

Prelegerea nr. 2

Caracteristicile generale ale elementelor aparatelor electronice de măsurare și control

Caracteristicile statice ale elementelor

Pentru fiecare dintre elementele aparatelor electronice poate fi stabilită o dependență funcțională între mărimile fizice care intervin în funcționarea sa. De cele mai multe ori există două mărimi esențiale care descriu funcționarea elementului. Una dintre acestea poate fi considerată cauza acțiunii, iar cealaltă materializează efectul. Mărimea care reprezintă cauza variației se numește mărime de intrare x , iar mărimea care exprimă efectul acesteia se numește mărime de ieșire y .

Dependența funcțională a mărimii de ieșire y de mărimea de intrare x la regimul de echilibru staționar al elementului poate fi exprimată prin relația (1.2):

$$y = f(x) \quad (1.2)$$

care se numește **caracteristică statică** sau **caracteristică de transfer statică**.

Starea de echilibru staționar al elementului presupune teoretic un timp infinit de stabilire (de la aplicarea mărimii de intrare până când se stabilizează mărimea de ieșire). Condiția teoretică este imposibil de utilizat în practică, motiv pentru care atingerea echilibrului staționar este descrisă de condiții mult mai puțin restrictive.

Din analiza funcției ce descrie caracteristica statică se pot trage anumite concluzii și obține clasificări ale elementelor.

Elementele care au caracteristici statice liniare se numesc **elemente liniare**.

Caracteristica lor statică este exprimată printr-o funcție liniară de forma (1.3):

$$y = a + kx \quad (1.3)$$

în care a este o constantă ce are dimensiunea mărimii de ieșire y , iar k este o constantă (panta) ce are dimensiunea y/x .

Reprezentarea grafică a caracteristicii statice liniare este dată în fig. 1.3.

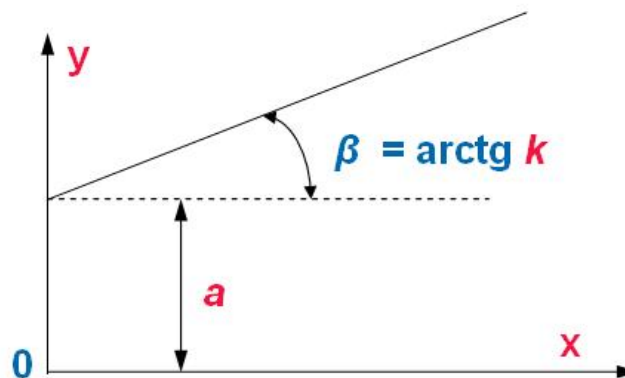


Figura 1.3

Când caracteristica statică nu este o funcție liniară, elementul se numește *neliniar*. Există multe tipuri de neliniarități ale elementelor, cu denumiri specifice legate de expresia matematică a funcției caracteristicii statice.

În fig. 1.4 sunt date două tipuri de caracteristici de tip neliniar. Caracteristica *a* corespunde **elementelor cu prag de sensibilitate** (mărimea de intrare trebuie să varieze cu $\pm \varepsilon$ pentru ca să înceapă să varieze mărimea de ieșire). Caracteristica *b* reprezintă o neliniaritate de tip mai general care pune în evidență câteva aspecte esențiale. Astfel, unei variații continue a mărimii de intrare x de la x_{\min} la x_{\max} , îi corespunde o variație continuă a mărimii de ieșire y de la y_{\min} la y_{\max} .

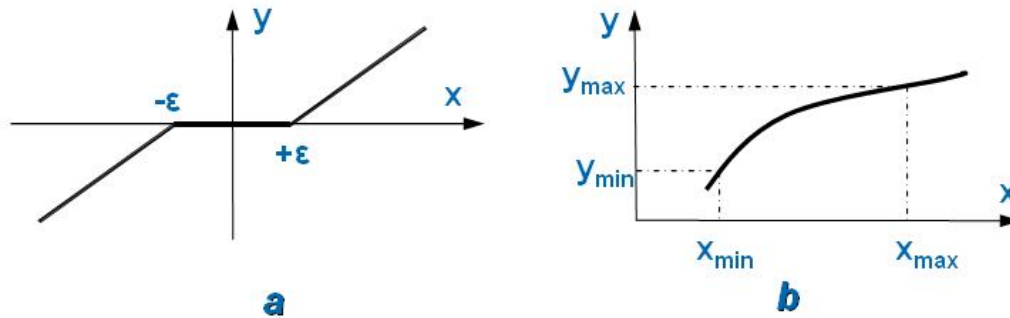


Figura 1.4

Valorile x_{\min} și x_{\max} , respectiv y_{\min} și y_{\max} reprezintă limitele *gamei de lucru* a elementului. Gama de lucru referită la mărimea de intrare x este dată de relația (1.4):

