

Baza arhitecturii softului pentru achiziția de date este măsurarea și automatizarea serviciilor. Aici veți găsi driverele corespunzătoare pentru condiționarea semnalului și dispozitivele intrare - ieșire (I / O), alături de mai multe utilitare proiectate pentru a ușura munca de achiziție.

Driverul pentru dispozitiv traduce aplicația în lucru într-un “limbaj” pe care hard-ul îl poate înțelege. Driverul este cea mai importantă componentă a arhitecturii software-ului. În cazul în care acesta nu acționează bine sau nu poate profita de toate trăsăturile hardware-ului I/O, accesul va fi oprit (paralizat) înainte încă de a începe lucrul. Un driver bun poate accesa mai multe tipuri de I/O simultan și totodată să sincronizeze dispozitive multiple I/O. Cele mai bune drivere oferă hardware și sistem de operare independent astfel încât utilizatorul nu va fi nevoit să rescrie codul în cazul schimbării dispozitivului I/O sau în cazul în care aplicația trebuie trecută prin sisteme de operare multiple.

Configuration tools sunt de asemenea incluse la această componentă. Mijloacele de configurare bune și folosirea corespunzătoare a tehnologiei “plug and play” va elimina necesitatea de a seta jumpere (mici conectori care fac legătura între doi pini, pentru a activa circuitele folosite de pe placă, pentru a selecta un anumit circuit sau o opțiune din mai multe posibile) și comutatoare (switches) la dispozitivul I/O. Aceste facilități oferă de asemenea posibilitatea denumirii și setării atributelor pentru fiecare canal de intrare.

Calibration tools (unelte de calibrare) sunt o altă componentă a serviciului de măsurare. Aceste mijloace pot fi integrate în componenta anterioară de configurare. În orice caz, este util să avem un acces ușor la funcțiile folosite pentru a calibra sistemul de achiziție de date. Este preferabil să utilizăm un soft care să permită rezolvarea acestei probleme astfel încât să nu fim nevoiți să manevrăm manual potențiometrele la dispozitivul I/O.

Development tools (mijloace de dezvoltare). Această componentă este folosită pentru a crea aplicații end-user, nu este în mod normal legată cu hardware-ul sistemului de achiziție și este comercializată separat. Înainte de a face alegerea trebuie decis modul de creare a aplicației în dependență de mediul de programare de bază: grafic, text, componentă sau HMI. În cele mai multe cazuri, decizia depinde de preferința programatorului, dar există totuși o serie de lucruri ce trebuie luate în considerare la selectare: compatibilitate cu hardul utilizat, posibilitatea existenței utilizatorilor multipli (aplicație în comun) etc.

Ultimul nivel este aplicația software de care un utilizator este interesat să o creze. Există trei moduri fundamentale de a crea aceste aplicații:

- Primul este folosirea unelei de dezvoltare selectată pentru a crea o interfață utilizator; se obțin datele necesare din dispozitivele I/O; se efectuează o analiza sau un control; se introduc datele într-un grafic, fișier sau într-o pagina Web.
- O alternativă ar fi selectarea unei aplicații end-user care nu necesită programare din partea utilizatorului. O varietate de astfel de aplicații transformă dispozitivul de achiziție într-un tip specific de instrument, sau efectuează analize predeterminate și rutine de control.
- În cele din urmă, se poate selecta o unealta de dezvoltare ce include o aplicație wizard. Această componentă va furniza informații referitoare la aplicația dorită și crează un

șablon al aplicației end-user, pentru a vă ajuta. Asemenea unelte măresc productivitatea utilizatorului deoarece acesta nu este nevoit să scrie fiecare aplicație.

LabVIEW (programare grafică), LabWindows (programare în C++), Component Works (Visual basic), Measure – Excel, VirtualBench sunt pachete soft utilizate pe scară largă în aplicațiile de achiziție de date.

Dezvoltarea sistemelor de calcul PC și a echipamentelor periferice, sistemul INTERNET sunt elemente hotărâtoare în direcția ulterioară a softwerului pentru sistemele de achiziții de date.

2.5 Caracteristici și performanțe ale traductoarelor și senzorilor

2.5.1. Caracteristici de regim staționar

2.5.1.1. Caracteristica statică

Utilizând reprezentarea din teoria sistemelor, schema funcțională a unui Tr/S se poate prezenta conform figurii 2.30 unde “y” este mărimea de ieșire, “x” este mărimea de intrare, “p_i” și “p_j” sunt mărimi perturbatoare interne și externe.

Mărimile perturbatoare externe sunt datorate mediului exterior: temperatură, presiune, umiditate, câmpuri magnetice și electrice parazite.

Mărimile perturbatoare interne au ca și cauză: frecările în lagăre, modificarea proprietății materialelor prin îmbătrânire, variații ale parametrilor de alimentare.

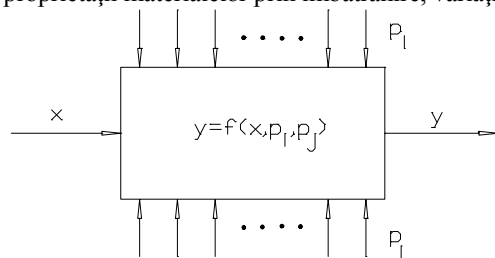


Fig.2.30 Reprezentarea sistemică a unui senzor

Caracteristicile traductoarelor / senzorilor reprezintă în esență dependența funcțională intrare – ieșire $y = f(x, p_i, p_j)$.

Aceste caracteristici se pot referi la regimul staționar - mărimile de intrare și ieșire nu variază în timp - sau la cel dinamic. În cazul regimului staționar caracteristicile mai poartă denumirea de caracteristici statice.

Pentru un element sensibil - arc elicoidal cilindric de compresiune - (fig.2.31) caracteristica statică este definită prin relația

$$\Delta x = \frac{1}{K} \cdot F \quad \text{unde notațiile au}$$

semnificațiile următoare: "F" este mărimea de intrare - forța, "K" este rigiditatea arcului = panta caracteristicii iar "x" este mărimea de ieșire - săgeata arcului.

Pe baza acestor caracteristici statice există posibilitatea definirii mai multor indicatori privind performanțele traductoarelor. În figura 2.32 se prezintă câteva caracteristici statice mai reprezentative întâlnite în construcția traductoarelor și senzorilor.

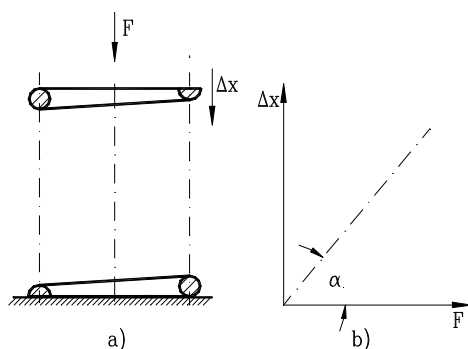


Fig.2.31 Arc elicoidal și caracteristica statică

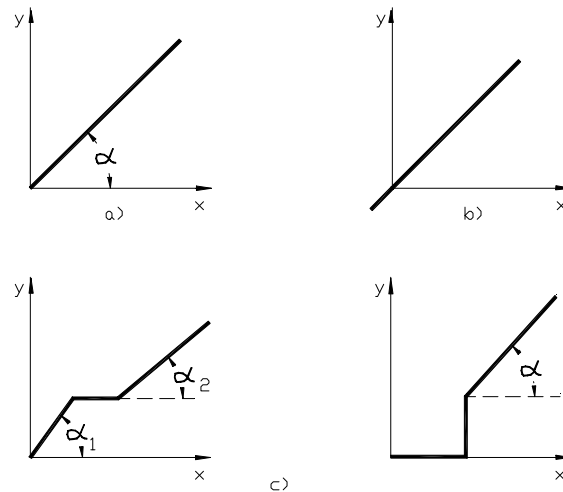


Fig.2.32 Caracteristici statice

Caracteristica din figura 2.32a este o caracteristică statică unidirecțională iar caracteristica din figura 2.32b este bidirecțională (în două cadrane). Caracteristicile din figura 2.32c sunt liniare pe porțiuni, cu zone de insensibilitate.

