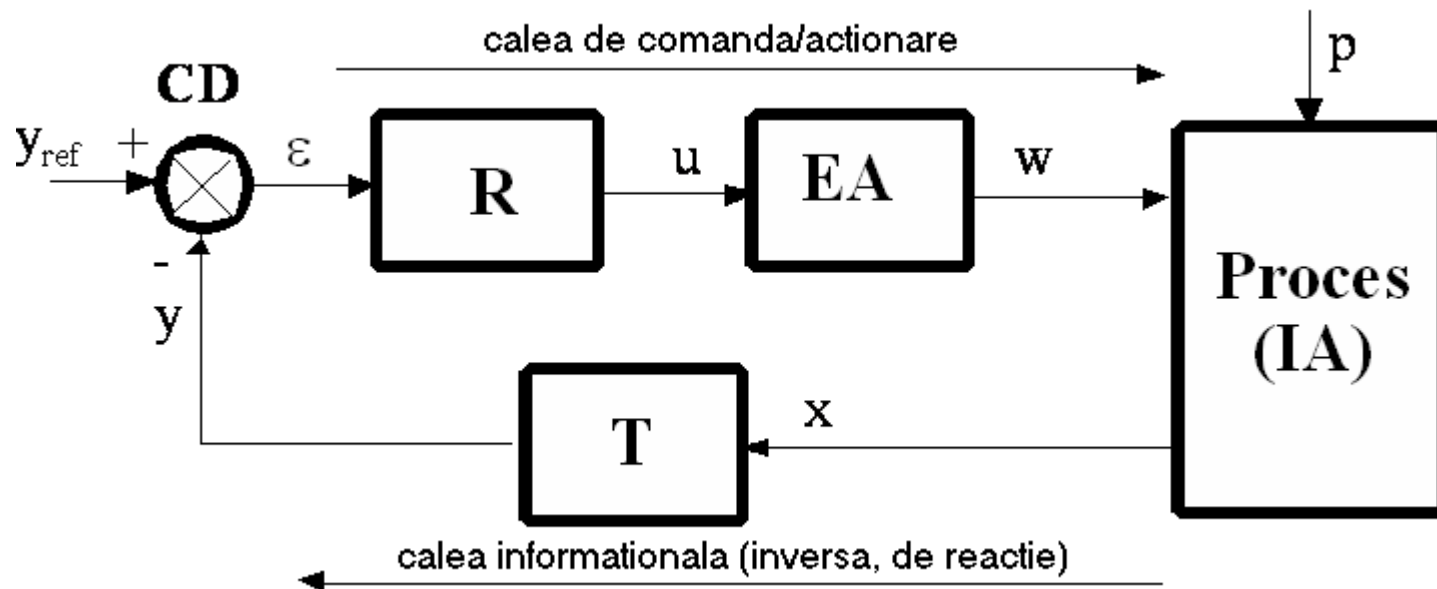


Locul traductoarelor în sistemele automate

Fie două situații tipice în care se evidențiază rolul și locul traductoarelor în cadrul sistemelor automate.

