, *viteza unghiulară* la momentul t va fi:

$$\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt} [\text{rad/s}] \quad (6.3)$$

Pentru un interval de timp Δt suficient de mic, astfel încât viteza unghiulară să poată fi considerată constantă, expresia (6.3) capătă forma:

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \quad (6.4)$$

unde $\Delta\varphi$ este măsura unghiului parcurs de raza vectorială în timpul Δt . Similar ca pentru viteza liniară se adoptă relația (6.4), considerând că deplasarea unghiulară este uniformă pe durata măsurării.

De regulă, în loc de viteza unghiulară se folosește mărimea denumită turație sau viteză de rotație, care reprezintă numărul de rotații executate de corpul solid într-o unitate de timp și se măsoară în rot/min sau rot/s.

6.1.2. Principii și metode utilizate în măsurarea vitezei

La baza metodelor de măsurare a vitezei stau principii care fie derivă direct din relațiile (6.2) și (6.4) cum sunt: măsurarea distanței (unghiului) parcurse într-un interval de timp cunoscut, cronometrarea timpului de parcurgere a unei distanțe (unghi) cunoscute, fie sunt consecințe a unor legi fizice ca de exemplu legea inducției electromagnetice, efectul Doppler, etc. Măsurarea distanței (unghiului) parcurse într-un interval de timp dat. Pe traiectoria mobilului se marchează repere la o distanță constantă și relativ mică între ele Δx (respectiv $\Delta\varphi$ în cazul mișcării circulare). Considerând un interval de timp T_0 , cunoscut, suficient de mare astfel încât mobilul să treacă prin dreptul mai multor repere (i), distanța parcursă de mobil în acest timp va fi:

$$x = i\Delta x \quad (6.5)$$

respectiv, unghiul parcurs în cazul mișcării circulare va fi:

$$\varphi = i\Delta\varphi \quad (6.5')$$

Viteza mobilului se exprimă prin relația:

$$v = \frac{i\Delta x}{T_0} = K_x i \quad (6.6)$$

unde $K_x = \Delta x / T_0 = \text{constant}$.

Corespunzător, viteza unghiulară se deduce din relația:

$$\omega = \frac{i\Delta\varphi}{T_0} = K_\varphi i \quad (6.7)$$

unde $K_\varphi = \Delta\varphi / T_0 = \text{constant}$

Operația de măsurare constă, în esență, din determinarea numărului i.

Cronometrarea timpului de parcurgere a unei distanțe (unghi) date.

Considerând pe dreapta pe care se deplasează mobilul două repere fixe, situate la distanță L_0 cunoscută, viteza mobilului se poate determina măsurând intervalul de timp Δt în care mobilul parcurge distanța L_0 între cele două repere:

$$v = L_0 \frac{1}{\Delta t}, \quad L_0 = \text{constant} \quad (6.8)$$

Analog se poate determina viteza unghiulară considerând două repere pe circumferința pe care se deplasează un punct material solidar mobilul aflat în mișcare de rotație:

$$\omega = \varphi_0 \frac{1}{\Delta t}, \quad \varphi_0 = \text{const} \tan t \quad (6.9)$$

În relația (6.9) φ_0 reprezintă unghiul la centru determinat de cele două repere, iar Δt - timpul în care punctul material parcurge arcul dintre cele două repere.

Legea inducției electromagnetice. Tensiunea electromotoare indusă pe o curbă închisă (C) nedeformabilă, din material conductor (de exemplu o spirală de cupru), este egală și de semn contrar cu viteza de variație în timp a fluxului magnetic Φ_c printr-o suprafață oarecare S_c care se sprijină pe curba C:

$$e_c(t) = \frac{d\Phi_c(t)}{dt} = - \frac{d}{dt} \int_{S_c} \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (6.10)$$

unde B este inducția magnetică, iar dA – elementul de arie.

Dacă se consideră o bobină cu N spire, fluxul total prin bobină va fi de N ori mai mare decât fluxul printr-o spirală Φ_c :

$$\Phi = N\Phi_c \quad (6.11)$$

iar tensiunea electromotore indusă (t.e.m.) în bobină va fi:

$$e(t) = -N \frac{d\Phi_c(t)}{dt} \quad (6.12)$$

Din (6.12) se observă că, dacă Φ_c este dependent de deplasarea bobinei față de o poziție de referință, atunci t.e.m. va fi funcție de viteza de deplasare a acesteia.