2.5.1.2. Domeniul de măsurare.

Domeniul de măsurare se exprimă prin intervalul $[x_{\min}, x_{\max}]$ pentru care a fost proiectat să lucreze traductorul în condiții normale. În general, se caută plasarea acestuia pe o porțiune liniară a caracteristicii statice.

Se consideră “*valoare nominală*” a mărimii de măsurat limita superioară a domeniului de măsurare. În 1879 inginerul francez S. Renar a propus divizarea în șiruri normalizate a domeniilor de măsurare. Se recomandă și în cazul traductoarelor/senzorilor să se respecte aceste principii de normalizare. Șirul de bază a acestei normalizări este notat R5 (R după prima literă a numelui autorului metodei) și se bazează pe progresie geometrică cu rația $q = \sqrt[5]{10} = 1.6$. Au fost dezvoltate și admit de către ISO și șirurile R10 ($q = \sqrt[10]{10} = 1.25$), R20 ($q = \sqrt[20]{10} = 1.12$) și R40 [2.1].

Dacă mărimea de măsurat are mai multe componente (de exemplu *forța generalizată* cu cele 6 componente), este necesară precizarea domeniului de măsurare pentru fiecare componentă.

Domeniul de măsurare este impus de aplicația căreia îi este destinat traductorul/senzorul și constituie o cerință de bază a temei de proiect.

2.5.1.3. Erorile de neliniaritate și histereză ale caracteristicilor statice

În general caracteristicile statice sunt neliniare la un domeniu larg de variație a mărimii de intrare.

Caracteristicile liniare reprezintă avantaje certe astfel încât se impune:

- considerarea caracteristicii reale doar pe un interval redus unde se păstrează liniaritatea;
- utilizarea unor circuite electronice de liniarizare a caracteristicilor: liniarizarea cu punte activă, liniarizarea cu dublă reacție, liniarizare cu multiplicator etc. [2.17]

Caracteristicile liniare reprezintă o aproximare a caracteristicilor neliniare reale.

Ecuțiile de aproximare ale caracteristicilor sunt:

- caracteristica din figura 2.33a:

$$y = a_0 \cdot x \quad (2.6)$$

- caracteristica din figura 2.33b:

$$y = a_0 \cdot x + a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x^4 \quad (2.7)$$

- caracteristica din figura 2.33c:

$$y = a_0 \cdot x + a_1 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^5 \quad (2.8)$$

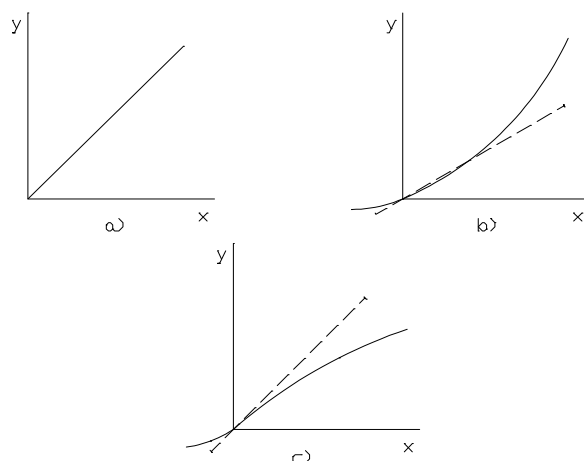


Fig.2.33 Aproximarea caracteristicilor statice

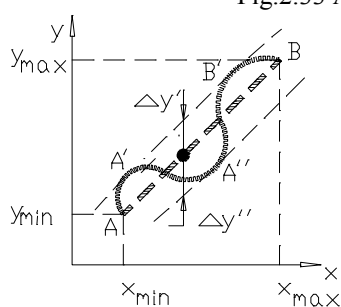


Fig.2.34 Definierea erorii de neliniaritate

Ca măsură pentru evaluarea aproximării se utilizează eroarea de neliniaritate (fig.2.34).

Dreapta AB reprezintă dreapta de cea mai bună aproximare a curbei reale, obținută prin una din metodele matematice cunoscute. Abaterile absolute de la neliniaritate $\Delta y'$, $\Delta y''$ sunt definite prin poziția dreptelor A'B' și A''B" paralele cu dreapta AB și tangente caracteristicii reale.

Eroarea relativă de neliniaritate, raportată la domeniul de funcționare, este:

$$\varepsilon = \frac{\max\{\Delta y', \Delta y''\}}{y_{\max} - y_{\min}} \cdot 100 [\%] \quad (2.9)$$

Caracteristica statică este afectată, mai mult sau mai puțin, de fenomenul de histereză și de cel de relaxare. În figura 2.35. sunt prezentate două caracteristici statice în care sunt evidențiate aceste fenomene. Pentru a asigura univocitatea valorii măsurate, eroarea de histereză trebuie să fie bineînțeles sub o anumită limită impusă de domeniul de utilizare. Această eroare este definită prin relația:

$$|\varepsilon| = |y'' - y'| \leq \varepsilon_{adm} \quad (2.10)$$

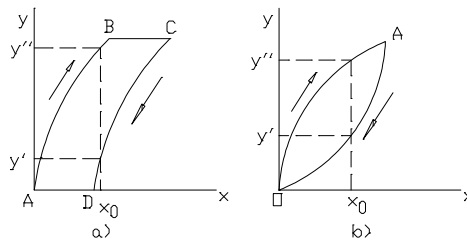


Fig.2.35 Ciclul de histereză și erorile de caracteristică

Se poate obține acest lucru prin reducerea lățimii ciclului de histereză efectuând o îmbătrânire artificială a elementului în cauză prin executarea unui număr ridicat de operații încărcare - descărcare.

2.5.1.4 Sensibilitate și rezoluție

Sensibilitatea în jurul unui punct de funcționare "A" se definește în general prin raportul variației mărimii de ieșire "y" și a variației mărimii de intrare "x" (fig.2.36a):

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x} = k \cdot \tan \alpha \quad (2.11)$$

Pentru caracteristici statice liniare sensibilitatea pe întreg domeniul de definiție este (fig.2.36b):

$$S = \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2.12)$$

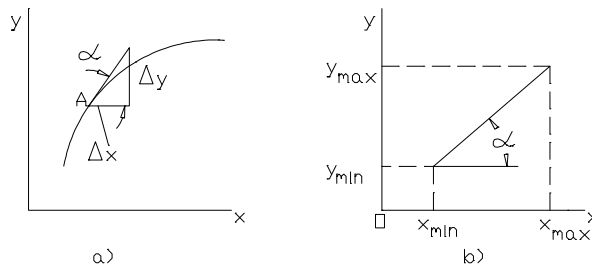


Fig.2.36 Definierea sensibilității

În reprezentare analogică mărimea electrică de ieșire se exprimă în tensiune sau curent în timp ce mărimea de intrare se exprimă în U.M. a informației primare. În mod corespunzător U.M. pentru sensibilitate va fi mm/A, V/V, etc. De exemplu în mod uzual: pentru traductoarele de deplasare rezistive sensibilitatea este $S = (3...5) \cdot 10^{-3}$ V/mm, pentru tahogeneratoare - $S = (15...25) \cdot 10^{-3}$ V/rot/min, pentru rezolvare $S = 1$ V/grad etc..