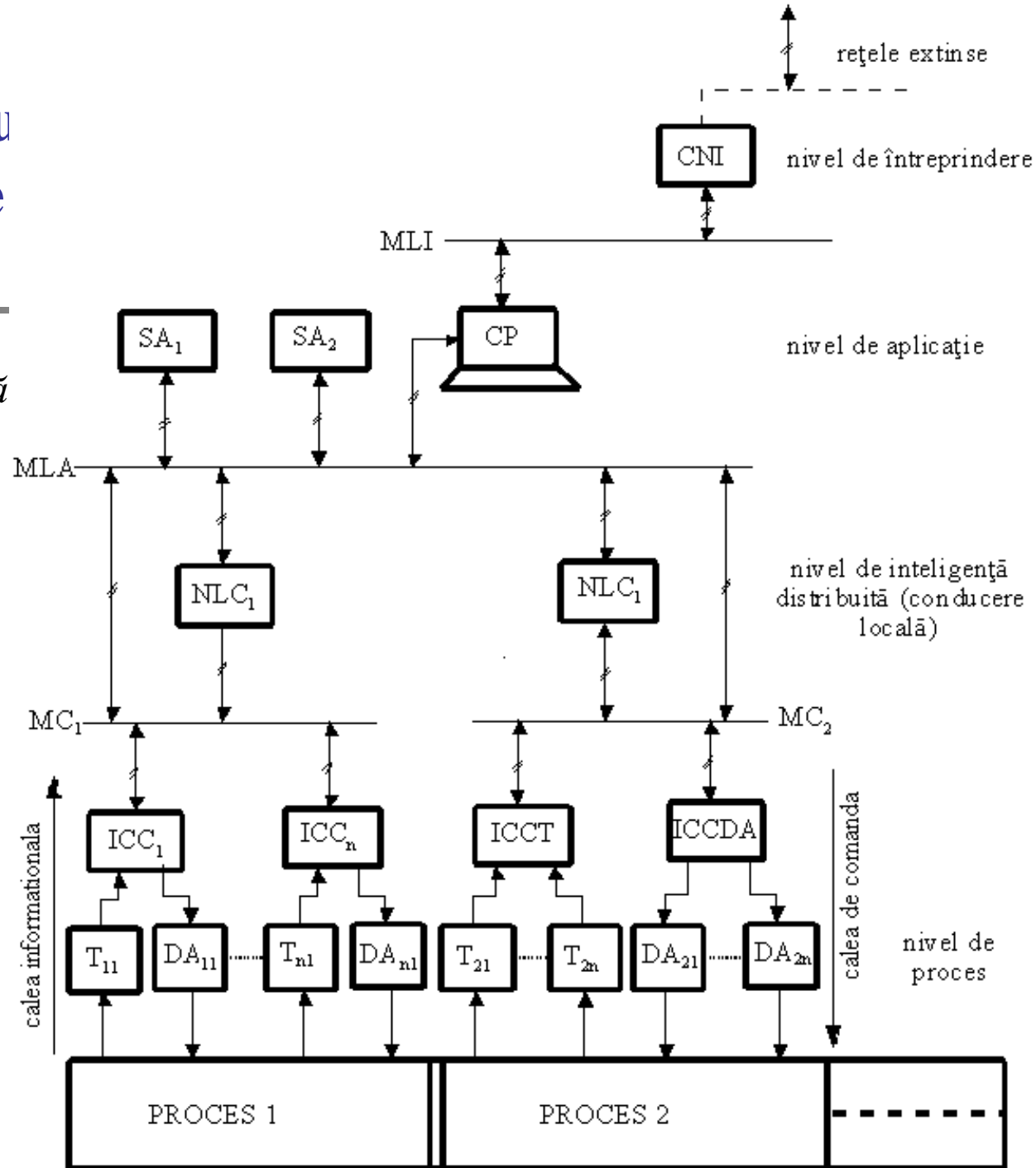
A) *Bucă de reglare monovariabilă independentă cu traductor analogic*, reprezentată principal în figura



Locul tradu în sistemele

B) *Conducerea ierarhizată multiproces* - reprezentată principal în figura

T – traductoare;
 DA- dispozitive de acționare;
 ICC – interfață de conversie și comunicație;
 NLC – nod local de conducere;
 SA1, SA2 – servere de aplicație
 CP – post dispecer;
 CNI – conducere numerică întreprindere;
 MC1, MC2 – magistrală de câmp;
 MLA – magistrală locală de aplicație;
 MLI – magistrală locală de întreprindere





Locul traductoarelor în sistemele automate

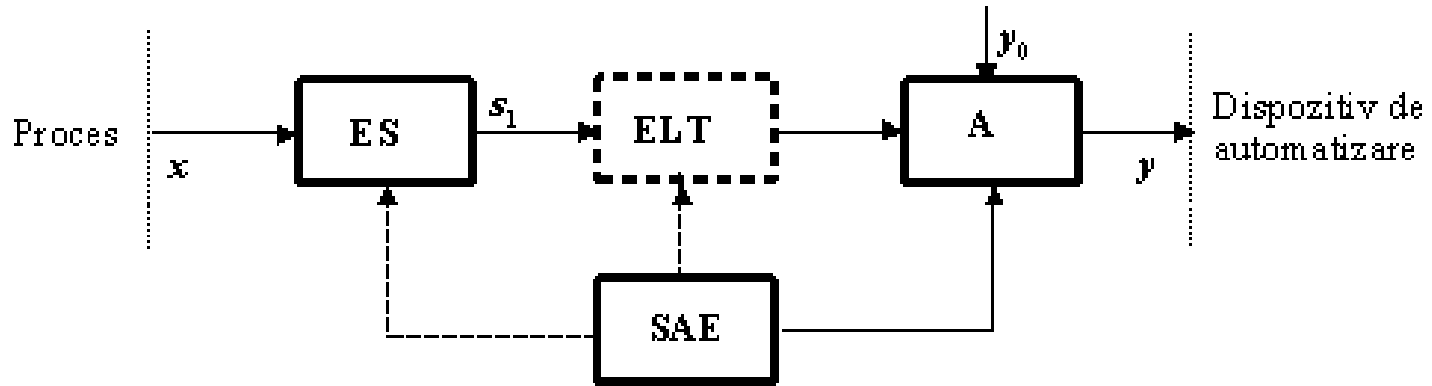
Concluzii:

- locul traductorului în cadrul automatizării proceselor ca element plasat pe calea informațională,
- rolul acestuia de efectuare a operației de măsurare.

Consecințe:

- traductorul are caracteristici metrologice bine precizate prin care se garantează calitatea măsurării.
- diversitatea mărimilor de proces care trebuie puse în evidență conduce la o varietate însemnată de principii constructiv-funcționale utilizate în intrarea traductorului;
- ieșirea acestuia este restrânsă la semnale electrice compatibile elementelor din instalația de automatizare la care sunt cuplate.

STRUCTURA GENERALĂ A UNUI TRADUCTOR



ES- element sensibil (senzor, captor, detector);

A – adaptor (circuit de condiționare, transmitter);

ELT – element de legatură și transmisie (rol secundar);

SAE – surse auxiliare de energie.



STRUCTURA GENERALĂ A UNUI TRADUCTOR

ES – elementul care asigura cuplarea traductorului cu procesul.

Calități (cerințe) pentru ES:

- *să fie selectiv* (preia din proces numai mărimea fizică și variațiile acesteia care interesează); rejectează celelalte mărimi ale mediului în care se face măsurarea;
- *să nu exercite efect de retroacțiune* (la cuplarea cu procesul să nu determine modificări ale mărimii măsurate x);
- să permită *cuplări* cu procesul *foarte variate* (același tip de traductor să poată fi folosit la game diferite pentru aceleași mărimi, sau chiar la mărimi diferite).

Remarcă: Semnalul s_1 furnizat de **ES** nu este calibrat (nu oferă o dependență liniară și nici plaja de variație a acestuia nu este normalizată) → necesitatea adaptorului **A**.

A - adaptorul - are un dublu rol:

- *preia semnalul de la ES* și - după o serie de transformări cu caracter liniar / neliniar - îl transformă în semnal calibrat de ieșire y ;
- *asigură cuplarea cu dispozitivele de automatizare* (pe baza energiei dată de sursele de energie auxiliare **SAE** are în ieșire o putere suficientă de a acționa aceste dispozitive, fără să apară efect intern de retroacțiune către **ES**).



STRUCTURA GENERALĂ A UNUI TRADUCTOR

Pentru compatibilitatea cu dispozitivele de automatizare, semnalele calibrate sunt standardizate (unificate).

Exemplificare: să considerăm situația prezentată în următorul tabel:

<u>Intrare x</u>	Una din variantele unificate	<u>Ieșire y</u>		
temperatură în gama 0...150°C		Tensiune continuă U	<u>0...10V</u>	
temperatură în gama 200...750°C			-5V...+5V	
temperatură în gama 0...1200°C			-10V...+10V	
presiune în gama 0...1 bar		Curent continuu I	0...10 mA	
presiune în gama 0...10 bar			0...20mA	
presiune în gama 10...20 bar	<u>4...20mA</u>			

Concluzie: indiferent de variația mărimii de intrare x , semnalul de ieșire analogic este calibrat (unificat).



STRUCTURA GENERALĂ A UNUI TRADUCTOR

Observații:

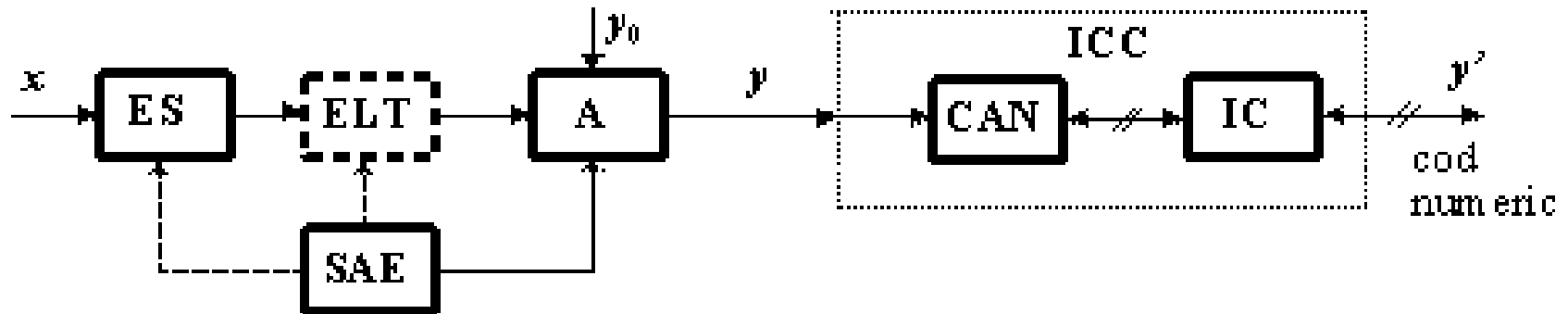
1. Pe lângă valorile de semnale unificate prezentate în tabel se pot folosi și altele, firmele oferind - opțional - o anumită gamă cerută de beneficiar;
2. În practică ieșirile în semnal unificat de curent continuu sunt mult mai utilizate (comparativ cu cele în tensiune continuă), deoarece acestea permit un transport mult mai ușor la distanță și nu există pericolul de scurtcircuit;
3. Dintre ieșirile în curent continuu, cea mai mare utilizare o are plaja unificată 4...20 mA; s-a ales limita inferioară 4 mA pentru că dacă semnalul de ieșire este 0 mA atunci această situație are semnificația unei defecțiuni;
4. În schema din figura.... s-a prevăzut semnalul y_0 care are rolul de a decala ieșirea pentru valoarea minimă a domeniului intrării.

ELT - sunt elemente de legătură și transmisie a semnalului de la ES către A cu structură simplă, care asigură conexiuni de natură mecanică, electrică, optică, termică etc

SAE - sursele auxiliare de energie - sunt cerute de elementul sensibil, în special la categoria celor parametrice (dar nu numai!), ca și de adaptor pentru circuitele interne de calcul, liniarizare și ieșire.

STRUCTURA GENERALĂ A UNUI TRADUCTOR

Dacă se dorește un echivalent numeric al ieșirii obținute cu un traductor analogic se folosește un **circuit suplimentar de conversie analog numerică și o interfață de comunicație** ca în figura.., unde:



CAN - convertor analog-numeric;

IC - interfață de comunicație;

ICC - interfață de conversie și comunicație.

Concluzie: Folosind o interfață ICC deja standardizată, orice traductor analogic cu ieșire în semnal unificat poate fi inclus într-o schemă complexă de conducere, prin cuplarea acestuia pe o magistrală de câmp standard.

CARACTERISTICILE ȘI PERFORMANȚELE TRADUCTOARELOR

Deoarece traductoarele studiate - în continuare - sunt legate intrinsec de automatizări, se vor pune în evidență (accent) pe *caracteristicile în regim static și dinamic*, fără a neglija, de asemenea, pe cele energetice, constructive și de exploatare, economice și de fiabilitate.

Caracteristici statice; indicatori de calitate (performanțe) în regim static

Caracteristicile statice se definesc în regimul de funcționare în care atât mărimea de intrare cât și cea de ieșire sunt în regim staționar (invariante în timp pe perioada de observație).

Matematic, toate derivatele intrării și ieșirii în raport cu timpul ($\frac{\partial^i}{\partial t^i} \cdot$) sunt zero (nule).

Practic un astfel de regim este imposibil de realizat pe o durată mare de observație (nici o intrare - implicit ieșirea traductorului - nu poate avea o dinamică nulă pe un timp dat).

Totuși, pe intervale de timp relativ reduse, se poate considera îndeplinită condiția de regim staționar, astfel că:

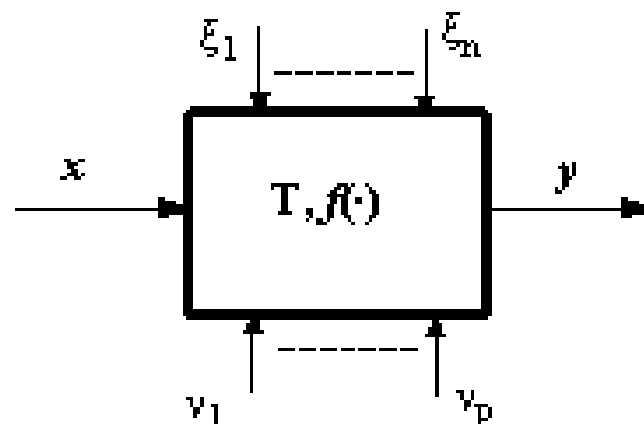
$$y = f(x)$$

reprezintă caracteristica statică a traductorului (dependența intrare-ieșire în absența mărimilor de influență).