De obicei, în aplicațiile industriale mișcarea de translație este obținută dintr-o mișcare de rotație (cazul motoarelor electrice rotative). Cunoșcând viteza unghiulară ω a unui disc de raza r , viteza liniară (pe direcția tangențială) la periferia discului va fi:

$$v = \omega r \quad (6.13)$$

ceea ce relevă proporționalitatea vitezei liniare cu cea unghiulară. Pe de altă parte traductoarele de turație sunt mai ușor de realizat decât traductoarele de viteză liniară. Din această cauză în aplicațiile industriale se utilizează mai mult traductoare de turație. Excepție fac cazurile când apar alunecări (benzi transportoare, laminoare) și trebuie măsurată direct viteza liniară. În cele ce urmează vor fi analizate în principal traductoarele de turație.

6.2. Traductoare de turație

Aceste traductoare convertesc turația într-un semnal electric calibrat pe baza principiilor de măsurare menționate.

Unele dintre ele cuprind elemente sensibile de tip generator, semnalul de ieșire fiind o tensiune electrică dependentă de turație, obținută pe baza legii inducției electromagnetice. De regulă, puterea electrică asociată tensiunii de ieșire este preluată integral de la puterea mecanică a axului motor, fără a necesita alte surse de energie auxiliară. Din această categorie cele mai utilizate sunt *tahogeneratoarele* de c.c., de c.a. și cu reluctanță variabilă.

Alte tipuri de traductoare de turație sunt constituite cu elemente sensibile parametrice. Ele se caracterizează prin aceea că în funcție de turație se modifică un parametru de circuit electric (R,L,C), care modulează o tensiune sau un curent generat de o sursă auxiliară. Cele mai frecvente elemente sensibile parametrice cu aplicații la traductoarele de turație sunt cele fotoelectrice și cele inductive similare cu anumite tipuri descrise în capitolul 7. O particularitate esențială a aplicării lor în măsurarea turației constă în aceea că ele permit obținerea de semnale cu variații periodice continue sau discontinue (impulsuri dreptunghiulare), informația de măsurare fiind conținută în frecvența acestor variații. De aici rezultă posibilitatea realizării relativ simple a traductoarelor numerice de turație.

Adaptoarele depind de tipul elementului sensibil și forma semnalului de ieșire. În anumite situații – de exemplu, tahogeneratoarele de c.c. – tensiunea generată poate fi folosită direct ca semnal de ieșire doar cu o simplă filtrare. Pentru elementele sensibile cu funcționare în impulsuri (cu reluctanță variabilă și parametrice) adaptoarele cuprind în principal blocuri de redresare, amplificare și mediere (cazul traductoarelor analogice), sau generatoare de semnal dreptunghiular, numărătoare și memorii tampon (cazul traductoarelor numerice).

6.2.1. Tahogeneratoare de c.c.

Tahogeneratoarele de c.c. sunt micromașini electrice construite pe principiul generatoarelor de c.c. Ele furnizează la ieșire o tensiune continuă proporțională cu turația având nivele și puteri care permit folosirea directă în instalațiile de automatizare.

După modul de excitație, se pot împărți în două clase: cu excitație separată și cu magneți permanenți, aceasta din urmă fiind clasa cea mai răspândită.

Rotorul poate fi de tip cilindric, disc sau pahar. Cel cilindric este realizat din tole de oțel electrotehnic, având înfășurarea plasată în creștături înclinate în raport cu generatoarea. Constantele de timp ale tahogeneratorului de c.c. cu rotor cilindric sunt sub 10 ms. Dacă se cer constante de timp mai mici, se utilizează tahogeneratoare cu rotor disc sau pahar. Rotorul disc este alcătuit dintr-un disc din fibre de sticlă sau rășină epoxidică, pe care sunt lipite înfășurările, și care se rotește în fața magneților permanenți plasați paralel cu axa. Rotorul pahar are înfășurările lipite pe un pahar din fibre de sticlă sau rășină epoxidică, în timp ce magneții permanenți sunt așezați la fel ca la tahogeneratorul cu rotor cilindric. Prin aceste soluții constructive de rotoare se reduc mult atât constantele de timp mecanice (sub 1 ms), cât și cele electrice (mai mici de 0,05 ms).

Schema de principiu a unui tahogenerator de c.c. cu magneți permanenți și rotor cilindric este prezentată în figura 6.1.