Pentru caracteristici liniare se definește și constantă "C" ca inversa sensibilității:

$$C = \frac{I}{S} \quad (2.13)$$

Dacă mărimile de intrare și ieșire sunt de aceeași natură atunci sensibilitatea se mai numește factor de amplificare (dacă $S > 1$) sau factor de atenuare (dacă $S < 1$).

Dacă domeniul mărimii de intrare este foarte extins, factorul de amplificare sau atenuare se exprimă prin logaritmul raportului mărimii de ieșire și a celei de intrare:

$$A = 20 \cdot \log \frac{y}{x} \quad [\text{dB}] \quad (2.14)$$

La fel ca în cazul definirii erorii și sensibilitatea se poate defini relativ:

$$S_r = \frac{\Delta y/y}{\Delta x/x} \quad [-] \quad (2.15)$$

Sensibilitatea relativă este utilă la compararea Tr/S cu domenii diferite.

Pragul de sensibilitate este cea mai mică variație a mărimii de intrare care poate fi pusă în evidență. Principalii factori care determină pragul de sensibilitate sunt datorati perturbațiilor interne și externe: zgomotul din circuitele electronice, frecările statice, jocurile din cuplele cinematice.

Rezoluția se definește ca intervalul maxim de variație a mărimii de intrare pentru a se asigura o variație sesizabilă a mărimii de ieșire. Dacă este legată de dispozitivul de afișare a unei informații, noțiunea de rezoluție este de obicei considerată o diviziune (afișare analogică) uneori 1/2, 1/3 diviziuni (se presupune că un operator uman poate aprecia corect și fracțiuni de diviziune). În cazul afișării numerice, rezoluția este egală cu o unitate a ultimului rang zecimal. Rezoluția se exprimă, de obicei, în unități ale mărimii de măsurat.

De exemplu la traductoarele fotoelectrice incrementale de rotație rezoluția este:

$$R = \frac{360^\circ}{N} \quad [^\circ] \quad (2.16)$$

unde N este numărul de impulsuri pe o rotație.

Traductorul/senzorul este cu atât mai bun cu cât sensibilitatea este mai mare iar rezoluția și pragul de sensibilitate sunt mai reduse. Făcând o analogie cu teoria sistemelor, pragul de sensibilitate se poate considera ca o caracteristică de intrare, sensibilitatea ca o caracteristică de transfer iar rezoluția ca o caracteristică de ieșire.

2.5.1.5 Precizia și indicatorii ei

Determinarea unei valori de măsurat nu se poate face decât cu o anumită incertitudine.

Diferența între valoarea ce exprimă rezultatul măsurării și valoarea reală de măsurat se numește eroare de măsurare. Evident că măsurarea este cu atât mai bună cu cât eroarea este mai mică.

La efectuarea unor măsurări repetate a mărimii "M" șirul valorilor "m" obținute conține erori de măsurare. Prin prelucrarea statistică a acestor erori se poate ajunge la indicatorul denumit *precizia de măsurare*. Precizia de măsurare este cu atât mai bună cu cât pentru o probabilitate admisă, intervalul (min, max) în care se situează valoarea reală este mai restrâns.

Pe baza caracteristicii statice se pot defini *eroarea de zero* (fig.2.37a) și *eroarea de proporționalitate* (fig.2.37b). Eroarea de zero are un caracter aditiv și este constantă pe întreg domeniul. Eroarea de proporționalitate este de natură multiplicativă și crește proporțional cu valoarea informației primare.

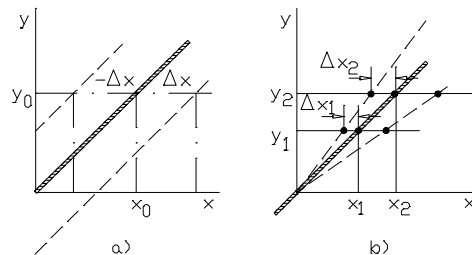


Fig.2.37 Eroarea de zero și de proporționalitate

Calitativ precizia se exprimă prin *justețe și repetabilitate*. Repetabilitatea constituie calitatea unor măsurări repetate de a da rezultate apropiate între ele. Justețea constituie calitatea unor măsurări repetate de a da rezultate apropiate de valoarea adevărată. Aceste noțiuni sunt reprezentate simbolic în figura 2.38.

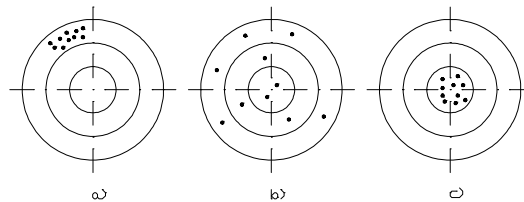


Fig.2.38 Repetabilitate, justețe și precizie

2.5.2 Caracteristici de regim dinamic

2.5.2.1. Generalități

Regimul dinamic al unui Tr/S corespunde funcționării acestuia în situația în care mărimea de măsurat și ca urmare și semnalul de ieșire variază în timp. Variațiile mărimii de intrare nu pot fi urmărite instantaneu la ieșire. Datorită inerției - mecanice, termice, electromagnetice - și amortizărilor dependente de viteză și modul de variație a semnalului la intrare se transmite cu întârziere la ieșire și unele alterări în raport cu valorile corespunzătoare caracteristicii statice.

2.5.2.2. Răspunsul dinamic

Dinamica Tr/S este descrisă de ecuația diferențială:

$$b_n \cdot y^{(n)} + \dots + b_0 \cdot y(t) = a_n \cdot x^{(m)} + \dots + a_1 \cdot x^{(1)} + a_0 \cdot x(t) \quad (2.17)$$

unde $y^{(k)}$, $x^{(j)}$ sunt derivatele, de ordinul "k" respectiv "j", în raport cu timpul a mărimii de ieșire respectiv intrare iar b_k , a_j sunt coeficienți în general de valoare constantă.

Dacă se aplică transformata Laplace ecuației (2.14), se obține funcția de transfer a Tr/S de forma:

$$Y(s) = \frac{\sum a_k \cdot s^k}{\sum b_j \cdot s^j} \cdot X(s) \quad (2.18)$$

După gradul ecuației diferențiale se pot remarca elemente traductoare/senzoriale de ordinul 0, 1, 2, etc.

Rezolvarea riguroasă a acestei ecuației diferențiale și interpretarea soluției obținute este în general greoaie. Din acest motiv se utilizează unele aproximări. Se consideră de exemplu că mărimile de intrare și perturbațiile variază discontinuu printr-o succesiune de drepte.

