

CURSUL 3

CARACTERISTICI ȘI PERFORMANȚE ALE TRADUCTOARELOR

Caracteristicile funcționale ale traductoarelor reflectă în esență, modul în care este realizată relația de dependentă intrare-ieșire, ținând cont de întreg ansamblul de factori menționați în capitolul precedent. În faza conceptuală aceste caracteristici se prezintă sub o formă idealizată. Printr-o proiectare și construcție corectă rezultă caracteristicile reale ale traductoarelor, care se caută să fie cât mai apropiate de cele ideale. Performanțele traductoarelor sunt indicatori care permit să se aprecieze măsura în care caracteristicile reale corespund cu cele ideale și care sunt condițiile necesare pentru o cât mai bună concordanță a lor.

Pe linia modului de tratare a sistemelor automate, caracteristicile și performanțele funcționale ale traductoarelor vor fi analizate atât pentru regimul staționar cât și pentru cel dinamic.

Pe lângă aceste caracteristici, importante sub raport funcțional, se vor aborda și modalitățile de evidențiere a unor proprietăți de natura consumului energetic, fiabilității, protecțiilor împotriva mărimilor perturbatoare, etc. care, chiar dacă nu intervin direct asupra relației de dependență, condiționează calitățile tehnico-economice generale ale traductoarelor.

1. Caracteristici și performanțe de regim staționar

Caracteristicile și performanțele de regim staționar se referă la situația în care mărimile de intrare și de ieșire din traductor nu variază, mai precis parametrii purtători de informație specifici celor două mărimi sunt invariante. Matematic aceasta se exprimă prin condiția ca toate derivatele în raport cu timpul să fie nule pe un interval de timp concludent pentru caracterizarea comportării traductorului.

Analogia dintre traductoare și aparatele de măsurat se referă în primul rând la funcționarea în acest regim staționar. Într-adevăr, indicația unui aparat de măsurat nu poate reda valoarea mărimii măsurate decât atunci când se menține constantă cel puțin un timp suficient pentru a fi citită corect de către operator. Măsurările din această categorie poartă denumirea de măsurări statice. Ele sunt cele mai frecvente întrucât, deși nu se poate vorbi de mărimi invariante în mod absolut, un număr mare de mărimi fizice sânt caracterizate de regimuri staționare în limite de timp care permit, aprecierea valorii de către operator sau care pot fi considerate ca atare în raport cu alte criterii (de exemplu dinamica foarte rapidă a altor elemente). Funcționarea aparatelor de măsurat în asemenea regimuri a fost îndelung studiată îndeosebi din punctul de vedere metrologic principal și anume precizia.

În virtutea analogiei amintite, cât și a faptului că și în cazul sistemelor de reglare performanțele de regim staționar se referă de asemenea la precizia reglării, este firesc să se adopte și pentru traductoare aceleași metode de caracterizare. În consecință se va utiliza terminologia de *caracteristici statice*.

Caracteristica statică idealizată a unui traductor este reprezentată de relația intrare - ieșire:

$$y = f(x)$$

în care y și x îndeplinesc cerințele unei măsurări statice. Relația de dependență poate fi exprimată analitic sau poate fi dată grafic printr-o curbă trasată pe baza perechilor de valori (x, y) .

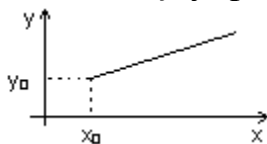
Caracteristica reală a unui traductor reflectă însă și influența unor mărimi perturbatoare, externe (temperatura, presiune umiditate, etc.), cât și interne (zgomot de rezistoare, frecări în lagăre, îmbătrânire, etc.):

$$y = f(x, \zeta_1, \dots, \zeta_n, n_1, \dots, n_n)$$

Admițând ca influențele mărimilor perturbatoare nu depășesc eroarea tolerată și în ipoteza liniarității traductorului, forma uzuală pentru caracteristica statică a traductoarelor analogice este:

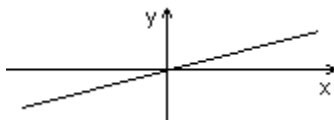
$$y = k(x - x_0) + y_0$$

în care x_0 și y_0 pot lua diverse valori pozitive sau negative, inclusiv zero.