$$\bar{X} = X_{\max} - X_{\min} \quad (1.4)$$

Gama de lucru referită la mărimea de ieșire y este definită de relația (1.5):

$$\bar{y} = y_{\max} - y_{\min} \quad (1.5)$$

În realitate caracteristicile statice ale elementelor sunt mai mult sau mai puțin neliniare. O caracteristică liniară este o idealizare a caracteristicii reale, necesară și suficientă în majoritatea cazurilor pentru proiectarea aparatului electronic. Analiza și sinteza elementelor liniare este mult mai simplă decât a celor neliniare. Pentru a determina caracteristica liniară cea mai apropiată de caracteristica reală a elementului se procedează după cum urmează:

- Se stabilesc gamele de valori în care va lucra elementul.
- Se alege și se trasează dreapta ce aproximează cel mai bine caracteristica reală a elementului folosind un criteriu determinat. Criteriul cel mai uzual este cel al *celor mai mici pătrate*, care reduce la minimum suma pătratelor abaterilor pe verticală ale dreptei alese, față de curba sau datele reale.

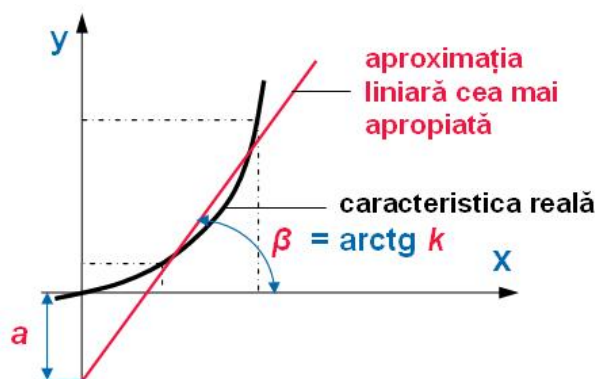


Figura 1.5

c. Se stabilesc valorile coeficienților a și k :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum xy)(\sum x)}{N\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (1.6)$$

$$k = \frac{N\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{N\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (1.7)$$

unde N este numărul total de puncte obținute prin măsurare (sau alese de pe curbă) pentru trasarea dreptei, iar x și y sunt valorile mărimilor de intrare și de ieșire în aceste puncte.

d. Se verifică dacă variațiile mărimilor x și y pe această dreaptă rămân în limitele anticipate la punctul a.

Printre indicii care specifică calitativ performanțele elementului pentru variații lente ale mărimii de intrare (regim cvasistaționar), indici care rezultă din caracteristica statică a elementului, sunt:

Coeficientul de transfer care reprezintă:

1. Raportul dintre *gama mărimii de ieșire* a elementului și *gama mărimii de intrare*, situație în care se numește coeficient de transfer mediu sau static k_s și este definit de relația (1.8):

$$k_s = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} \quad (1.8)$$

2. Raportul dintre *variația mărimii de ieșire* dy (Δy) și *variația mărimii de intrare* dx (Δx), situație în care se numește *coeficient de transfer diferențial* k_d și este definit de relația (1.9):

$$k_d = \frac{dy}{dx} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1.9)$$

Valorile coeficienților de transfer k_s și k_d depind de funcția $y = f(x)$ și în general variază în mod diferit la variațiile mărimilor x și y . În cazul particular al unei caracteristici statice liniare trecând prin origine coeficienții de transfer sunt constanți și egali între ei la toate valorile mărimilor x și y . Pentru o anumită funcție specifică îndeplinită, coeficientul de transfer capătă un sens și o denumire deosebită.

La traductoare, coeficientul de transfer se numește sensibilitate. Sensibilitatea statică are expresia (1.10):

$$S_s = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} \quad (1.10)$$

Sensibilitatea diferențială este definită ca în relația (1.11):

$$S_d = \frac{dy}{dx} \approx \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1.11)$$

Dimensiunea sensibilității depinde de mărimile de ieșire și de intrare, exemplu $\mu V/^\circ C$ (la termocuplu), $\Omega/^\circ C$ (la termorezistență), A/lm (la traductorul fotovoltaic).