Magneții permanenți se fac din aliaje de tip ALNICO, care au o bună stabilitate în timp și cu temperatura. Tot pentru stabilitate cu temperatura se prevăd șunturi magnetice de compensare. De regulă colectorul are lamelele din cupru, iar periile sunt realizate din grafit. În cazul tensiunilor mici (sub IV), corespunzătoare turațiilor mici, colectorul se realizează din aliaje din metale prețioase (argint), iar periile – din argint grafitat sau argint.

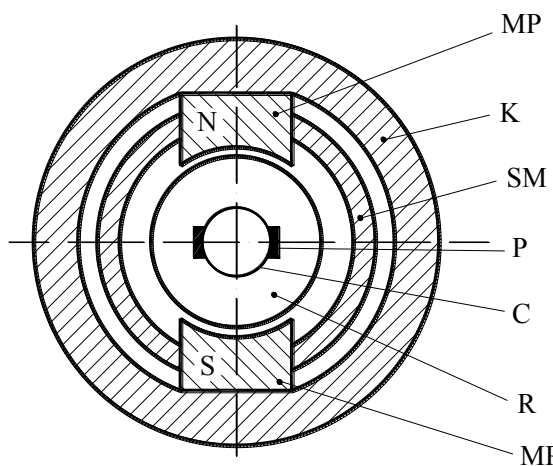


Fig. 6.1 Schema constructivă a unui tahogenerator de c.c.

Ansamblul colector – perii fiind de fapt un redresor mecanic, tensiunea $u_c(t)$ de la ieșirea tahogeneratorului de c.c. nu este strict continuă, ci prezintă ondulații (fig.6.2) datorită comutațiilor periiilor pe colector.

K – carcasă; MP – magneți permanenți; SM – șunturi magnetice; C – colector; P – perii; R – rotor.

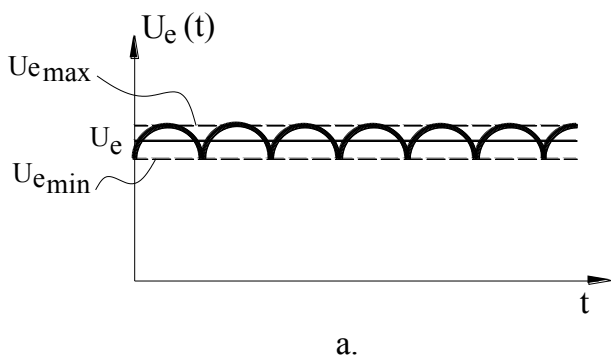
Aceste ondulații devin cu atât mai mici cu cât crește numărul de lamele. Se realizează un compromis deoarece creșterea numărului de lamele duce la creșterea gabaritului tahogeneratorului. Tot pentru reducerea ondulațiilor se introduc filtre “trece – jos” la ieșirea tahogeneratorului, care însă afectează timpul de răspuns.

Deoarece potrivit legii inducției electromagnetice tahogeneratoarele de c.c. au sensibilități reduse, ele nu pot funcționa corect la turații mici. De regulă, gama de turații acoperită de tahogeneratoarele de c.c. este de 50 rot/min – 5 000 rot/min. De asemenea, la turații mici cresc valorile erorii de neliniaritate și ale ondulației. Tahogeneratoarele de c.c. pot fi utilizate și la acționări reversibile.

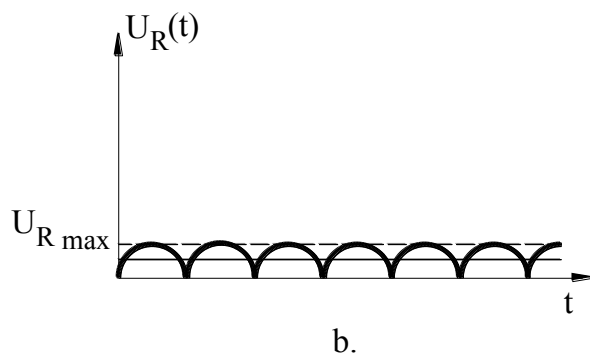
Caracteristica statică a tahogeneratorului de c.c. la mersul în gol este liniară:

$$E_0 = K_T n \quad (6.14)$$

unde E_0 este tensiunea electromotoare, n este turația (în rot/min) iar K_T este sensibilitatea tahogeneratorului dependentă de: numărul de perechi de poli (P), numărul de căi de curent din rotor ($2a$), numărul de conductoare (N) și fluxul Φ_0 dat de magneții permanenți:



Forma tensiunii $U_e(t)$ de la ieșirea tahogeneratorului de c.c.