O variație a semnalului de intrare ca cea din figura 2.39a se poate descompune într-o succesiune de semnale (fig.2.39b) cu ecuațiile următoare:

$$x(t) = x_a(t) + x_b(t) + x_c(t) + x_d(t) + x_e(t) \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} x_a(t) &= 0 & t \leq t_0 \\ x_a(t) &= x_0 & t > t_0 \end{aligned} \quad (2.20)$$

$$\begin{aligned} x_{b(t)} &= k_b \cdot (t - t_1) \\ k_b &= \frac{x_1 - x_0}{t_2 - t_1} \end{aligned} \quad (2.21)$$

$$\begin{aligned} x_{c(t)} &= -k_c \cdot (t - t_2) \\ k_c &= k_b \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} x_{d(t)} &= -k_d \cdot (t - t_3) \\ k_d &= \frac{x_1 - x_2}{t_4 - t_3} \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned} x_{e(t)} &= k_e \cdot (t - t_4) \\ k_e &= k_d \end{aligned} \quad (2.24)$$

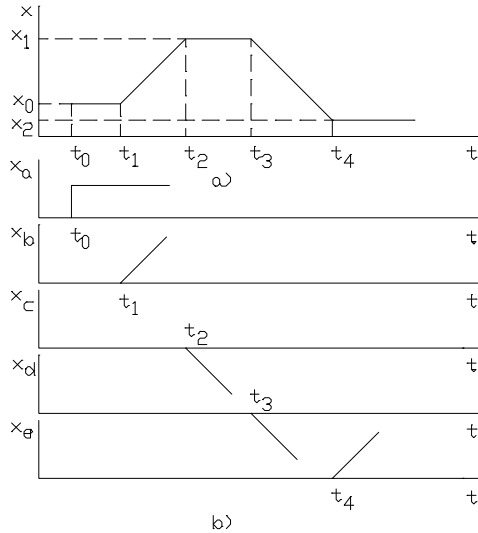


Fig.2.39 Semnal de intrare și descompunerea sa într-o succesiune de semnale

Aceste succesiuni de semnale sunt obținute pe baza unor impulsuri treaptă și rampă prezentate în figura 2.40.

Relațiile de definiție a acestor două semnale sunt următoarele (k-reprezintă înclinația rampei):

$$\begin{aligned} x_{(t)} &= x_0 & t \leq t_0 \\ x_{(t)} &= x_1 & t > t_0 \end{aligned} \tag{2.25}$$

$$\begin{aligned} x_{(t)} &= x_0 & t \leq t_0 \\ x_{(t)} &= k \cdot (t - t_0) + x_0 & t > t_0 \end{aligned} \tag{2.26}$$

Alte semnale standard ce pot fi luate în considerare sunt impulsul unitar, impulsul sinusoidal etc.

Elementul de ordinul "0". În cazul în care toate constantele în afara constantelor a_0, b_0 sunt egale cu zero spunem că avem de-a face cu un element de ordinul "0" (zero). Ecuația diferențială (2.17) devine în acest caz:

$$y = \frac{a_0}{b_0} \cdot x = S \cdot x \tag{2.27}$$

unde "S" reprezintă sensibilitatea elementului.

Pentru elementele de ordinul "0" răspunsul dinamic este perfect, neexistând distorsiuni sau defazaje între semnalul de intrare și cel de ieșire. Un astfel de element este traductorul rezistiv de deplasare cu schema electrică din figura 2.41 [2.1].

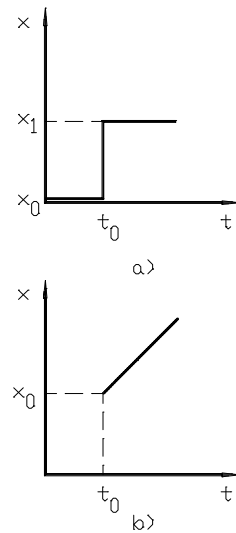


Fig.2.40 Semnal treaptă și rampă

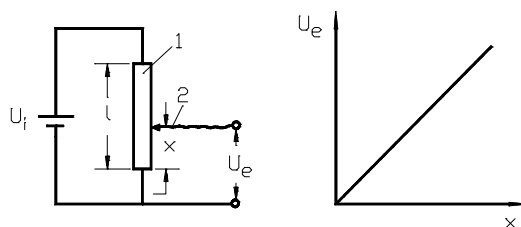


Fig.2.41 Traductorul rezistiv de deplasare și caracteristica sa

Rezistența 1 se găsește sub tensiunea de intrare U_i și este palpată de cursorul 2. Neluând în considerare eventualele influențe ale inductanței și capacitățile parazite (în realitate de valori foarte mici) forțele de inerție și frecare și considerând că rezistența este distribuită liniar pe lungimea " l " atunci există relația:

$$U_e = \frac{U_i}{l} \cdot x = S \cdot x \quad [V] \quad (2.28)$$

unde " S " [V/mm] este sensibilitatea traductorului.

Element de ordinul "1". Aceste elemente sunt caracterizate printr-o ecuație diferențială de forma:

$$b_1 \cdot \frac{dy}{dt} + b_0 \cdot y = a_0 \cdot x \quad (2.29)$$

Funcția de transfer obținută este:

$$Y = \frac{a_0}{b_1 \cdot s + b_0} \cdot X = \frac{S}{\tau \cdot s + 1} \cdot X \quad (2.30)$$

unde $S = a_0/b_0$ este sensibilitatea iar $\tau = b_1/b_0$ constanta de timp.

Schema mecanică principală a unui astfel de element este prezentată în figura 2.42 (C - coeficient de amortizare [Ns/m]; K - rigiditate [N/m]; $c = b_1$; $k = b_0$).

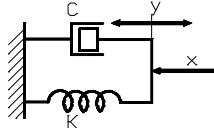


Fig.2.42 Element de ordinul "1"

În cazul în care elementului de ordinul "1" i se aplică la intrare un semnal treaptă, soluția ecuației (2.30) este:

$$y = S \cdot x \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (2.31)$$

Pe baza relației anterioare se poate defini eroarea de măsurare dinamică:

$$\varepsilon = S \cdot x - y = S \cdot x \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2.32)$$

sau sub forma adimensională:

$$\frac{\varepsilon}{S \cdot x} = e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2.33)$$

Un parametru definitoriu al comportării dinamice este durata regimului tranzitoriu sau timpul de liniștire. Această valoare este dată de timpul necesar ca mărimea de ieșire să se situeze într-un domeniu $\pm \Delta$ în jurul valorii teoretice. În general se consideră $\pm \Delta = 5\%$ iar timpul de liniștire este $t_l = 3\tau$.

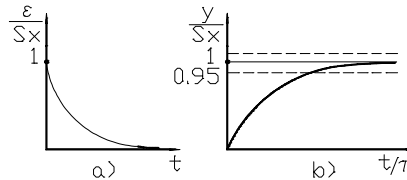


Fig.2.43 Eroarea de măsurare

Tahogeneratorul de c.c. (traductor de viteză) cu schema din figura 2.44 se încadrează în această categorie.

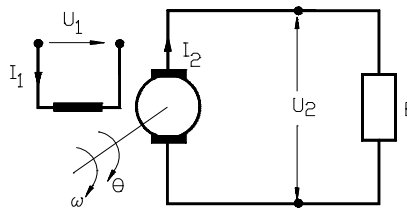


Fig.2.44 Schema electrică a tahogeneratorului de c.c.