Pentru caracterizarea performanțelor traductoarelor se folosește *sensibilitatea relativă*, definită prin raportul (1.12):

$$S_r = \frac{\Delta y / y}{\Delta x / x} \quad (1.12)$$

adică raportul dintre variația relativă a mărimii de ieșire și variația relativă a mărimii de intrare. Acest mod de abordare a problemei permite studiul comparativ al traductoarelor destinate măsurării aceleiași mărimi, dar bazate pe principii fizice diferite. *Sensibilitatea relativă este o mărime adimensională.*

La amplificatoare, coeficientul de transfer reprezintă factorul de amplificare. Și acesta poate fi exprimat ca valoare medie G_s sau diferențial G_d . Pentru amplificatoarele electronice la care x și y sunt tensiuni, curenți sau puteri, se pot folosi factori de amplificare, medii și diferențiali, de tensiune, curent sau putere.

Caracteristicile dinamice ale elementelor

Regimul staționar de funcționare a elementelor este o situație cu totul particulară. În practică, mărimile supuse măsurării sau controlului variază în timp. Se numește *regim dinamic* al elementului starea de funcționare în care mărimea de intrare x , prin urmare și mărimea de ieșire y variază în timp. În aceste condiții, datorită inerției în răspuns, variația mărimii de ieșire y nu urmărește instantaneu variația mărimii de intrare x , ci rămâne într-o oarecare măsură în urmă în timp, ceea ce face să apară eroarea dinamică a elementului.

Putem exemplifica esența regimului dinamic de funcționare a elementelor pe un caz simplu și foarte sugestiv, al măsurării unei temperaturi. Presupunem că dorim să urmărim procesul de încălzire a unei cantități reduse de apă (câțiva cm^3) utilizând o sursă de căldură de putere mare (încălzirea se face rapid). Încălzirea se face de la temperatura inițială de 0°C până la fierbere. Dacă vom folosi un termometru cu mercur având capacitatea rezervorului său de câțiva mm^3 de Hg, pe care îl luăm de la temperatura camerei (de exemplu 20°C), la introducerea acestuia în apa supusă din acel moment procesului de încălzire indicația are tendința să scadă (fiind ca valoare instantanee mai mare decât valoarea reală a temperaturii apei). Pe măsură ce apa se încălzește, viteza de scădere a indicației termometrului se reduce.

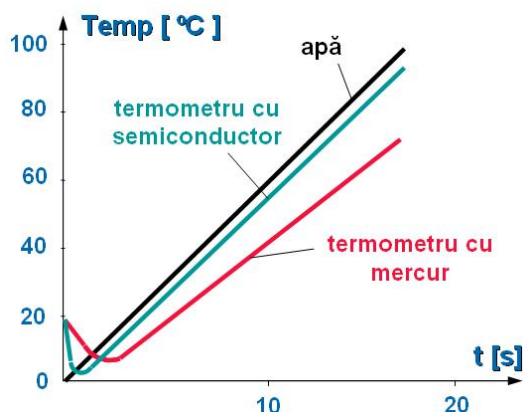


Figura 1.6

La un moment dat indicația termometrului corespunde valorii instantanee reale a apei. După acest moment indicația termometrului devine crescătoare, dar având în vedere inerția (datorată capacității calorice proprii a termometrului), valoarea indicată este mai mică decât valoarea reală. Prin urmare s-a pus în evidență neurmărirea între temperatura apei în procesul de încălzire și valoarea indicată. Această eroare este cu atât mai mare cu cât raportul cantităților de apă (supusă încălzirii) și de mercur (din rezervorul termometrului) este mai mic.

Dacă pentru măsurarea temperaturii apei se folosește un termometru cu semiconductor, la care elementul activ (cristalul semiconductor) împreună cu montura sa (capsula) au o capacitate calorică mult mai redusă decât a termometrului cu mercur, eroarea de neurmărire se reduce, valoarea măsurată fiind mult mai aproape de valoarea reală. O reprezentare grafică în timp a proceselor descrise mai sus este prezentată în fig. 1.6.