Forma tensiunii de ondulație $U_R(t)$.

$$K_{T0} = \frac{PN\Phi_0}{a \cdot 60} \quad (6.15)$$

Sensibilitatea este uzual cuprinsă între 1 și 10 m V/ rot/min. La mersul în sarcină tensiunea la borne U_e , va fi:

$$U_e = E_0 - K_i n I - R_A I - \Delta U_p \quad (6.16)$$

unde $K_i n I$ este o cădere de tensiune ce reprezintă reacția indusului și este proporțională cu turația n și curentul rotor I , $R_A I$ – căderea de tensiune pe bobina tahogeneratorului, iar ΔU_p – căderea de tensiune la perii.

Notând cu ε_r eroarea relativă a tahogeneratorului la mersul în sarcină, aceasta va fi:

$$\varepsilon_r = \frac{R_3 + K_1 n + \Delta U_p}{R_A + R_A + K n_1 + \Delta U_p} \quad (6.17)$$

unde R_s reprezintă rezistența de sarcină. În cazul periiilor speciale din A_g se poate neglija căderea de tensiune la perii și atunci eroarea ε_r devine:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{\frac{R_4}{R_A + K n}} + 1 \quad (6.18)$$

Din (8.18) se observă că eroarea este mai mică dacă se îndeplinesc următoarele condiții:

- rezistența R_s să fie mare;
- rezistența R_A să fie mică;
- reacția indusului să fie mare.

Principalele caracteristici tehnico – funcționale ale tahogeneratoarelor de c.c. sunt:

a) Tensiunea electromotoare la 1 000 rot/min, K_E , care este dată în V/1000 rot/min și reflectă sensibilitatea tahogeneratorului.

b) Rezistența electrică la borne (rezistența internă) R_A care este necesară pentru dimensionarea rezistenței de sarcină ($R_s \geq R_A$);

c) Turația maximă, n_{max} ;

d) Curentul nominal I_n , necesar tot pentru dimensionarea rezistenței de sarcină;

e) Eroarea maximă de neliniaritate, definită prin relația:

$$\varepsilon_n = \left(\frac{E_M - E_C}{E_C} \right)_{\max} 100[\%] \quad (6.19)$$

unde E_M este t.e.m. măsurată la diferite turații n , iar $E_C = K_E \cdot n / 1000 [V]$;

f) Eroarea maximă de neliniaritate raportată la turația maximă, definită prin expresia:

$$\varepsilon_{n,rap} = \left(\frac{E_M - E_C}{E_{\max}} \right)_{\max} \cdot 100[\%] \quad (6.20)$$

unde

$$E_{\max} = K_E \frac{n_{\max}}{1000} [V] \quad (6.21)$$

g) Eroarea de reversibilitate la 1000 rot/min, definită prin relația:

$$\varepsilon_{\max} = \frac{K_E - K_{E\pm 1}}{\min(K_{E_{dr}} \cdot K_{st})} \cdot 100[\%] \quad (6.22)$$

unde $K_{E_{dr}}$ reprezintă K_E la rotație spre dreapta, iar $K_{E_{st}}$ reprezintă K_E la rotație spre stânga;

h) Ondulația maximă (pe diverse domenii), care este valoarea maximă a raportului (în procente) dintre valoarea maximă a tensiunii de ondulație U_{Rmax} (fig.b) și tensiunea de ieșire medie U_e :

$$B = \left(\frac{U_{n \max}}{U_e} \right)_{\max} \cdot 100[\%] \quad (6.23)$$

Tahogeneratoarele de c.c. se construiesc astfel încât B să nu depășească 3%;

i) Deriva termică reprezintă eroarea datorită variației de temperatură. Influența temperaturii asupra funcționării tahogeneratorului de c.c. se manifestă, pe de-o parte, prin faptul că micșorează câmpul magnetic creat de magnetul permanent (ducând la variații ale tensiunii de ieșire de 0,02% - 0,05% pe grad Celsius), iar pe de altă parte, influențează rezistența internă.

De aici rezultă din nou recomandarea că rezistența de sarcină să fie mult mai mare decât rezistența internă. Deriva termică se exprimă prin relația:

$$\frac{\Delta E}{\Delta T} = \frac{E(T_{\min}) - E(T_{\max})}{T_{\max} - T_{\min}} [V/^{\circ}C] \quad (6.24)$$

unde T_{\max} reprezintă temperatura maximă, T_{\min} – temperatura minimă din condițiile de mediu.