Utilizând notațiile "e" - tensiunea electromotoare indusă, "i₂" -curentul electric prin indus, "R_i, L_i" - parametrii electrici ai indusului, "R" - rezistența de sarcină, ecuația de echilibru pentru circuitul electric al indusului are forma:

$$e = i_2 \cdot (R_i + R) + L_i \cdot \frac{di_2}{dt} \quad (2.34)$$

Ținând cont că (k_e este constanta electrică a mașinii):

$$e = k_e \cdot \omega = k_e \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (2.35)$$

$$u_2 = i_2 \cdot R$$

relația (2.34) devine:

$$\frac{L_i}{R_i + R} \cdot \frac{du_2}{dt} + u_2 = \frac{R \cdot k_e}{R_i + R} \cdot \omega \quad (2.36)$$

Introducând constanta de timp a circuitului " τ " și sensibilitatea în sarcină "S", funcția de transfer se obține de forma:

$$\tau \cdot \frac{du_2}{dt} + u_2 = S \cdot \omega \quad (2.37)$$

$$U_2 = \frac{S}{\tau s + 1} \cdot \omega \quad (2.38)$$

Să studiem răspunsul acestui element la aplicarea unui semnal treaptă la intrare. Soluția ecuației diferențiale (fig.2.45) arată că tahogeneratorul se comportă ca un element neinerțial dacă constanta de timp electrică a circuitului corespunzător indusului tinde spre zero:

$$u_2 = S \cdot \omega \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (2.39)$$

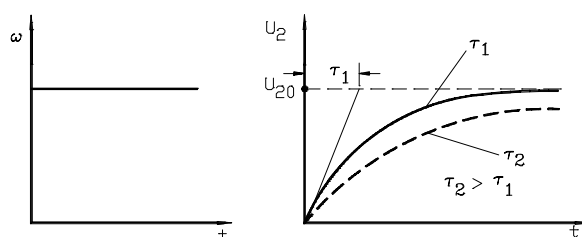


Fig.2.45 Răspunsul tahogeneratorului la un semnal treaptă

Acest lucru se poate realiza prin utilizarea unui rotor fără circuit magnetic. În mod identic se poate determina răspunsul elementului la aplicarea unui semnal rampă sau sinusoidal.

Elemente de ordinul "2". Ecuația caracteristică a acestor elemente este de forma :

$$b_2 \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + b_1 \cdot \frac{dy}{dt} + b_0 \cdot y = a_0 \cdot x \quad (2.40)$$

Dupa transformări și făcând notațiile: S-sensibilitatea; (D - amortizarea; ω_0 - pulsația proprie):

$$\frac{a_0}{b_0} = S ; \sqrt{\frac{b_0}{b_2}} = \omega_0 ; \frac{b_1}{2\sqrt{b_0 b_2}} = D \quad (2.41)$$

ecuația anterioară se poate scrie:

$$\frac{1}{\omega_0^2} \cdot y'' + \frac{2D}{\omega_0} \cdot y' + y = S \cdot x \quad (2.42)$$

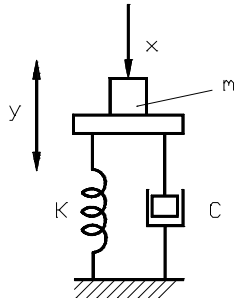


Fig.2.46 Schema mecanică a elementului de ordinul "2"

și are funcția de transfer:

$$Y = \frac{S}{\frac{I}{\omega_0^2} \cdot s^2 + \frac{2D}{\omega_0} \cdot s + I} \cdot X \quad (2.43)$$

Schema mecanică principală a unui astfel de element este prezentată în figura 2.46 semnificația notațiilor fiind următoarea: "m" = b_2 - masa concentrată; "k" = b_0 - constanta elastică; "c" = b_1 - constanta de amortizare.

Comportarea elementului la aplicarea unui semnal treaptă la intrare este dată de caracterul rădăcinilor s_1, s_2 ale ecuației caracteristice și este reprezentată în figura 2.47.

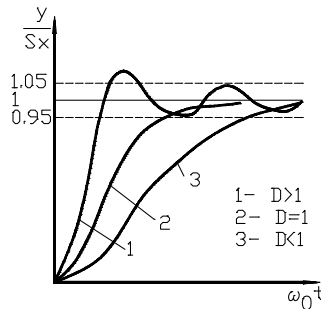


Fig.2.47 Răspunsul elementului de ordinul "2" la un semnal treaptă

Reproducând răspunsul unui Tr/S de ordinul 2 se pot defini câteva din mărimile specifice regimului dinamic (fig.2.48):

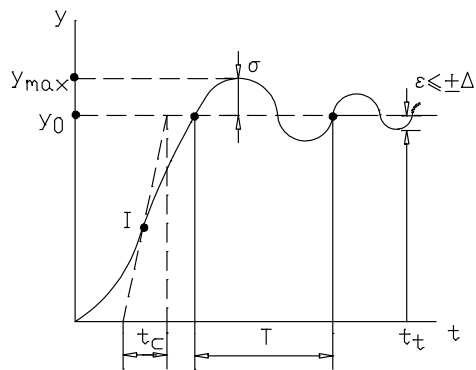


Fig.2.48 Mărimi specifice regimului dinamic

- eroarea dinamică (y_0 este valoarea staționară):

$$\varepsilon = y(t) - y_0 \quad (2.44)$$

- timpul de creștere t_c determinat prin trasarea tangentei la caracteristică în punctul de inflexiune "I";
- supracreșterea sau eroarea dinamică la prima creștere peste valoarea staționară (în forma raportată):

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_0}{y_0} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (2.45)$$

- timpul tranzitoriu t_t - corespunzător încadrării erorii dinamice în domeniu impus. Acest timp permite să se verifice ipoteza că întârzierile introduse sunt neglijabile în raport cu cele determinate de alte componente. Pentru măsurările ciclice sau la cerere

timpul t , reprezintă factorul determinant în stabilirea perioadei de repetiție sau a cadenței de măsurare.

2.5.3. Caracteristici energetice, constructive și de exploatare.

Calitățile efective ale unui traductor/senzor sunt determinate de modul în care este realizat constructiv iar menținerea acestora depinde de montarea, exploatarea și întreținerea corectă.

Un traductor/senzor este caracterizat din punct de vedere *energetic* prin doi indicatori:

- consumul de putere (sau energie) necesar funcționării la parametrii prescriși;
- puterea asociată semnalului de ieșire.

Având în vedere că transformările pe care le suportă mărimea de intrare nu sunt numai de natură informațională, dar și energetică, se impune (din considerente de precizie) ca energia consumată de la măsurand să fie cât mai redusă. Se recomandă în acest sens, ca atât concepția, cât și realizarea practică a traductoarelor / senzorilor să aibă în vedere realizarea unor consumuri energetice reduse (1...100 W).

Pentru a caracteriza interacțiunea traductor –măsurand, se utilizează noțiunea de *impedanță de intrare generalizată* asociată mărimii de intrare a traductorului:

$$P = \frac{X^2}{Z} \quad (2.46)$$

unde P este puterea absorbită de la măsurand.

În ceea ce privește puterea asociată semnalului de ieșire aceasta se impune să fie cât mai ridicată, întrucât condiționează utilizarea ulterioară a semnalului de ieșire.

Din punct de vedere *constructiv*, o caracteristică importantă a Tr/S este *robustețea*. Aceasta este o caracteristică de tip calitativ care definește capacitatea Tr/S de a-și menține performanțele statice și dinamice în condiții de șocuri, vibrații, variații de temperatură, de umiditate, de presiune, în prezența unor agenți chimici nocivi sau la variații bruște ale măsurandului.

Temperatura reprezintă unul din factorii perturbatori principali. Creșterea temperaturii mediului de lucru al echipamentului are ca posibile onsecințe: modificarea calităților unor materiale (carton, mase plastice, ceramică), deteriorarea unor contacte sau izolații, scăderea calității procesului de ungere a unor cuple cinematice, modificări ale poziției relative pentru diverse componente cu implicații funcționale.

Un câmp de temperatură poate fi exprimat printr-o funcție de forma: $\theta = F(x, y, z, t)$ unde θ este temperatura, x, y, z sunt coordonatele punctului căruia i se atașează mărimea θ iar t este timpul.