CARACTERISTICI STATICE

În realitate (figura....., pe lângă intrarea utilă x , asupra traductorului mai acționează o serie de mărimi de influență externă - ξ_1, \dots, ξ_n - ca și de influență internă - v_1, \dots, v_p - astfel că trebuie să se considere:

$$\tilde{y} = \tilde{f}(x; \xi_1, \dots, \xi_n; v_1, \dots, v_p) \quad (*)$$



1. Una din caracteristicile esențiale ale **ES** - implicit a traductorului - este *selectivitatea*; concret, dacă se procedează la dezvoltarea în serie Taylor a funcției (*) rezultă:

$$\Delta \tilde{y} = \frac{\partial \tilde{f}}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial \tilde{f}}{\partial \xi_1} \Delta \xi_1 + \dots + \frac{\partial \tilde{f}}{\partial \xi_n} \Delta \xi_n + \frac{\partial \tilde{f}}{\partial v_1} \Delta v_1 + \dots + \frac{\partial \tilde{f}}{\partial v_p} \Delta v_p$$

Un traductor are o foarte bună selectivitate dacă

$$\frac{\partial \tilde{f}}{\partial x} \gg \frac{\partial \tilde{f}}{\partial \xi_i}, \quad (\forall) i = 1, 2, \dots, n$$

$$\frac{\partial \tilde{f}}{\partial x} \gg \frac{\partial \tilde{f}}{\partial v_j}, \quad (\forall) j = 1, 2, \dots, p$$

$$\Rightarrow \tilde{y} \cong \tilde{f}(x)$$

CARACTERISTICI STATICE

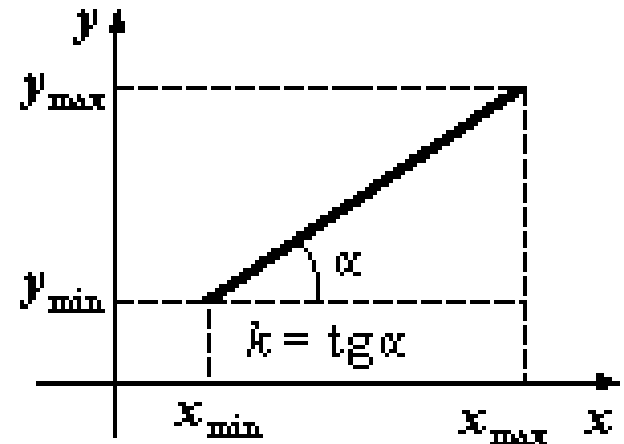
2. **Domeniul de măsurare** este intervalul $x_{\min} \dots x_{\max}$ în cadrul căruia traductorul permite efectuarea corectă a măsurării, în conformitate cu caracteristica statică acceptată ca atare a acestuia.

$$\underbrace{[x_{\min} \dots x_{\max}]}_{\substack{\text{intrare} \\ \text{variabil divers}}} \rightarrow \underbrace{[y_{\min} \dots y_{\max}]}_{\substack{\text{iesire} \\ \text{calibrat/unificat}}} \quad y = y_{\min} + \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} (x - x_{\min})$$

$$y = y_{\min} + k(x - x_{\min}) \quad (**)$$

3. **Liniaritatea.** O cerință impusă traductoarelor este de a avea o caracteristică statică liniară, adică se impune o dependență de forma (**)+ figura.....