6.2.2. Tahogeneratoare de c.a.

Tahogeneratoarele de c.a. pot fi de tip sincron sau asincron. În cele ce urmează vor fi analizate tahogeneratoarele sincrone, care, din punct de vedere constructiv, reprezintă cele mai simple tahogeneratoare. Ele generează o tensiune alternativă sinusoidală monofazală, cu valoarea efectivă și frecvența dependente de turație.

Tahogeneratorul de c.a (sincron) este alcătuit, în principal, din următoarele două subansamble (fig.6.2):

- statorul, realizat din tole de oțel electrotehnic și este bobinat;
- rotorul, constituit din magneți permanenți ce alcătuiesc mai multe perechi de poli.

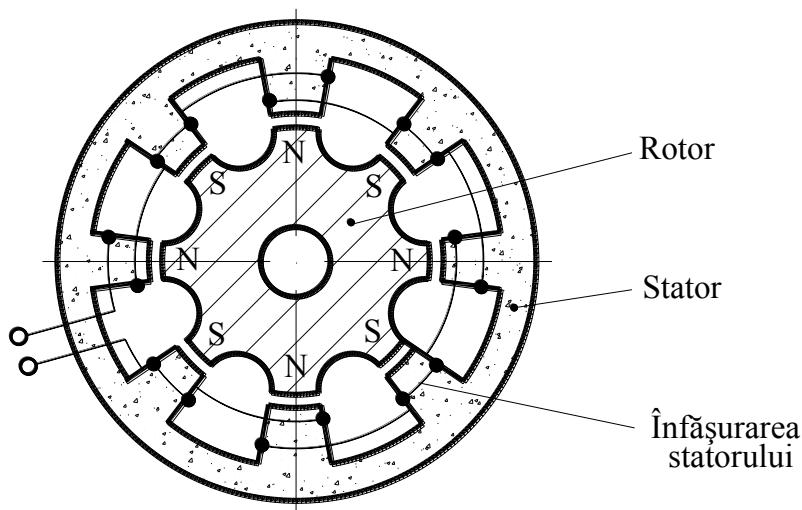


Fig. 6.2 Schema constructivă a tahogeneratorului de c.a. de tip sincron

Domeniul turațiilor de lucru este 100 rot/min – 5 000 rot/min, la turații mai mici fiind limitat de faptul că viteza de variație a fluxului magnetic nu este suficientă prin încrederea în limitele de eroare. În domeniul de funcționare, tensiunea electromotoare este sinusoidală având expresia:

$$e_0(t) = \frac{2\pi}{60} \omega K_{\omega} \Phi_0 \sin\left(\frac{2\pi}{60} nt\right) \quad (6.25)$$

cu amplitudini până la ordinul sutelor de volți.

În expresia (6.25) semnificația notațiilor care intervin este următoarea n – turația, în rot/min; ω - numărul de spire; k_ω o constantă depinzând de felul înfășurării; Φ_0 – amplitudinea fluxului magnetic.

Valoarea efectivă a tensiunii electromotoare induse este proporțională cu turația:

$$E_0 = \frac{\pi\sqrt{2}}{60} \omega k_\omega \Phi = kn \quad (6.26)$$

Deoarece frecvența tensiunii generate $e_t(t)$ depinde de turație, în funcționarea pe impedanță de sarcină finită, liniaritatea poate fi afectată ajungându-se la erori inacceptabile. Ca urmare, uneori în locul valorii efective sau a valorii maxime a tensiunii se utilizează pentru conversie frecvența tensiunii $e_0(t)$ conform cu (6.25) ($f = n/60$).

Principalele caracteristici tehnico – funcționale ale tahogeneratoarelor de c.a. sunt: valoarea efectivă a tensiunii electromotoare la 1000 rot/min, turația maximă, frecvența tensiunii electromotoare la 1000 rot/min, curentul nominal (la turație maximă), rezistența înfășurării statorice.

Adaptoarele pentru tahogeneratoarele de c.a. sunt simple, fiind compuse – în cazul cel mai des întâlnit, când este, folosită informația conținută în amplitudinea tensiunii – din redresor și filtru de mediere. În cazul utilizării frecvenței, tahogeneratorul de c.a. se conectează la un adaptor similar cu cele prezentate.