Pentru traductoare sunt tipice caracteristicile statice liniare; numai în cazuri particulare, impuse de sistemul automat, apar caracteristici neliniare.

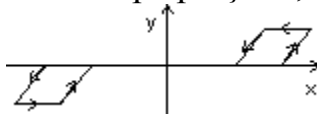
- liniară unidirecțională:



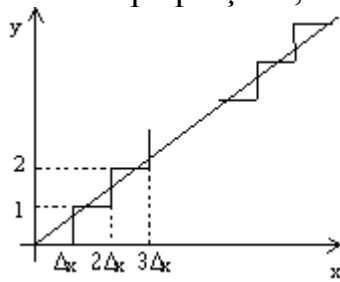
- proporțională bidirecțională:



- liniară pe porțiuni, cu zona de insensibilitate și saturație:

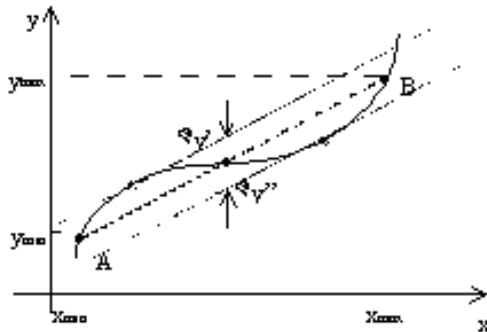


- liniară pe porțiuni, cu zona de insensibilitate, saturație și histerezis:



Pentru traductoarele numerice caracteristica este cvasiliniară. Cu excepția discontinuităților introduse de cuantificare, care pot fi reduse la valori tolerate micșorând cuanta Δx , caracteristica statică a unui traductor cu ieșire numerică poate fi considerată liniară.

1.1 Erori de neliniaritate și de histerezis



Eroarea de neliniaritate (abaterea de la liniaritate) este o măsură pentru evaluarea aproximării liniarității caracteristicii. Liniarizarea se realizează în modul următor: se consideră domeniul (x_{\min}, x_{\max}) în care se face liniarizarea; între punctele A și B corespunzătoare de pe caracteristica se trasează dreapta reprezentând curba liniarizată. Cea mai mare din diferențele $\Delta y'$, $\Delta y''$ se numește abaterea absolută de la liniaritate:

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta y_{\max}}{y_{\max} - y_{\min}} \cdot 100[\%]$$

O abatere similară se poate calcula în oricare din punctele domeniului, înlocuind diferența de la numărător în relație cu abaterea din punctul respectiv.

Fenomenul de histerezis se manifestă prin aceea că se obțin două nivele diferite ale semnalelor de ieșire pentru aceeași valoare a semnalului de intrare, în funcție de sensul crescător sau descrescător al variației acestuia la atingerea valorii respective. Eroarea de histerezis este dată de diferența dintre cele două nivele ale semnalului de ieșire.

1.2 Domeniul de măsurare

Se exprimă prin intervalul $x_{\min} \dots x_{\max}$ în cadrul căruia traductorul permite efectuarea corectă a măsurării. El se situează de regulă în zona liniară a caracteristicii.

La traductoarele cu semnal unificat, limitele de ieșire $y_{\min} \dots y_{\max}$ se mențin aceleași, indiferent de limitele $x_{\min} \dots x_{\max}$.

1.3 Sensibilitatea

Admițând caracteristica ideală $y = f(x)$, sensibilitatea este dată de derivata funcției $f(x)$:

$$S = \frac{dy}{dx} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = k = \operatorname{tg} \alpha$$

$$S = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

sau

relații valabile pentru o caracteristică liniară.

$$S = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_i} \cong \left. \frac{\Delta y}{\Delta x} \right|_{x=x_i}$$

Pentru o caracteristică neliniară:

x , y sunt variațiile reduse în jurul punctului (x, y) . Sensibilitatea astfel definită se numește sensibilitate diferențială.