Comportarea în regim dinamic este dată de caracteristica dinamică a elementului, care rezultă din ecuația diferențială, conform relației (1.13).

$$F(y, \dot{y}, \ddot{y}, \dots, y^{(n)}, x, \dot{x}, \ddot{x}, \dots, x^{(m)}, t) = 0 \quad (1.13)$$

De cele mai multe ori variațiile mărimilor se limitează în jurul unor valori nominale x_0 și y_0 . În aceste situații ecuația (1.13) se poate liniariza și se scrie sub forma (1.14).

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_m \frac{d^m x}{dt^m} + \dots + b_1 \frac{dx}{dt} + b_0 x \quad (1.14)$$

Pentru elementele fizice reale descrise de ecuații de tipul (1.14), atunci $m \leq n$. Practic, orice element este descris de o ecuație diferențială de ordin foarte mare. În realitate însă termenii de ordin superior au o pondere redusă și pot fi neglijați. Apare astfel o idealizare a comportării dinamice a elementului, sub forma unui model ce nu se abate foarte mult de la realitate. Scăderea ordinului ecuației diferențiale prezintă avantajul esențial al reducerii complexității analizei și sintezei sistemelor în regim dinamic de funcționare. Cele mai multe din elementele aparatelor electronice sunt caracterizate dinamic prin ecuații diferențiale liniare de ordinul 1 (*elemente aperiodice*) sau ecuații diferențiale liniare de ordinul 2.

Folosind transformata Laplace caracteristica dinamică a elementelor poate fi scrisă sub forma (1.15):

$$(a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0) Y = (b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_0) X \quad (1.15)$$

De aici rezultă funcția de transfer a elementului, conform relației (1.16):

$$K(p) = \frac{Y}{X} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0} \quad (1.16)$$

Expresia de mai sus corespunde situației cu condiții inițiale nule.

În cazul în care mărimea de intrare are o variație de tip sinusoidal $x = X \sin \omega t$, se obține o funcție de transfer de forma (1.17):

$$K(j\omega) = \frac{b_m (j\omega)^m + \dots + b_1 (j\omega) + b_0}{a_n (j\omega)^n + \dots + a_1 (j\omega) + a_0} \quad (1.17)$$

Expresia corespunde caracteristicii amplitudine funcție de frecvență $A(\omega)$ și fază funcție de frecvență $\varphi(\omega)$, așa cum se prezintă în relația (1.18):

$$K(j\omega) = A(\omega) e^{j\varphi(\omega)} \quad (1.18)$$

Pentru caracterizarea proprietăților dinamice ale elementelor se studiază răspunsul și la alte semnale: semnal treaptă, rampă, impuls, impuls Dirac, etc.

Integrând ecuația diferențială a comportării dinamice a elementului pentru diferite tipuri de mărimi de intrare se pot trage concluzii importante asupra răspunsului elementului studiat. Deoarece studiul regimului dinamic de funcționare este mai dificil (presupune integrarea unor ecuații diferențiale, uneori destul de complexe), trebuie stabilite foarte clar condițiile în care elementul respectiv are un răspuns dinamic bun. Pentru acesta se va studia răspunsul dinamic pentru o formă tipică a mărimii de intrare. Astfel, pentru identificarea unor ținte aeriene - foarte rapide - la un radar va fi esențial răspunsul la impuls și la semnal treaptă. Pe baza studierii răspunsului dinamic al elementului se pot trage concluzii care permit îmbunătățirea performanțelor prin alegerea corectă a unor părți componente, reproiectarea unor blocuri, prevederea unor corecții dinamice, etc.

Erorile elementelor și aparatelor de măsurare și control

Modul de exprimare cantitativă a erorilor statice

Datorită condițiilor concrete de măsurare, în locul caracteristicii ideale de lucru a unui element apare o zonă de existență a caracteristicii statice, condiționată de existența erorilor statice. În fig. 1.7 se prezintă caracteristica de transfer a unui regulator centrifugal pentru reglarea avansului la aprindere la motoare cu aprindere prin scânteie.