6.2.3. Traductor de turație cu reluctanță variabilă.

Elementul sensibil cu reluctanță variabilă este compus dintr-un magnet permanent prelungit cu un miez de fier pe care este înfășurată o bobină, aflat la mică distanță de periferia unui disc din material feromagnetic. Discul are mai multe proeminențe (dinți) sau găuri (fante) și este montat pe axul a cărui turație se determină (fig.6.3).

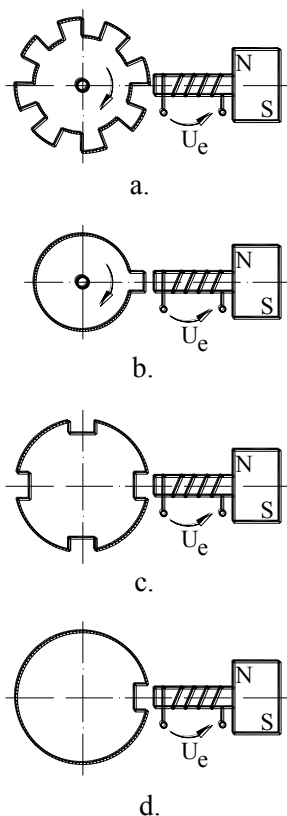


Fig. 6.3 Diferite moduri de realizare a elementului sensibil cu reluctanță variabilă

Magnetul, miezul magnetic și discul feromagnetic formează un circuit magnetic a cărui reluctanță variază în funcție de poziția discului față de miezul magnetic. Când un dinte se află în prelungirea miezului, reluctanța va fi minimă, iar când un spațiu liber se află în dreptul miezului, reluctanța va fi maximă. Această variație de reluctanță duce la o variație de flux magnetic prin bobină, ceea ce va induce o tensiune $U_e(t)$ în bobină, conform legii inducției electromagnetice. La o rotație a discului (cu o viteză astfel încât derivata fluxului să fie suficient de mare ca să poată fi sesizată tensiunea electromotoare indusă) se obține un număr de impulsuri egal cu numărul de dinți (repere) de pe circumferința discului (fig. 6.3.a,b).

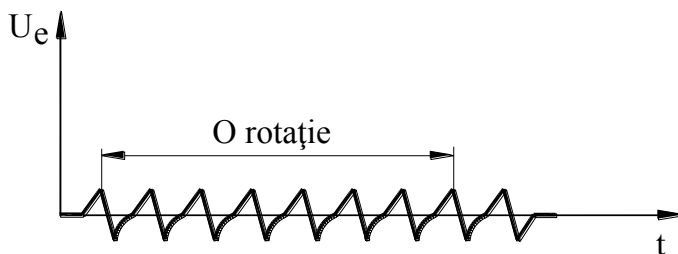


Fig. 6.4. Forma tensiunii $U_e(t)$

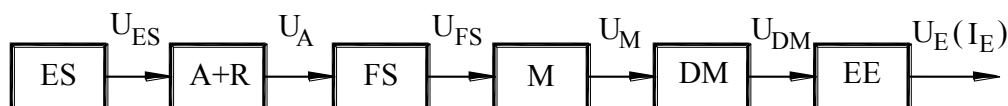


Fig. 6.5 Schema bloc a traductorului analogic de turație cu reluctanță variabilă

Frecvența f a tensiunii electromotoare induse este egală cu turația n , în rot/s, multiplicată cu numărul de dinți (fante) z ai discului:

$$F = zn \quad (6.27)$$

Elementele sensibile cu reluctanță variabilă nu se utilizează la turații joase și foarte joase, deoarece la turații mici amplitudinea impulsurilor fiind dependentă de turație, poate să scadă sub pragul de sensibilitate al adaptorului. Pentru creșterea sensibilității la turații mici, trebuie mărit numărul de dinți ai discului. Elementul sensibil de acest tip poate fi conectat la un adaptor analogic a cărui schemă bloc este prezentă în figura 6.5, iar diagrama corespunzătoare de semnale, în figura 6.4. Să considerăm un element sensibil cu o singură proeminență.