Unitățile de măsură depind de unitățile de măsură ale mărimilor de intrare și de ieșire.

Dacă mărimile sunt de aceeași natură și raportul este supraunitar, el se numește factor de amplificare, dacă este subunitar se numește factor de atenuare.

Când domeniul este foarte extins pentru mărimea de intrare, se preferă exprimarea prin logaritmul raportului mărimilor de ieșire și de intrare:

$$A = 20 \log \frac{y}{x} [\text{dB}]$$

Sensibilitatea relativă se definește ca raport între variația relativă a mărimii de ieșire și variația relativă a mărimii de intrare:

$$S = \frac{\Delta y / y}{\Delta x / x}$$

fiind întotdeauna adimensională. Este utilă când se compară traductoare cu domenii diferite.

1.4 Rezoluția

Intervalul maxim de variație al mărimii de intrare necesar pentru producerea unui salt la semnalul de ieșire se numește rezoluție.

Este utilizată îndeosebi în cazul traductoarelor numerice, fiind exprimat prin numărul de biți. De exemplu, pentru un semnal de ieșire în cod binar natural de 10 biți se deduce că domeniul de măsurat $x_{\max} \dots x_{\min}$ este cuantificat în $2^{10} = 1024$ nivele posibile (inclusiv zero), ceea ce conduce la o rezoluție de cca. 0,1 % din valoarea domeniului.

Rezoluția este un indicator de performanță și pentru traductoare considerate analogice (ex. traductoare de deplasare liniară sau unghiulară bobinate la care variațiile de rezistență prezintă un salt la trecerea cursorului de pe o spiră pe alta).

Rezoluția poate să nu fie aceeași pe întreg domeniul de măsurare, luându-se în considerare fie valoarea maximă, fie o valoare medie (când diferențele nu sunt prea mari), exprimate în procente din domeniu.

1.5 Pragul de sensibilitate

Se definește ca fiind cea mai mică variație a mărimii de intrare care poate determina o variație sesizabilă (măsurabilă) a semnalului de ieșire. Pragul de sensibilitate depinde de următorii factori principali perturbatori:

- zgomotul din circuitele electrice;
- frecări statice;
- jocuri în angrenajele mecanice.

Pragul de sensibilitate nu poate fi coborât sub o anumită limită minimă impusă de zgomotul de agitație termică. Pentru aparatele reale se definește factorul de zgomot:

$$F = \frac{P_{zp} + P_{zi}}{P_{zp}} = 1 + \frac{P_{zi}}{P_{zp}}$$

unde:

- P_{zi} este puterea de zgomot instrumental;
- P_{zp} este putere de zgomot propriu.
- Ca o concluzie:
- rezoluția trebuie privită ca o caracteristică de ieșire;
- sensibilitatea ca o caracteristică de transfer;
- pragul de sensibilitate ca o caracteristică de intrare.

Calitatea traductoarelor este cu atât mai bună cu cât sensibilitatea este mai mare și cu cât rezoluția și pragul de sensibilitate au valori mai reduse.

1.6 Precizia

Analogia cu aparatele de măsură continuă și în privința erorilor comise la măsurările cu traductoare. Teoria erorilor este valabilă și în cazul acestora.

Indicatorul esențial de precizie este eroarea admisibilă (tolerată), obținută prin însumarea unor componente elementare de eroare.

Pentru unificarea reprezentării cantitative a preciziei traductoarelor, similar cu situația aparatelor de măsurat, se utilizează indicatorul clasa de precizie. Se da în procente, valorile sale, numite la fel, indice al clasei de precizie, fiind: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5.

Eroarea totală de aparat, sub forma absolută, prin care se poate exprima corect precizia măsurării, în condiții reale de funcționare, este:

$$\Delta X_{\text{tot}} = \pm \Delta X_b \pm \Delta X_s$$

unde: - ΔX_b este eroarea tolerată intrinsecă (determinată în principal de clasa de precizie);

- ΔX_s este eroarea suplimentară (determinată de variația mărimilor de influență (de mediu, exterioare).