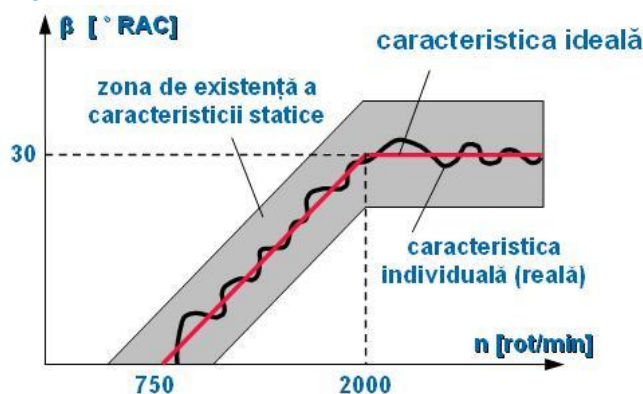


Figura 1.7

Producătorul acestui dispozitiv garantează pentru produsul respectiv faptul că oricare exemplar (individ statistic) are o caracteristică de transfer care se încadrează în zona de existență precizată. Apariția acestui grad de incertitudine privind caracteristica de transfer produce anumite complicații în proiectare, folosire și întreținere. Astfel, proiectantul trebuie să se asigure că și în cazurile cele mai dezavantajoase ale caracteristicii de transfer individuale ale unui element parametrii de performanță ai produsului global nu vor avea de

suferit. Pentru aducerea produsului final la parametrii de performanță impuși și păstrarea lor pe toată durata de serviciu, trebuie prevăzute dispozitive de reglaj adecvate.

Pentru a putea respecta cele arătate mai sus, este necesară o evaluare a erorilor statice ale elementelor. Se utilizează următorii parametri:

Eroarea absolută Δy care reprezintă diferența dintre valoarea măsurată a mărimii de ieșire y_r și valoarea ideală sau adevărată y_0 , conform relației (1.19):

$$\Delta Y = y_r - y_0 \quad (1.19)$$

Acest mod de tratare a problemei erorilor statice poate evidenția anumite aspecte, dar nu asigură o descriere suficientă a performanțelor. Presupunând că măsurăm o tensiune cu o eroare absolută de 10 V, nu putem spune că măsurarea este precisă sau nu. Dacă această eroare apare la măsurarea unei tensiuni de 100 V, evident precizia este scăzută, dar dacă se referă la o tensiune de 10000 V, precizia este foarte ridicată.

Prin urmare apare necesitatea utilizării unei raportări, obținându-se:

Eroarea relativă δy care reprezintă raportul dintre eroarea absolută Δy și valoarea ideală (adevărată) y_0 , conform relației (1.20):

$$\delta y (\%) = \frac{\Delta y}{y_0} 100 \quad (1.20)$$

Pentru întreg domeniul de variație al mărimii de ieșire, eroarea relativă variază (având valori specifice pentru fiecare punct de funcționare). Din acest motiv eroarea relativă, deși descrie mai exact performanțele aparatului, nu asigură o informație globală asupra funcționării. Pentru cazul în care ne interesează performanțele globale, se utilizează:

Clasa de precizie sau **clasa P** care reprezintă (de obicei) raportul dintre eroarea absolută maximă $(\Delta y)_{\max}$ și gama de lucru a elementului dat. Exprimarea se face de regulă procentual, conform relației (1.21):

$$P(\%) = \frac{(\Delta y)_{\max}}{y} \cdot 100 \quad (1.21)$$

Din valoarea clasei de precizie se pot trage anumite concluzii importante pentru utilizator. Se consideră de exemplu măsurarea unei tensiuni având la dispoziție un voltmetru în clasa de precizie 1% pe scala de 100 V. Rezultă că eroarea absolută maximă, ce se poate manifesta oriunde în domeniul de măsurare, are valoarea $(\Delta y)_{\max} = 1$ V. Funcție de valoarea ce se dorește a fi măsurată, eroarea relativă δy variază. Astfel, dacă se măsoară o tensiune de 1 V, eroarea relativă poate căpăta valoarea de 100 %. Dacă se măsoară o tensiune de 100 V, eroarea relativă poate căpăta o valoare maximă de 1 %. Se poate trage concluzia că cel mai bine sunt puse în valoare performanțele aparatului dacă măsurarea se face cât mai aproape de limita superioară a domeniului de variație a mărimii de intrare.