Prezența parametrului “timp”, în relația de definiție anterioară, permite definirea noțiunii de *regim termic* ca fiind modul în care se modifică în timp câmpul termic. Dacă în relația (2.46) timpul nu apare în mod explicit, regimul termic este *staționar sau permanent*. Temperatura rămâne constantă sau se modifică în intervalul ($\theta_{min}, \theta_{max}$) repetat în jurul unei valori medii. În caz contrar regimul termic este *nestaționar sau variabil*. Regimul termic variabil se poate descumpune într-un regim tranzitoriu (corespunzător trecerii dintr-un regim staționar în altul) și unul staționar.

Pierderile de putere într-un sistem mecatronic (electronică \cap mecanică \cap electrotehnică \cap ...) (cazul traductoarelor și senzorilor) se pot defini ca:

- pierderi prin efect Joule într-un rezistor electric $R \cdot I^2$;
- pierderi electromagnetice
 - a) prin histereză
 - b) prin curenți Foucault
- pierderi mecanice
 - a) pierderi datorate unui cuplu de frecare uscată ;
 - b) pierderi datorate unor cupluri de frecare fluidă proporționale cu viteza pătratică a elementului mobil ;

La echilibru termic, toate punctele unui sistem de puncte în contact termic, se găsesc la aceeași temperatură. Dacă în cadrul unui sistem există puncte cu temperaturi diferite, are loc un schimb de căldură îndreptată de la punctele cu temperatură mai înaltă către cele cu temperatură mai joasă.

Transferul de căldură între două puncte sau între două porțiuni ale unui sistem în dezechilibru termic se efectuează fie prin *convecție, conducție sau radiație* fie în general prin două sau prin toate cele trei fenomene simultan.

Modul de influențare a Tr/S este definit de variația temperaturii: caracter staționar (fig.2.49a) sau nestaționar (fig.2.49b). În primul caz se poate evalua valoarea medie a temperaturii și dispersia în intervalul θ_{\min} și θ_{\max} .

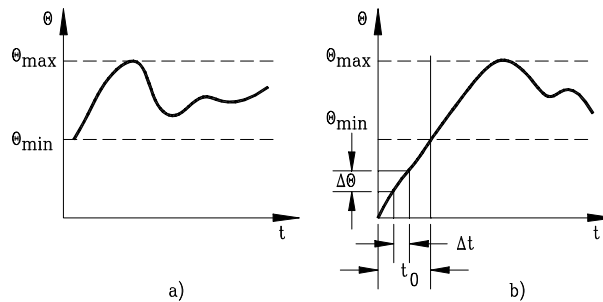


Fig.2.49 Modul de variație a temperaturii

În cazul nestaționar se impune a caracteriza viteza de creștere a temperaturii în intervalul t_0 , corespunzătoare șocului termic. Elementele de bază care caracterizează șocul termic sunt: gradientul de creștere a temperaturii $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ și durata t_0 .

Un alt factor perturbator sunt *vibrațiile*. O mișcare vibratoare este periodică dacă toate elementele mișcării se repetă identic după un interval de timp minim T , denumit *perioada vibrației*. *Frecvența vibrației* se definește ca numărul de perioade în unitatea de timp (secunda):

$$f = \frac{1}{T} [\text{Hz}] \quad (2.47)$$

Diagrama unei vibrații periodice a unui sistem mobil pe axa Ox este ilustrată în figura 2.50. Cea mai simplă vibrație periodică, utilizată în studiul celor mai variate și complicate mișcări periodice, este *vibrația armonică*.

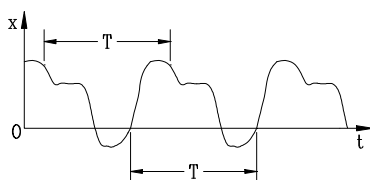


Fig.2.50 Vibrație periodică

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad (2.49)$$

Șocul este o solicitare mecanică sub forma unui impuls, caracterizată de perioada T și durata impulsului δ (fig.2.51).

Zdruncinarea, caracteristică transportului echipamentelor electronice un amestec de vibrații de diverse frecvențe și șocuri mecanice.

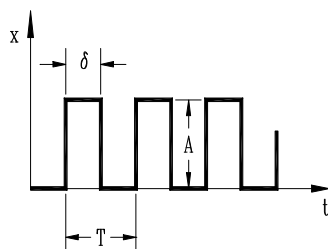


Fig.2.51 Șocul mecanic

Legănarea reprezintă o mișcare de oscilație în jurul axei verticale și un unghi mai mic de $\pm 45^\circ$. Este o mișcare caracteristică echipamentelor electronice aflate pe nave.

Factorii dinamici specificați în cele anterioare se pot manifesta prin :

- zgomot;
- desprinderea îmbinărilor unor componente electronice;
- forfecări ale unor conexiuni;
- scoaterea din conectoare și socluri a subansamblelor și componentelor;
- oboseala (din punct de vedere mecanic) pieselor;
- la frecvența de rezonanță a sistemului pot rezulta deteriorări parțiale sau complete a componentelor echipamentelor electronice;
- uzura, procesul de distrugere a suprafețelor de contact în timpul frecării urmat de o schimbare a calității, geometriei și proprietăților stratului superficial al materialului.

Înlăturarea efectului dăunător al vibrațiilor prezintă două aspecte în construcția echipamentelor:

- micșorarea efectului unei forțe exterioare variabile sau cu șoc pentru a feri elementele echipamentului de erori, uzură, deformații etc.
- amortizarea rapidă a vibrațiilor unui element indicator sau înregistrator astfel încât citirea / înregistrarea să se facă într-un timp cât mai scurt.

Umiditatea se prezintă prin unități relative la referitor la temperatură (de ex. *umiditatea relativă 80 % la temperatura de 40°*). O umiditate înaltă poate conduce la

distrugerea rapidă a componentelor electrice și mecanice prin diminuarea rezistenței de izolație, străpungerea electrică, corodarea elementelor mecanice. Posibilitățile de bază de reducere a influențelor umidității sunt: realizarea capsulată (ermetică) a structurii, utilizarea unor acoperiri de protecție rezistente la umiditate și diferiți deshidratori.

Standardele în vigoare fac referire la protecția climatică pe care trebuie să o îndeplinească mijloacele de măsurare. Diversele zone climatice sunt clasificate funcție de temperatură și umiditate. În țara noastră sunt trei astfel de zone climatice:

1. *climat temperat rece (munții și zona Ardealului)* cu temperaturi între -33°C și 34°C și o umiditate relativă de 95 % la temperaturi până la 23°C ;
2. *climat temperat cald uscat (Câmpia Română și zona de vest a Banatului)* cu temperaturi între -20°C și 40°C și o umiditate relativă de 95 % la temperaturi până la 27°C ;
3. *climat temperat cald (în rest)* cu temperaturi între -20°C și 35°C și o umiditate relativă de 95 % la temperaturi până la 25°C ;

Variația tensiunii de alimentare influențează practic caracteristica de ieșire a traductoarelor, modificând sensibilitatea acestora. Diminuarea acestor influențe impune stabilizarea tensiunii de alimentare.

Marea majoritate a sistemelor de achiziție de date actuale sunt conectate prin fire sau cabluri, care acționează ca mediu fizic de transmisie, transportând semnalele între componentele sistemului. Există diverse tipuri de cabluri care pot îndeplini cerințele. Belden, un cunoscut producător de cabluri, publică un catalog cu peste 2.200 de sortimente. Din fericire cele mai des utilizate se pot grupa în trei categorii: coaxial, torsadat (ecranat și necranat) și fibră optică.

Cablul coaxial era cel mai frecvent utilizat mediu pentru transmisia semnalelor. Aceasta pentru că era ieftin, ușor, flexibil și simplu de instalat. În forma sa cea mai simplă, cablul coaxial constă dintr-un miez de cupru solid, înconjurat de un înveliș izolator, apoi de un strat de ecranare format dintr-o plasă metalică și de un strat exterior de protecție.