În cazul traductoarelor numerice, având în vedere conversia analog - numerică, cele expuse pentru traductoarele analogice pot fi extinse și pentru ele. Mai apare în plus:

- eroarea de cuantificare - eroarea inherentă de metodă egală cu 1/2 din intervalul de cuantificare Δx (bitul cel mai puțin semnificativ) și care se poate micșora prin reducerea intervalului Δx .

2 Caracteristici și performanțe de regim dinamic

Regimul dinamic al unui traductor corespunde funcționării acestuia în situația în care mărimea de măsurat, deci semnalul lui de ieșire, variază în timp. Studiarea acestui regim este importantă prin faptul că traductoarele, fiind incluse uzual în sisteme automate, se află în mod obișnuit într-un astfel de regim.

2.1 Modalități de caracterizare a regimului dinamic

Considerând traductorul ca un element liniar cu o intrare și o ieșire, funcționarea în regim dinamic este caracterizată de o ecuație diferențială de forma:

$$\sum_{k=0}^n a_k y^{(k)}(t) = \sum_{q=0}^n b_q x^{(q)}(t)$$

unde $x^{(q)}(t)$ și $y^{(k)}(t)$ sunt derivatele în raport cu timpul de ordinul q și k ale mărimii de intrare $x(t)$, respectiv de ieșire $y(t)$, cu coeficienții a_k și b_q constanți.

Forma generală a soluției ecuației este:

$$y(t) = y_{tl}(t) + y_{tf}(t) + y_{sf}(t)$$

unde:

- $y_{tl}(t)$ este componenta tranzitorie liberă, care nu depinde de intrare, fiind determinată numai de dinamica traductorului și de condițiile inițiale nenule de la ieșire;

- $y_{tf}(t)$ este componenta tranzitorie forțată, care depinde atât de dinamica traductorului cât și de intrare;

- $y_{sf}(t)$ este componenta forțată de regim stabilizat sau permanent, în care, datorită liniarității, se regăsește forma de variație a intrării.

Relația evidențiază faptul că regimul dinamic comportă o parte tranzitorie și una permanentă (stabilizată).

Traductorul ideal din punctul de vedere al comportării dinamice ar fi acela la care componentele tranzitorii nu ar exista și deci, variațiile intrării s-ar regăsi întotdeauna la ieșire, amplificate sau atenuate, conform caracteristicilor statice. Practic acest lucru nu este posibil, componentele tranzitorii exista, valorile și durata lor depinzând de caracteristicile dinamice.

Pentru rezolvarea ecuației diferențiale se adoptă ca ipoteze simplificatoare condiții inițiale nule și, aplicând transformata Laplace, se obține:

$$Y(s) = \frac{\sum_{j=0}^m b_j \cdot s^j}{\sum_{i=0}^n a_i \cdot s^i} \cdot X(s)$$

Prin definiție raportul:

$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{\sum_{j=0}^m b_j \cdot s^j}{\sum_{i=0}^n a_i \cdot s^i}$$

poartă numele de funcție de transfer. Ea permite o exprimare algebrică și deducerea răspunsului la orice intrare:

$$Y(s) = H(s) \cdot X(s)$$

Funcția de transfer permite o corelare între analiza teoretică a regimului dinamic și determinările experimentale. Există astfel două metodologii de interpretare a caracteristicilor experimentale prin prisma semnificației funcției de transfer:

- în domeniul timp, pe baza răspunsului la funcția impuls sau treaptă, ținând seama de interpretarea funcției de transfer ca transformata Laplace a răspunsului la impuls Dirac;

- în domeniul frecvență, pe baza răspunsului permanent armonic (la mărime de intrare sinusoidală).

Prin prima metodologie se poate lucra cu mărime de intrare tip impuls Dirac și, trecând prin funcția pondere, să se deducă prin transformata Laplace funcția de transfer. Mai accesibilă este însă aplicarea la intrare a unui semnal treaptă, răspunsul sistemului purtând numele în acest caz de funcția indicială.