Pe domenii mari de variație ale intrării caracteristicile statice sunt neliniare, aproximarea prin caracteristici liniare făcându-se în limitele unei erori de neliniaritate sau abateri de la liniaritate $\varepsilon_n[\%]$ exprimată cu relația:



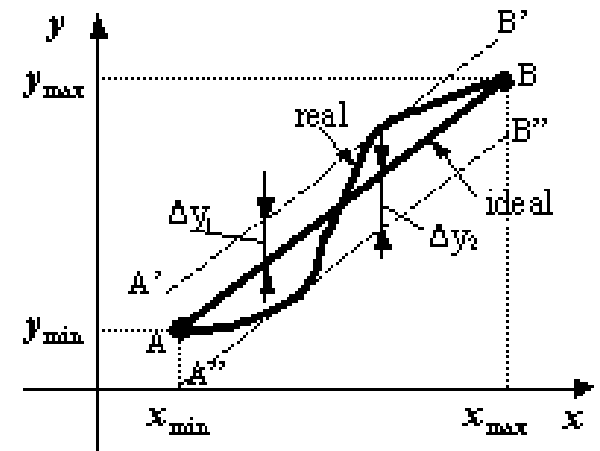
CARACTERISTICI STATICE

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

unde

$$\Delta y_{\max} = \max \{ |\Delta y_1| ; |\Delta y_2| \}$$

figura.....



Se consideră că traductorul are o comportare liniară dacă:

$$\varepsilon_n [\%] \leq \varepsilon_{imp}$$

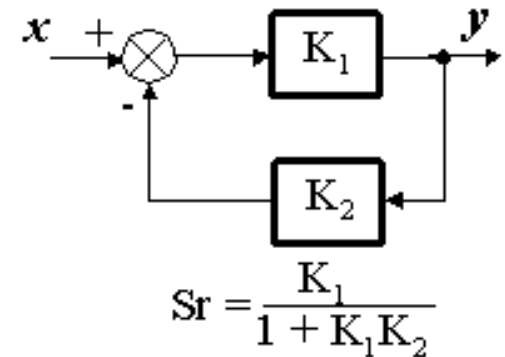
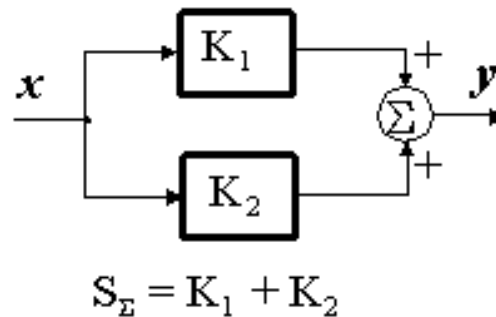
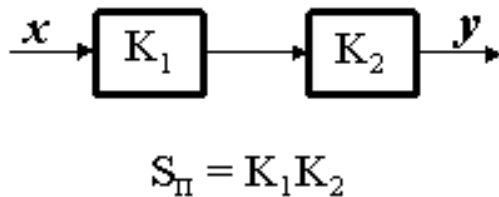
asigurarea acestei condiții se realizează în adaptor folosind circuite de liniarizare specifice.

4. Sensibilitatea. Considerând neglijabile sensibilitățile parazite introduse de mărimile de influență, ceea ce înseamnă caracteristică statică ideală $y = f(x)$, se definește sensibilitatea ca derivata ieșirii în raport cu intrarea, adică:

$$S = \frac{dy}{dx} \stackrel{\text{var. finite}}{=} \frac{\Delta y}{\Delta x} \stackrel{\text{c.s.l.}}{\Rightarrow} \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \frac{[\text{dim.iesirii}]}{[\text{dim.intrarii}]} \rightarrow S \text{ sensibilitate absolută. } 12$$

CARACTERISTICI STATICE

Sensibilitatea unui traductor este *determinată de sensibilitatea elementelor componente și de modul cum acestea sunt incluse în cadrul schemei structurale*. La elemente componente cu caracteristici liniare - funcție de modalitatea lor de combinare - se poate deduce ușor sensibilitatea totală; exemple sunt date în figura următoare:



Remarcă: la structura cu reacție, cum - în general - $K_1 \cdot K_2 \gg 1$, rezultă că sensibilitatea totală este condiționată practic de precizia și stabilitatea caracteristicii unui singur element.



CARACTERISTICI STATICE

5. Clasa de precizie se definește ca eroarea admisibilă de bază dată sub formă normată (raportată la domeniu), adică:

$$c = \frac{|\Delta X_{ad}|}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (***)$$

Din relația (***) se obține eroarea admisibilă absolută de bază (intrinsecă):

$$|\Delta X_{ad}| = \frac{c}{100} (x_{\max} - x_{\min})$$

relație valabilă pentru condiții de referință precizate prin standarde sub formă de valori sau intervale de referință.