Toate discuțiile de mai sus se referă la eroarea statică a mărimii de ieșire. De multe ori apare necesitatea unor aprecieri relativ la mărimea de intrare. Pentru aceste situații se specifică sensibilitatea utilizabilă sau pragul de sensibilitate. Se numește **sensibilitate utilizabilă** sau **prag de sensibilitate** acea variație minimă a mărimii de intrare x care produce o variație a mărimii de ieșire y cel puțin egală cu eroarea absolută a elementului. Această mărime reprezintă limita inferioară a variației mărimii de intrare pe care elementul o sesizează cu un anumit grad de certitudine. Din acest mod de tratare a problemei și ținând seama de cele discutate anterior, rezultă că gradul de certitudine al pragului de sensibilitate se referă la o eroare relativă a mărimii de ieșire de 100 %.

Pragul de sensibilitate are dimensiunea mărimii de intrare x . În construcția elementelor este de dorit ca pragul de sensibilitate să fie cât mai mic. Această condiție permite abordarea unor mărimi de intrare cât mai reduse. De asemenea, se obișnuiește ca valoarea de lucru a variațiilor mărimii de intrare x în funcționarea normală a elementului să depășească de câteva ori pragul de sensibilitate. Astfel, dacă limita inferioară a domeniului de variație a mărimii de intrare este de 10 ori mai mare decât pragul de sensibilitate, contribuția acestuia la eroarea relativă este de 10%, iar dacă este de 20 de ori mai mare, contribuția se reduce la 5 %.

Pragul de sensibilitate caracterizează o serie întragă de elemente. La ieșirea unora dintre transductoare sau amplificatoare există diferite mărimi de ieșire parazite, cum ar fi: zgomote, tensiuni de dezechilibru, tensiuni de derivă etc., chiar în absența semnalului de intrare. În acest caz pragul de sensibilitate este reprezentat de însuși acest nivel de zgomot sau derivă lentă de tensiune referit la intrarea elementului, deoarece este valoarea minimă pe care trebuie să o ia semnalul de la intrare pentru a putea produce la ieșire o variație cert observabilă.

Să luăm exemplul unui amplificator operațional, pentru care în catalog este precizată o tensiune de offset (la intrare) de 10 mV. Dacă acest operațional este utilizat într-o schemă de amplificator cu reacție la care câștigul are valoarea 50, fără compensarea inițială a offsetului la ieșire poate apărea o tensiune de $50 \cdot 10 = 500$ mV, chiar în lipsa semnalului de intrare. Orice semnal de intrare care provoacă o variație a mărimii de ieșire mai mică decât 500 mV nu poate fi identificat cu certitudine, întrucât o astfel de variație poate fi datorată tensiunii de offset. Prin urmare se impune ca o condiție de bună funcționare ca limita inferioară a domeniului de variație a mărimii de intrare să fie mai mare sau egală cu tensiunea de offset de catalog. Dacă este necesar să se scadă valoarea limitei inferioare, trebuie ales un alt amplificator operațional cu performanțe mai bune, cum ar fi o tensiune de offset de 1 mV.

Eroarea instrumentală sau constructivă și erorile adiționale

Eroarea statică care apare atunci când toate condițiile de măsurare rămân neschimbate între anumite limite, numite condiții standard și care se datorează numai deficiențelor sau limitărilor interne ale elementului sau aparatului de măsurare se numește **eroare instrumentală, constructivă** sau **fundamentală**.

Erorile statice care apar atunci când condițiile de măsurare se abat de la condițiile standard se numesc **erori adiționale**. Funcție de tipul abaterii de la condițiile standard de funcționare, întâlnim erori adiționale de temperatură, de presiune, de tensiune sau frecvență de alimentare etc. După cauza care o produce, eroarea instrumentală capătă denumiri specifice. Cele mai des întâlnite sunt:

Eroarea de neliniaritate care reprezintă devierea caracteristicii reale a elementului față de caracteristica ideală, atunci când aceasta este o dreaptă. Se exprimă de regulă sub forma relativă procentuală.

Eroarea de histerezis apare datorită frecărilor uscate, histerezisului mecanic sau magnetic, jocului angrenajelor cinematice etc., care fac să se obțină o caracteristică statică diferită la creșterea, respectiv scăderea mărimii de intrare.

Eroarea de etalonare. Etalonarea este operația de marcare, ajustare sau verificare a caracteristicilor statice (scalei) elementului sau aparatului, încât aceasta să corespundă etalonului acceptat. Erorile de etalonare sunt mai mici dacă verificarea se face în puncte situate în intervalul $(1/3 \dots 2/3) x_{\max}$ și nu la capetele scalei (0 și x_{\max}).