Într-o descriere sumară, *cablul torsadat* (twisted-pair) constă din două fire de cupru izolate, răsucite unul împrejurul celuilalt. De obicei, un număr de perechi torsadate sunt grupate și învelite cu o cămașă protectoare, formând astfel un cablu. Datorită răsucirii firelor, zgomotul electric provenit de la perechile alăturate sau de la alte surse de zgomot (motoare, rele, transformatoare etc.) se anulează.

Cablul torsadat necranat (UTP) este cel mai cunoscut cablu torsadat. Lungimea maximă a segmentului este de 100 m. O problemă care poate apărea la toate tipurile de cabluri este diafonia: interferența semnalelor utile cu semnalele provenite din firele alăturate. Cablul UTP este predispus la diafonie. Pentru a reduce acest efect se folosește ecranarea.

Cablul torsadat ecranat (STP) are un înveliș protector de calitate mai bună decât cea a cablului UTP. În plus cablul STP include o folie dispusă între și în jurul perechilor de fire. În acest mod cablul este mai puțin afectat de interferențe electrice și asigură transferul datelor cu viteze superioare și pe distanțe mai mari decât cablul UTP.

Cablul de fibră optică este indicat pentru transmisii de date de mare viteză și capacitate, într-un mediu foarte sigur, datorită purității semnalului și lipsei atenuării. Transmisii prin cablu de fibră optică nu sunt supuse interferențelor electrice și sunt foarte

rapide. Limitări în utilizarea acestora pot introduce bugetul limitat pentru investiție sau lipsa experienței în instalare și conectarea la dispozitive.

Având în vedere cele expuse anterior, se impun unele precizări privind reducerea perturbațiilor datorate cuplajelor inductive, capacitive și conductoare.

Prezența perturbațiilor într-un sistem informațional conduce la generarea unor semnale (zgomot) care influențează semnalele utile numerice și analogice.

În cazul semnalelor numerice influența semnalelor perturbatoare este practic zero datorită diferenței mari între valorile de tensiune corespunzătoare celor două nivele logice. În cazul semnalelor analogice influența se face însă simțită.

În toate cazurile nivelul zgomotului este influențat de o serie de factori:

- impedanța de ieșire a sursei de semnal (sau de impedanța de intrare a sistemului);
- impedanța de sarcină a sursei de semnal;
- firul conductor prin lungime, ecranare și conectare la masă;
- apropierea de sursa de zgomot;
- amplitudinea semnalului și a zgomotului.

Cele mai multe probleme de sunet pot fi rezolvate printr-o atenție mărită asupra unor principii de conectare la masă și ecranare:

- a nu se confunda noțiunea de “masă” cu cea a “circuitului invers” (return paths): “masă” = siguranță în funcționare iar “return” = conducător de curent;
- minimizarea inductivității firelor de legătură;
- minimizarea curenților de masă;
- limitarea antenelor.

În figura 2.52 este ilustrată diferența între noțiunea de masă și cea de circuit invers.

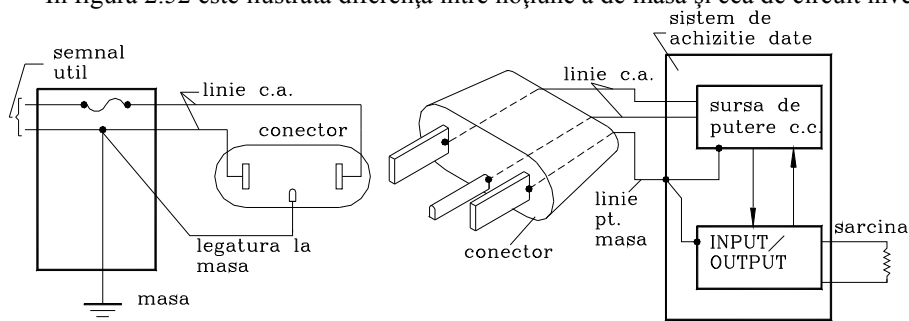


Fig.2.52 Masă și circuit invers

În concordanță cu cele prezentate anterior în figurile 2.53 – 2.54 sunt sugerate trei modalități de conectare și legare la masă [2.11].

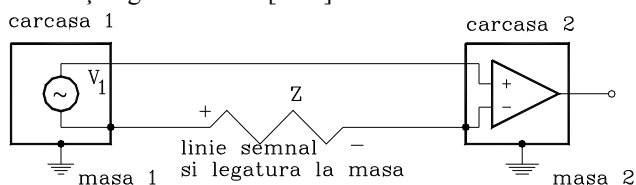


Fig.2.53 Conectare “single – ended”

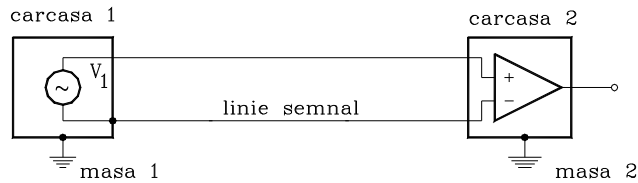


Fig.2.54 Conectare diferențială

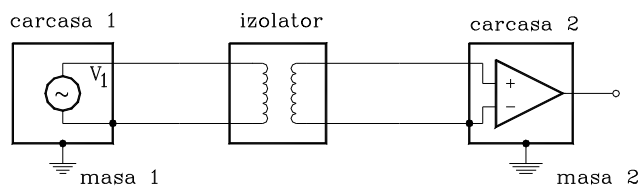


Fig.2.55 Conectare cu izolare

Semnalele perturbatoare rezultate prin cuplaj inductiv apar dacă sistemul informațional se găsește în apropierea unor circuite electrice care comută curenți intensi. Acest cuplaj inductiv se realizează practic între sursa de perturbații și firele de legătură. Semnalele perturbatoare datorate acestui cuplaj se pot echivala cu surse de tensiune parazite cuplate în serie cu sursa de semnal util (în tensiune). În cazul unor surse de semnal util în curent acest efect lipsește.

Cuplajul capacitiv are ca origine capacitățile parazite dintre cablurile rețelei de alimentare (c.a., 50 Hz) și firele de legătură ale sistemului informațional. Semnalele perturbatoare rezultate prin acest cuplaj influențează semnalele utile generate atât de sursele de tensiune cât și de cele de curent.

Amplitudinea semnalului perturbator este dată de divizorul format din capacitatea parazită C_p și impedanța față de masă a circuitului de măsurare în paralel cu rezistența internă a sursei de semnal util (R_p , respectiv R_s)(fig.2.56).

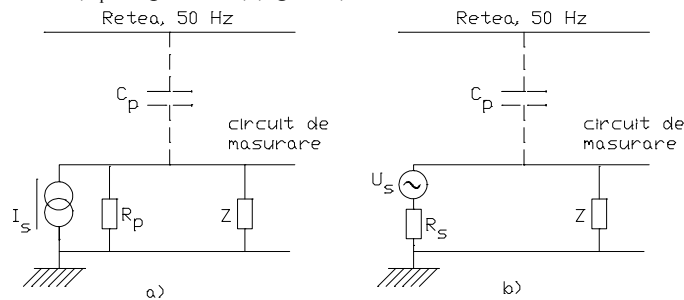


Fig.2.56 Cuplaj capacitiv între rețeaua de alimentare și circuitul de măsurare

Tensiunea de zgomot perturbatoare U_z care apare la intrarea circuitului de măsurare are expresia [2.4]:

$$U_z = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_{C_p}^2}} \cdot U = 2\pi \cdot f \cdot C_p \cdot R \cdot U \quad (2.50)$$

Această valoare trebuie comparată cu valorile admisibile din circuitul de măsurare. Ecranarea conduce la reducerea semnalelor parazite prin cuplaj capacitiv (fig.2.57) datorită impedanței reduse Z_e de conectare la masă a ecranului. Prezența ecranului conduce și la reducerea zgomotului prin absorbția câmpurilor magnetice și reflexia celor electromagnetice.