A doua metodologie presupune aplicarea la intrare a unui semnal sinusoidal de forma:

$$x = X \sin \omega t.$$

Mărimea de ieșire în regim stabilizat va avea amplitudinea și faza dependentă de frecvență:

$$y(t) = Y(\omega) \sin[\omega t + \varphi(\omega)]$$

sau, sub forma complexă:

$$Y(j\omega) = Y(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)}$$

Prin legătura între transformata Laplace și transformata Fourier, din relațiile de mai sus, se deduce:

$$H(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = \frac{Y(\omega)}{X(\omega)} \cdot e^{j\varphi(\omega)} = H(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)}$$

cu $X(\omega)$ constant.

Valorile modulului $H(\omega)$, pentru $\omega \in (0, \infty)$ reprezintă caracteristica amplitudine - pulsație, iar $\varphi(\omega)$ caracteristica fază - pulsație, a căror ridicare experimentală permit, prin relațiile de mai sus, deducerea funcției de transfer.

2.2 Indicatori de performanțe dinamice deduși din caracteristici experimentale în domeniul timpului

Principala caracteristică experimentală utilizată este funcția indicială (răspunsul la semnal treaptă).

Se prezintă funcția indicială a unui element de întârziere de ordinul II oscilatoriu amortizat, pe care se definesc:

- eroarea sau abaterea dinamică ε_D ca diferența dintre valoarea curentă $y(t)$ și valoarea stabilizată:

$$\varepsilon_D(t) = y(t) - Y_s$$

Ea este reprezentată de componenta tranzitorie forțată, scăzând cu timpul și tinzând să se anuleze;

- timpul tranzitoriu (timpul de răspuns) t_t - este durata în care eroarea dinamică devine mai mică decât banda de proporționalitate:

$$|\varepsilon_D(t)| \leq B_s, \forall t \geq t_k$$

- banda de proporționalitate - nu este unanim definită, în cazul traductoarelor se adoptă 1-2 % din y_s .

Timpul t_t este o măsură a vitezei de lucru a traductorului. Uneori se folosește și:

- timpul de creștere t_c - durata în care ieșirea evoluează de la 0,1 y_s la 0,9 y_s (10 %...90% din y_s);

- pulsația oscilațiilor ω se definește prin durata dintre două maxime succesive;

- supracreșterea $\sigma(\omega)$ reprezintă primul maxim al ieșirii și depinde numai de factorul de amortizare ξ . Evaluează efectele variațiilor bruște ale mărimii de intrare.

2.3 Indicatori rezultați din caracteristica de frecvență

Cunoscând că de regulă traductoarele au caracteristici de filtru trece - jos, adică lasă să treacă și eventual amplifică frecvențele joase, atenuând pe cele înalte, apare necesitatea stabilirii unui domeniu de frecvență:

- lărgimea de bandă de trecere se definește pentru elementele cu caracteristica trece - jos prin valoarea pulsației ω_B pentru care modulul $H(\omega)$ nu scade la o valoare mai mică de $H(\omega_B)$ din cea corespunzătoare pulsației $\omega=0$:

$$H(\omega_B) = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot H(0)$$

sau, sub forma logaritmică:

$$20 \lg \frac{H(\omega_B)}{H(0)} = -3\text{dB}$$

Lărgimea de bandă trebuie aleasă suficient de mare în raport cu frecvența maximă de măsurat, dar o creștere exagerată a ei permite transmiterea și amplificarea zgomotelor de frecvențe ridicate;

- pulsația de rezonanță ω_r este pulsația la care amplitudinea are valoare maximă:

$$\omega_r = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

unde ω_n este pulsația naturală a elementului.

2.4 Indicatori de regim dinamic pentru traductoare numerice

Pentru traductoare numerice care operează cu mărimi eșantionate, caracteristicile dinamice sunt descrise cu ajutorul ecuațiilor cu diferențe finite sau al funcțiilor de transfer în variabilă complexă $Z = e^{Ts}$,

unde T_s este perioada de eșantionare.