Semnalul U_{ES} de perioadă T (egală cu perioada de rotație), furnizat de elementul sensibil ES , este aplicat și redresat monoalternanță de către blocul amplificator – redresor $A + R$. După ce este format (formatorul de semnal FS), semnalul purtător de informație cu privire la turație este aplicat monostabilului M , care generează impulsuri dreptunghiulare periodice de perioadă T și de durată fixată t_0 . Pentru funcționare corectă se impune condiția $t_0 < T_{\min}$ unde T_{\min} este perioada minimă de rotație (corespunzătoare turației maxime). Tensiunea U_M de la ieșirea monostabilului este mediată de către dispozitivul de mediere DM pe o durată $T_0 > T$, obținându-se o tensiune continuă U_{DM} proporțională cu turația:

$$\begin{aligned} U_{DM} &= \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} U_M(t) dt \approx \frac{1}{iT} \int_0^{it} U_M(t) dt = \frac{i}{iT} t_0 U_0 = \\ &= t_0 U_0 \frac{1}{T} = U_0 t_0 \frac{n}{60} = kn, \quad iT \leq T_0 < (i+1)T \end{aligned} \quad (6.28)$$

Etajul de ieșire EE furnizează un semnal continuu unificat (tensiune sau curent) proporțional cu turația.

Domeniul de turații la care poate fi folosit traductorul cu reluctanță variabilă este 100 rot/min – 300.000 rot/min, în funcție de numărul de dinți ai discului.

În locul mediei teoretice din (6.28), în practică se utilizează o mediere pe condensator, ceea ce constituie o sursă de erori. Pentru micșorarea erorilor, traductorul este prevăzut, de regulă, cu un set de roți dințate din material feromagnetic, fiecare roată având un anumit număr de dinți și fiind utilizată pentru o anumită gamă de turații.

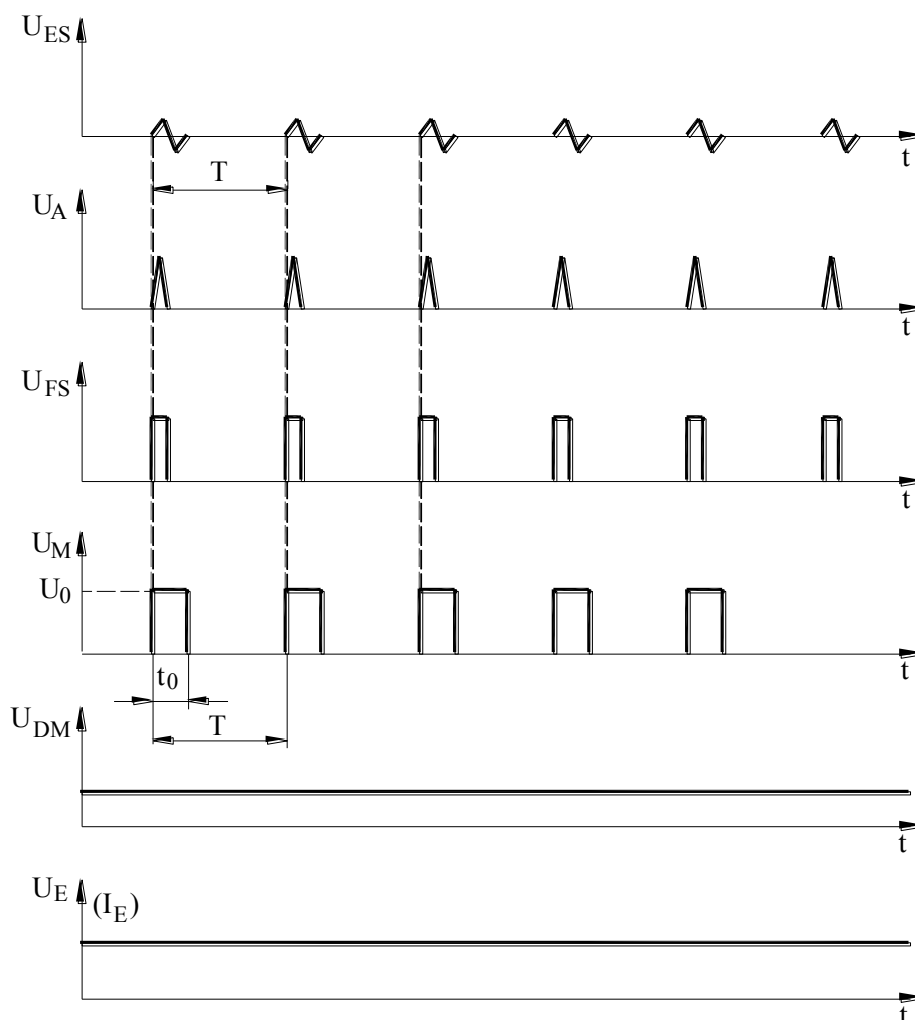


Fig. 6.6 Diagrama de semnal pentru traductorul analogic de turație cu reluctanță variabilă

Corespunzător, se modifică constanta de timp t_0 a monostabilului și condensatorul de mediere.