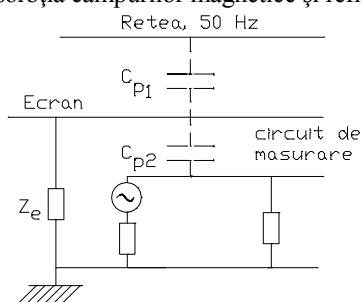


Fig.2.57 Reducerea zgomotului prin ecranare

Tensiunile perturbatoare prin *cuplaj conductor* se datoresc trecerii prin firele de legătură ale unei surse de semnal util a curenților corespunzători unei tensiuni de alimentare.

Reducerea zgomotului parazite datorate cuplajelor inductive, capacitive și conductoare se poate realiza prin ecranare, filtrare etc.

Un ghid referitor la cauze generatoare de zgomot și modul de tratare a problemei este prezentat în tabelul 2.1 [2.11].

Din punctul de vedere al *exploatării*, un indicator important, care influențează robustețea, este *capacitatea de supraîncărcare*. Se înțelege prin aceasta, proprietatea de a suporta valori ale mărimilor de intrare care depășesc valoarea maximă admisă. Asemenea depășiri pot conduce la modificarea caracteristicilor funcționale (ieșirea din clasa de precizie) și chiar distrugerea totală. Un parametru important referitor la această caracteristică este *durata de supraîncărcare*.

Funcționarea traductorului/senzorului la nivelul indicatorilor săi de performanță un interval cât mai îndelungat definește în sens larg noțiunea de *fiabilitate*. Foarte frecvent, drept măsură a fiabilității se consideră probabilitatea funcționării fără defecțiuni într-un interval de timp și condiții date.

În general, utilizatorul unui produs impune ca produsul să fie “disponibil”, înțelegând prin aceasta valori corespunzătoare pentru *fiabilitate și mentenanță*, utilizare corectă și înnoire. O sinteză a acestor noțiuni este regăsită în cea de “*fiabilitate funcțională*”.

Indiferent de metoda de apreciere a fiabilității, determinantă este definirea ieșirii din funcțiune a Tr/S. În cazul cel mai general, aceasta poate fi definită pe baza parametrilor tehnici ai dispozitivului analizat.

Tabelul 2.1

OBSERVATIE	CAUZA	SOLUTIE POSIBILA	OBS.
Zgomot ca funcție de localizarea în cablu	Cuplaj capacitiv	Se utilizează cablu ecranat sau torsadat.	A
	Cuplaj inductiv	Se reduce aria buclei, se utilizează cablu torsadat sau ecran metalic	B
Valoarea medie a zgomotului: <ul style="list-style-type: none"> • nu este zero • este zero 	Traseul conductiv sau legături la masă	Defecțiune a cablului sau alte pierderi. Se elimină multiplele puneri la masă	C
	Cuplaj capacitiv	Se utilizează cablu ecranat sau torsadat	A
Ecran introdus <ul style="list-style-type: none"> • masă semnificativă • masă nesemnificativă 	Cuplaj capacitiv	Se utilizează pereche de cablu ecranat sau torsadat	A
	Cuplaj inductiv	Se reduce aria buclei, se utilizează cablu torsadat sau ecran metalic	B
Sarcină mărită <ul style="list-style-type: none"> • reduce eroarea • mărește eroarea 	Cuplaj capacitiv	Se utilizează cablu ecranat sau torsadat	A
	Cuplaj inductiv	Se reduce aria buclei, se utilizează cablu torsadat sau ecran metalic	B
Caracteristică dominantă <ul style="list-style-type: none"> • frecvență joasă • frecvență înaltă 	Linie de c.a. 50 Hz, motor, etc.	(1) Se utilizează cablu ecranat sau torsadat; (2) Se reduce aria buclei, se utilizează cablu torsadat sau ecran metalic; (3) Defecțiune a cablului sau alte pierderi. Se elimină multiplele puneri la masă	
	Radiații electromagnetice	Ecranare completă	D
Zgomot ca funcție de mișcarea cablurilor	Efect triboelectric	Se rigidizează cablurile sau se ung cu lubrifianț	
Zgomot "alb" sau 1/f	Amplificare electronică	Nu este problemă de cablu	

*** Obs.

(A) se conectează ecranul și se verifică dacă nu există ecrane neconectate

(B) ecrane neferoase sunt bune numai la frecvențe ridicate. Utilizați ecrane din MμMetal la frecvențe joase;

(C) poate fi o cuplare capacitivă cu rectificare parazitică, de ex. efecte neliniare;

- (D) căutați un element de circuit a cărui mărime este ca și ordin cât lungimea de undă a zgomotului (antenă). Deschiderile sau crăpăturile în șasiu sau ecrane cu o dimensiune mai mare ca lungimea de undă a zgomotului / 20 trebuie să fie eliminate.

Bibliografie cap.2

- [2.1] Dolga, V.-Construcția traductoarelor și senzorilor, Lito.Universității Tehnice din Timișoara, Timisoara, 1992
- [2.2] Micu, C., ș.a.- Aparate și sisteme de măsurare în construcția de mașini, Ed.Tehnică, București, 1981
- [2.3] Popov, E.P. - Sistemî ociuvstvlenia i adaptivnie promișlennîe robotî, Mașinostroenie, Moskva, 1985
- [2.4] Toma, L. - Sisteme de conversie, achiziție și prelucrarea datelor, Litografia UTT, Timișoara, 1993
- [2.5] Millea, A. - Cartea metrologului. Metrologie generală, Editura Tehnică, București, 1985
- [2.6] Jabotinskii, Iu.D., ș.a. - Adaptivnie promișlennîe robotî s beskontaktnimi sensornîmi sistemami, "Zarubejnaia radioelektronika", nr.11, 1983, pag.86
- [2.7] Kobrinskii, A.E., ș.a. - Informationnîe sistemî promișlennîh robotov, "Stanki i instrument", nr.8, 1978, pag.12
- [2.8] Ciascai, I. – Sisteme de achiziție de date pentru calculatoare personale, Ed. Albastră, Cluj-Napoca, 1998
- [2.10] *** - Data Acquisition (DAQ) Fundamentals, Application Note 007 (National Instruments), May 1996
- [2.11] *** - The handbook of Personal Computer Instrumentation. Data Acquisition, Test, Measurement and Control, Intelligent Instrumentation (USA)
- [2.12] Chesney, C. – Data Acquisition Software: Today and Tomorrow, "Sensors", march 1999
- [2.13] Ramsden, Ed – Interfacing Sensors and Signal Processing Components, "Sensors", may 1998
- [2.14] Ersland, D. L. – A Consistent Mathematical Approach for Multiple Input Calibration, "Sensor", may 1999
- [2.15] Schraff, Fred – Choosing Differential or Single-Ended Measurements for Data Acquisition Systems, "Sensors Magazine", december 1997
- [2.16] Crotzer, D.R., Cho, C.E.- Multifuncțional Sensors: A New Concept, "Sensors", may 1998
- [2.17] Ignea, A. – Măsurări în procese industriale, Editura Facla, Timișoara, 1998