În cazul unor traductoare analogice cuplate cu CAN problema este mai ușoară. Se definește:

- timpul de stabilire total ca suma dintre timpul tranzitoriu al traductorului analogic și timpul de conversie t_N al CAN (durata necesară generării codului numeric după aplicarea semnalului analogic la intrare). Acest al doilea timp depinde de:

- tehnica de conversie (cu numărare, aproximări succesive, cu dublă pantă, etc.);
- numărul de biți al codului furnizat;
- viteza de operare a circuitelor electronice.

Prin analogie, rata de conversie este numărul de conversii posibile în unitatea de timp.

Cunoscând timpul de conversie se pot face evaluări asupra vitezei de variație și a benzii de frecvență a semnalului care poate fi convertit, stabilind corelațiile cu performanțele dinamice cerute de sistemul automat. Trebuie observat că timpii de conversie ai unui CAN electronic sunt mult mai mici decât timpii de stabilire ai unor elemente sensibile de natură numerică.

3. Caracteristici energetice

Puterea consumată în procesul de măsurare poate fi luată parțial sau total de la mărimile de măsurat, ele putând fi clasificate din acest punct de vedere în mărimi:

- active, care pot asigura această putere;
- pasive, care necesită o sursă de energie auxiliară.

Oricărei mărimi X supuse măsurării i se poate asocia o mărime J astfel încât produsul XJ să reprezinte o putere. Raportul lor este în acest caz de natura unei impedanțe - impedanța generalizată (metrologică):

$$\frac{X}{J} = Z_s + Z_m \approx Z_m$$

unde: - Z_s este impedanța sursei;

- Z_m este impedanța mijlocului de măsură.

Este de dorit ca Z_m să fie cât mai mare pentru ca puterea solicitată de aparat să fie cât mai mică.

Obținerea unei impedanțe cât mai mari este o preocupare permanentă și la realizarea traductoarelor.

Se pune și problema adaptării impedanței Z_m în raport cu cea a sursei Z_s , astfel încât consumul energetic și deci eroarea să se mențină în limite strânse.

Adaptarea de nivel (amplitudine) presupune:

- micșorarea amplitudinii mărimii de măsurat X (transformatoarele de măsurare de curent și de tensiune, pârghiile pentru forțe și deplasări, pistoane cu secțiuni diferite pentru presiuni);
- folosirea de amplificatoare de măsurare, când mărimea de intrare e deja redusă, ceea ce presupune deja o sursă auxiliară. Se realizează în acest fel și adaptarea de putere.

Pentru mărimile pasive, folosirea unei surse auxiliare devine obligatorie.

Pentru caracterizarea puterii cerute de la mărimea de măsurat, la un traductor se precizează impedanța de intrare, iar pentru sursa auxiliară natura sa (c.c. sau c.a.), valoarea parametrului (tensiune, curent) și limitele admise de variație.

Pentru cuplarea cu aparatul de măsură receptor, se precizează parametrii semnalului de ieșire al traductoarelor, cea ce impune impedanța de intrare a acestuia.

4. Caracteristici constructive

Indicatorii acestor caracteristici vizează modul în care traductoarele își păstrează caracteristicile funcționale sub acțiunea mărimilor de influență.

Principalele caracteristici constructive sunt:

- robustețea - constă în limitarea la maxim a restricțiilor impuse traductoarelor privind condițiile de șocuri, vibrații, variații mari de temperatură, umiditate, presiune, agenți nocivi chimici sau biologici, ale parametrilor sursei de alimentare;

- capacitatea de supraîncărcare definește proprietatea unui traductor de a suporta valori ale mărimii de măsurat care depășesc limita superioară a domeniului, fără ca prin aceasta să rezulte modificări ale performanțelor funcționale (liniaritate, sensibilitate, precizie) sau deteriorări constructive.