În consecință, eroarea admisibilă absolută totală $|\Delta X_{ad}|_t$ va fi:

$$|\Delta X_{ad}|_t = \underbrace{|\Delta X_{ad}|_b}_{\text{din c.p.}} + \underbrace{|\Delta X_{ad}|_s}_{\% \text{ din } |\Delta x_{ad}|_b}$$

Incertitudine și eroare de măsurare

- Rezultatul măsurării va diferi de valoarea reală sau adevărată a măsurandului, oricât de perfecționate ar fi metodele și aparatele utilizate în măsurarea unei mărimi fizice.
- Scopul fundamental al oricărei măsurări - determinarea și exprimarea sub formă numerică a valorii mărimii de măsurat - se realizează cu un anumit grad de incertitudine.
- Abaterea rezultatului măsurării față de valoarea reală (adevărată) a mărimii de măsurat constituie *eroarea de măsurare* ΔX_i :

$$\Delta X_i = V_i - X$$

V_i - rezultatul măsurării nr.i, X - valoarea reală (adevărată) a măsurandului

- Definiția erorii de măsurare are, cu unele excepții (de exemplu măsurări în raport cu un etalon), doar caracter conceptual și nu aplicativ direct, întrucât valoarea reală X a măsurandului, în general, nu este accesibilă (nu poate fi cunoscută).
- Pentru utilizarea noțiunii de eroare de măsurare s-a introdus noțiunea de *valoare convențională* V a mărimii de măsurat (măsurandului), care înlocuiește valoarea adevărată X , definită ca valoarea determinată prin acele metode, procedee, instrumentații, astfel încât aceasta să difere neglijabil față de valoarea adevărată, deci în raport cu o mărime necunoscută.

Incertitudine și eroare de măsurare - continuare -

- Din însăși definiția valorii convenționale V , pe baza căreia se exprimă *eroarea convențională* ΔV_i

$$\Delta V_i = V_i - V$$

apar o serie de neajunsuri, legate de imposibilitatea găsirii, în toate situațiile practice, a valorii V .

- S-a introdus noțiunea de *incertitudine de măsurare* U , care are aceeași unitate de măsură ca și măsurandul, fiind adăugată la rezultatul raportat al măsurării \bar{x} , astfel că valoarea reală (adevărată) a unei măsurări se poate scrie:

$$X = \bar{x} \pm U$$

unde \bar{x} poate fi chiar rezultatul unei măsurări individuale V_i sau o estimatie a măsurandului obținută după o operație de prelucrare asupra unui set de date experimentale (media m_V).

- Incertitudinea de măsurare $\pm U$ presupune: calcule laborioase, apelarea la metode de statistică matematică \rightarrow i se atașează o probabilitate $P(U)$, care exprimă gradul ei de credibilitate.

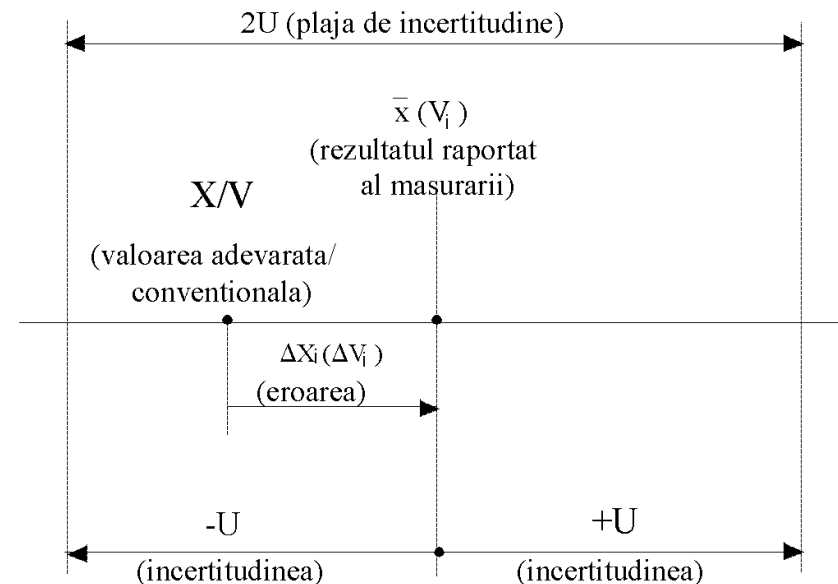
Incertitudine și eroare de măsurare - continuare -

■ Atât U cât și $P(U)$ rezultă în urma prelucrării unui număr relativ mare de date, obținute prin măsurări repetate asupra aceluiași măsurand.