Deriva de zero se definește ca fiind abaterea mărimii de ieșire, exprimată de obicei sub forma abaterii echivalente la intrare, când mărimea de intrare este zero sau constantă.

Deriva de sensibilitate este similară derivatei de zero, însă se constată la valoarea maximă, x_{\max} , măsurabilă cu elementul dat, în ipoteza că deriva de zero a fost în prealabil corectată.

Deriva de zero și deriva de sensibilitate pot conduce la grave inconveniente în funcționare, de aceea se iau o serie de măsuri de precauție, cum ar fi utilizarea unor semnale de etalonare care se introduc în mod manual sau automat, aplicarea unor principii constructive specifice cum ar fi întrebuintarea etajelor diferențiale la etajele cu cuplaj direct, a amplificatoarelor cu modulare-demodulare. Deriva de sensibilitate poate fi preîntâmpinată utilizând o reacție negativă puternică.

Erori datorate zgomotelor

Prin **zgomot** se înțelege o acțiune perturbatoare, de aceeași natură cu semnalul electric conținând informația utilă, care se suprapune acestuia în timpul obținerii, transmisiei sau prelucrării, deformându-l.

Zgomotele sunt de o mare diversitate. Ele pot fi totuși clasificate după anumite criterii, după cum urmează:

- după legea de variație în timp:

- **zgomote cu spectru de frecvență îngust** (de exemplu brumul de la rețea);
- **zgomote sub formă de impuls** (de exemplu zgomotul datorat impulsurilor de aprindere de la motoarele cu aprindere prin scânteie);
- **zgomote de fluctuație**.

- după origine:

- **zgomote exterioare**: interferență cu un canal alăturat, de inducție de la rețeaua de alimentare, datorită instalațiilor electrice industriale, vibrațiilor mecanice sau acustice etc.;
- **zgomote interioare**: de agitație termică, de alicie, de contact, de cuantizare etc.

Zgomotele electrice exterioare se mai numesc **perturbații electro-magnetice**. Zgomotele interioare condiționează limita inferioară a nivelului unui semnal ce poate fi tratat cu dispozitivul dat.

Pentru atenuarea efectului zgomotelor exterioare se folosesc două metode fundamentale:

Izolarea, prin ecranări electrostatice și magnetice, prin evitarea gradientilor mari de temperatură ce pot cauza apariția t.e.m., folosirea intrărilor diferențiale, introducerea de tensiuni de compensare, îndepărtarea circuitelor de intrare de cele de alimentare, filtrarea redresoarelor etc. Aceste măsuri simple, utilizate corect, duc la îmbunătățirea sensibilă a performanțelor, fără o creștere semnificativă a prețului, presupunând însă o perfectă stăpânire a tehnicilor de proiectare, pe baza acumulării de experiență.

Discriminarea de frecvență presupune folosirea elementelor (etajelor) selective care să filtreze semnalul, lăsând să treacă numai semnalul util. Folosirea acestui principiu presupune modificarea și complicarea schemelor, dar de cele mai multe ori înseamnă rezolvarea radicală a problemei perturbațiilor electromagnetice.

Exemplificăm principiile prezentate mai sus cu cazul unui sistem de telecomandă multicanal în infraroșu. Codificarea informației utile se face sub forma unor impulsuri cu modulație în durată, a căror frecvență se situează în domeniul zeci ... sute de Hz. Peste semnalele utile, sub forma impulsurilor de radiație infraroșie, captate și transformate în semnal electric de fotodetectorul receptorului, se suprapune în mod deosebit brumul de joasă frecvență (50 sau 100 Hz). Acesta duce, prin mixarea celor două semnale, la apariția unui semnal nou care va afecta în mod grav operațiunea de decodificare. Pentru a înlătura acest neajuns s-a adoptat soluția discriminării de frecvență, când impulsurile de joasă frecvență de la emițător modulează o purtătoare de 40 KHz. Receptorul are pe intrare două etaje de amplificare selective, acordate pe 40 KHz, astfel încât brumul este puternic rejectat și sistemul este performant. Optimizarea performanțelor a presupus și izolarea.