Pe timp scurt se numește șoc, pe timp mai lung, suprasarcină;

- protecția climatică este constituită din ansamblul de măsuri care se iau în cadrul calculelor de dimensionare și alegere a materialelor, pieselor și componentelor în proiectarea formei și detaliilor constructive, în special ale carcasei, în stabilirea acoperirii suprafețelor și a tehnologiei de execuție pentru a se asigura că acțiunea complexă a factorilor climatici pe o anumită durată să nu influențeze nefavorabil asupra proprietăților funcționale;
- protecția contra exploziilor cuprinde măsurile specifice aplicate în construcția și montarea traductoarelor - electrice și electronice în special - în scopul de a evita aprinderea atmosferei explozive exterioare de către acestea în diverse regimuri de funcționare;

- protecția anticorozivă constă în evitarea corodării suprafețelor de contact ale traductoarelor la venirea în contact cu diverse tipuri de fluide (acizi, baze, săruri) cu acțiune corozivă;

- gradele normale de protecție sunt măsuri stabilite prin normative standardizate prin care se asigură o serie de protecții specifice utilajelor electrice, precum: protecția persoanelor contra atingerii părților interioare aflate sub tensiune, protecția contra pătrunderii corpurilor străine solide, a apei, contra deteriorărilor mecanice. Sunt simbolizate prin literele IP urmate de două sau trei cifre. Pentru traductoarele electrice protejate suplimentar contra intemperiilor se intercalează litera W între IP și cifrele care urmează.

4.1 Efectele șocurilor și vibrațiilor mecanice. Asigurarea împotriva lor.

Jocurile și vibrațiile au efecte în special asupra rigidității structurilor mecanice, mecanismelor de cuplare și organelor de fixare. Pot fi influențate și contactele electrice și se pot produce ruperi ale conductoarelor. Dacă vibrațiile au frecvență variabilă, există pericolul atingerii frecvenței proprii de rezonanță a structurilor mecanice. Jocurile pot produce deteriorări

mecanice, degradări ale părților electronice (smulgeri, deplasări ale plachetelor, circuitelor etc.).

Măsurile care se iau pentru asigurarea traductoarelor împotriva acestor efecte constau în rigidizarea corespunzătoare a pieselor componente și subansamblurilor, alegerea unor jocuri optime pentru piesele mobile, reducerea momentelor de inerție și calibrarea corectă a pieselor aflate în rotație, prevederea de elemente amortizoare, miniaturizarea. Se prevăd probe de încercare la șocuri și vibrații, cu anumite frecvențe, pe diferite durate.

Pentru fiecare tip de traductor se specifică gama de vibrații - ca frecvență și amplitudine - la care rezistă.

4.2 Fiabilitatea traductoarelor

Proprietatea ca traductoarele să funcționeze în limitele parametrilor lor, fără defectare, un timp cât mai îndelungat, definește în sens larg fiabilitatea.

Posibilitatea de prevenire, depistare și înlăturare a defectărilor asigură proprietatea de reparabilitate. Proprietatea ca după reparații traductorul să-și reia capacitatea de funcționare se numește restabilire.

Drept măsură a fiabilității - cantitativ - se consideră probabilitatea funcționării fără defectări în decursul unui interval timp, în condiții date.

Intervalul de timp T în care un traductor funcționează fără defecte se numește timp de buna funcționare.

Alți indicatori de fiabilitate:

- frecvența de apariție a defectelor - estimată prin numărul de defectări ΔN care apar într-un interval de timp Δt la lotul de aparate N_0 :

$$\hat{f}(t) = \frac{\Delta N}{N_0 \cdot \Delta t}$$

- rata defectării $\lambda(t)$ este densitatea de reapariție a defectării la momentul t , condiționată de faptul că aparatul respectiv a funcționat fără defectări până la momentul considerat.

- Funcția de fiabilitate:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

Dacă $\lambda(t) = \lambda$ este constantă:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Media timpului de buna funcționare:

-

$$T_0 = \text{MTBF} = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}$$

si deci:

-

$$R(t) = e^{-\frac{t}{T_0}}$$

Probabilitatea ca timpul de funcționare să fie T_0 este $R(T_0) = e^{-1} = 0,37$.

<http://electrokits.ro/>