■ **Avantajul** folosirii incertitudinii de măsurare: nu presupune - ca eroarea de măsurare - cunoașterea valorii reale a măsurandului; **dezavantajul esențial:** volumul mare de experimentări și prelucrări.

■ O reprezentare grafică sintetică a celor două noțiuni - eroare și incertitudine de măsurare - este ilustrată în figura ...

■ Eroarea de măsurare dar, în special, incertitudinea de măsurare exprimă cel mai important indicator al unei măsurări - *precizia* acesteia.





Eroare admisibilă; corecție

- În practică interesează precizia unei metode sau aparat/traductor, adică găsirea unei erori limită care să nu fie depășită ori de câte ori se efectuează măsurarea cu metoda sau aparatul/traductorul respectiv.
- Se definește *eroarea admisibilă (tolerată)* ΔX_{ad} care poate cuprinde atât erorile sistematice cât și pe cele aleatorii, cu valorile lor maxim posibile, considerate în condițiile cele mai defavorabile de compunere.
- Pentru orice măsurare individuală este satisfăcută dubla condiție $\Delta X_i \leq \Delta X_{ad}$ și $P(\Delta X_i \leq \Delta X_{ad}) = 1$, ceea ce permite determinarea intervalului de încadrare a valorii reale (în una din formele):

$$X \in [V_i - \Delta X_{ad}; V_i + \Delta X_{ad}];$$

$$V_i - \Delta X_{ad} \leq X \leq V_i + \Delta X_{ad};$$

$$X = V_i \pm \Delta X_{ad}.$$

- *Corecția c* reprezintă valoarea cu semn schimbat a tuturor erorilor cunoscute ΔV , care pot fi determinate cert, adică:

$$c = -\Delta V, \quad \text{iar valoarea corectată :} \quad V_c = V_i + c$$

CARACTERISTICI STATICE (continuare)

6. Rezoluția se exprimă prin intervalul maxim de variație al mărimii de intrare care poate fi pus în evidență (citat) - produce un salt elementar - la ieșirea traductorului.

Rezoluția este specifică traductoarelor analogice cu caracteristică statică discontinuă sau cvasicontinuă, la care semnalul calibrat de ieșire este numeric sau analogic în trepte.

La traductoarele numerice *rezoluția* se exprimă prin numărul de biți ai conversiei analog-numeric, respectiv intervalul elementar de cuantificare al mărimii de intrare.

Exemplificare: dacă se face conversia pe n biți atunci treapta elementară de cuantificare (cuanta) este
$$\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2^n}$$

ceea ce semnifică o *reprezentare în valoare absolută a rezoluției*.

Se poate utiliza și o *reprezentare procentuală a rezoluției*.

Exemplificare: un traductor numeric de temperatură cu domeniul de măsurare $0^{\circ}\text{C} \dots 500^{\circ}\text{C}$ și conversie pe 10 biți are cuanta elementară $\Delta x \approx 0,5^{\circ}\text{C}$ - rezoluție exprimată în unitățile de măsură ale intrării - sau, procentual, de $1/1024[\%] \approx 0,1\%$.



CARACTERISTICI STATICE

7. Repetabilitatea exprimă abilitatea traductorului de a reproduce valori ale ieșirii cât mai apropiate atunci când se aplică acestuia - în mod repetat - aceeași valoare a măsurandului, în aceleași condiții de experimentare și în același sens, măsurările fiind considerate într-un timp limitat.

Cum trebuie organizat experimentul?

Repetabilitatea se exprimă *procentual* prin raportarea diferenței maxime a valorilor citite în ieșire la plaja maximă de variație a ieșirii traductorului. Statistic, repetabilitatea se consideră ca valoarea minimă care depășește - cu o probabilitate specificată - valoarea absolută a diferenței dintre două citiri succesive obținute în condiții specificate.

8. Reproductibilitatea se referă - de asemenea - la gradul de coincidență dintre două citiri succesive atunci când aceeași mărime este măsurată cu o metodă precizată, dar numărul de determinări este foarte mare, efectuate de operatori diferiți cu aparate diferite, în laboratoare diferite. Cantitativ, reproductibilitatea este valoarea minimă care depășește, cu o probabilitate dată, valoarea absolută a diferenței dintre două măsurări singulare obținute în condițiile mai sus-menționate.