Astfel circuitele acordate au fost ecranate separat, iar întreg amplificatorul a fost de asemenea ecranat. O atenție deosebită a fost acordată traseelor de masă, folosindu-se configurația stelată, evitându-se astfel închiderea curenților din circuitele de ieșire (de valori relativ mari) printr-un traseu care să includă etajele de intrare. Cum sensibilitatea echivalentă la intrare este de câțiva μV , se evită apariția unor căderi de tensiune de acest ordin de mărime pe impedanța reală diferită de zero a traseului de masă. În caz contrar, se stabilește un cuplaj între etajele de ieșire și cele de intrare (cuplaj prin circuitul de masă), eventual într-o schemă echivalentă cu reacție pozitivă care duce la compromiterea funcționării (apariția autooscilațiilor, "agățarea").

Erorile de instalare se datorează folosirii și aplicării incorecte a aparaturii sau perturbării procesului supus măsurării prin însăși instalarea elementelor necesare procesului de măsurare.

Incorectitudinea poate fi dictată de temperatură (prin supraîncălzirea sau răcirea dincolo de limitele admise ale aparaturii), vibrații și sunete (apariția microfoniilor, în special la tuburi) etc.

Ca exemplu de perturbare a măsurătorii de către elementul de măsurare este măsurarea tensiunii într-un circuit cu impedanță mare folosind un voltmetru cu impedanță internă redusă. Astfel, dacă se măsoară tensiunea pe un divizor cu două rezistențe egale de valoare 100 k Ω alimentate de la o tensiune de 15 V folosind un voltmetru cu impedanța internă de 100 k Ω , în loc de 7.5 V (cât este valoarea reală), se obține o indicație de 5 V. Acest fapt apare întrucât impedanța internă a voltmetrului de 100 k Ω apare în paralel cu rezistența de 100 k Ω din divizor. Se formează de fapt un divizor cu valorile 100 k Ω - 50 k Ω (rezultat din 100 k Ω || 100 k Ω), alimentat de la 15 V, cu citirea tensiunii pe rezistența de 50 k Ω , deci a unei treimi din valoarea tensiunii de alimentare în loc de jumătate. Situația este prezentată în fig. 1.8.

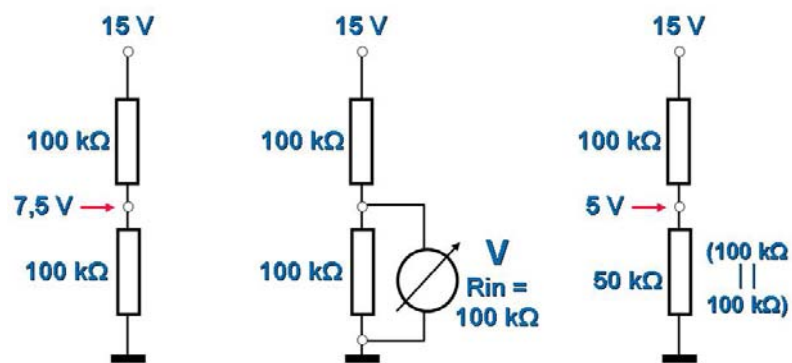


Figura 1.8

Erorile de manipulare se pot datora unei reglări incorecte, etalonări greșite, citirii incorecte a scalei, paralaxei etc. Aceste erori sunt datorate prin urmare factorului uman, ca o materializare a neatenției, necunoașterii tuturor caracteristicilor aparaturii sau altor cauze subiective. Unele erori de acest tip pot fi eliminate prin prevederea unor automatizări ale echipamentelor de măsurare, cum ar fi de exemplu comutarea automată a scalei.

Erorile de metodă de măsurare sunt condiționate de erorile teoretice ale metodei utilizate. Se pot reduce prin alegerea celei mai potrivite metode de măsurare pentru gama de valori anticipate și se pot elimina prin corecții ulterioare (prin calcule).

Erorile dinamice apar la măsurarea unei mărimi cu variație rapidă în timp față de constantele de timp ale dispozitivului de măsurare.

Eroarea dinamică instantanee Δy_t poate fi definită ca în relația (1.22):

$$\Delta y_t = f(x_t) - y(t) \quad (1.22)$$

unde:

- $f(x_t)$ este valoarea mărimii de ieșire y corespunzătoare caracteristicii statice pentru valoarea instantanee x_t a mărimii de intrare la momentul t ;
- $y(t)$ este valoarea instantanee reală a mărimii de ieșire la momentul t .