Elementul sensibil cu reluctanță variabilă poate fi conectat la un adaptor numeric, crescând astfel precizia și timpul de răspuns. Având în vedere particularitățile constructive și funcționale ale adaptoarelor numerice, ele vor fi tratate separat în fig. 6.6.

6.2.4 Traductoare de turație cu elemente fotoelectrice

Aceste traductoare folosesc elemente sensibile la turație de tip fotoelectric care delectează variațiile unui flux luminos, dependente de viteza de rotație, folosind în acest scop un dispozitiv modular acționat de axul care se rotește. Descrierea și caracteristicile elementelor fotoelectrice (celule fotoelectrice, fotodiode, fototranzistoare, fotorezistențe) utilizate ca elemente sensibile sunt prezentate în cap. 6.

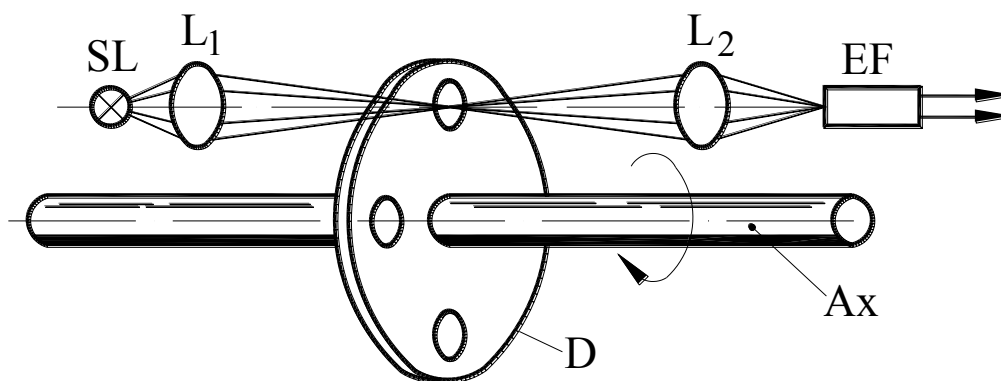


Fig. 6.7 Element sensibil de tip fotoelectric cu întreruperea fluxului luminos.

După felul cum se obține variația de flux luminos, dispozitivele modulatoroare pot fi:

- cu întreruperea fluxului luminos;
- cu reflexia fluxului luminos.

În cazul variantei cu întreruperea fluxului luminos rezultă structura din figura 6.7 alcătuită, în principal, dintr-un element fotoelectric *EF* și o sursă de radiații luminoase *SL* în spectrul vizibil sau infraroșu, între care se află un disc opac *D* prevăzut cu orificii (repere) așezate pe un cerc cu centrul în centrul discului (sau discul este transparent și reperele sunt opace).

Discul este montat pe axul a cărui turație se măsoară, iar elementul fotoelectric și sursa de radiații luminoase sunt aliniate pe o dreaptă paralelă cu axul și care intersectează cercul cu orificii. *EF* și *SL* se află la o distanță de câțiva milimetri, în așa fel încât, atunci când un orificiu se găsește pe dreapta ce unește *SL* cu *EF*, radiația luminoasă să producă deblocarea elementului fotoelectric. Când discul se găsește cu partea opacă între *EF* și *DL*, elementul fotoelectric este blocat. *SL* și *EF* sunt prevăzute cu lentilele *L*₁ și *L*₂ pentru focalizare.

Dacă discul, antrenat de arbore, se rotește, orificiile discului trec succesiv prin calea de lumină dintre *SL* și *EF*, permițând să se obțină astfel impulsuri luminoase. Acelea, ajugând pe *EF*, sunt convertite cu ajutorul unor circuite electronice, în impulsuri de natura unei tensiuni electrice, a căror reluctanță este egală cu viteza de rotație a discului (în rot/s) multiplicată cu numărul de găuri, deci într-o relație de dependență de tipul (6.7), în care *z* reprezintă numărul de găuri. Toate elementele menționate, inclusiv circuitele electronice, sunt încapsulate, pentru ca funcționarea să nu fie perturbată de lumina mediului ambiant sau zgomote de natură electromagnetică.