

# Prelegerea nr. 1

## STRUCTURA ȘI CARACTERISTICILE GENERALE ALE APARATELOR ELECTRONICE DE MĂSURARE ȘI CONTROL

### Introducere

#### DEFINIȚIE

Un aparat electronic de măsurare și control (AEMC) este un aparat folosit pentru: *măsurarea, indicarea, înregistrarea* unor mărimi neelectrice, *observarea desfășurării* unor procese, *controlul proprietăților* unor materiale sau produse și **care au ca elemente constructive esențiale pentru funcționarea lui dispozitive electronice.**

Cu toată diversitatea tipurilor de AEMC folosite astăzi, se poate totuși contura o structură bloc generală, comună pentru marea majoritate a tipurilor (fig. 1.1), în care se pun în evidență problemele esențiale ale procesului de măsurare și control.

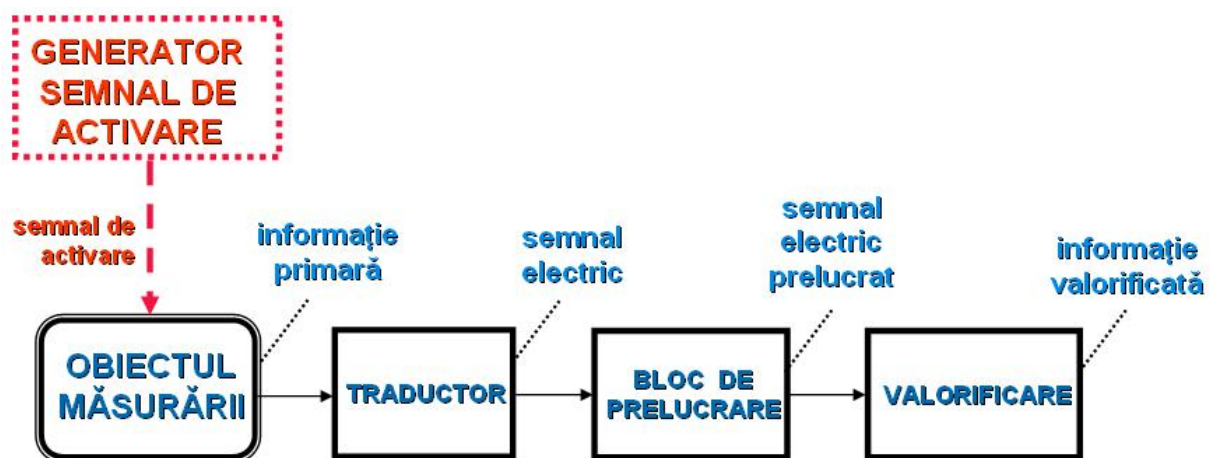


Figura 1.1

O primă problemă este *conversia* mărimii de măsurat într-o altă mărime, ușor prelucrabilă. Din acest punct de vedere rezultă ca soluție optimă obținerea unui semnal electric. Mărimea de măsurat determină un *proces energetic* care se manifestă prin eliberarea sau consumarea unei anumite cantități de energie, sub o formă specifică. Putem întâlni *energie mecanică* (forță, deformație, deplasare, debit, viteză, accelerație, etc.), *energie termică* (temperatură, flux termic, etc.), *energie radiantă* (intensitate, densitate spectrală a radiației, etc.). Când se analizează fenomene cu eliberare sau cu consum de energie, semnalul electric se poate obține cu ajutorul unui traductor. Dacă mărimea necunoscută de măsurat nu intervine în procese energetice - de exemplu defecte de structură, dimensiuni, în general proprietăți ale unor materiale este necesară o *energie de activare* a obiectului de măsurat

pentru a sensibiliza traductorul. Uneori, din punct de vedere constructiv, generatorul semnalului de activare face parte chiar din traductor.

Traductoarele sunt de o mare diversitate, putându-se distinge două mari clase:

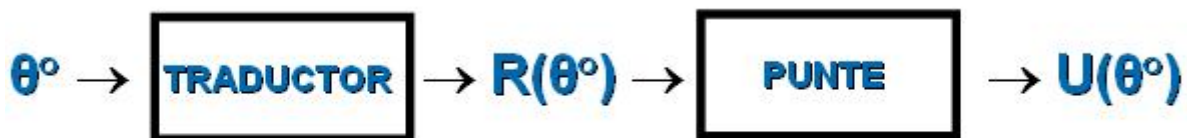
- **traductoare analogice**, care convertesc mărimea neelectrică de măsurat într-un semnal electric continuu variabil în timp (materializat prin modificarea continuă în timp a unei mărimi specifice: rezistență, tensiune, frecvență, durată de impuls, etc.);

- **traductoare numerice**, care dau la ieșire semnale electrice discontinue, o succesiune de impulsuri sau o combinație de impulsuri care într-un anumit cod reprezintă valoarea numerică a mărimii de măsurat.

### **OBSERVAȚIE**

*În general traductoarele tipizate sunt în număr mic și au destinații precise (pe anumite grupe de mărimi), neputând să acopere tot domeniul mărimilor măsurabile. De cele mai multe ori suntem puși în situația de a începe proiectarea aparatului cu conceperea unui traductor adecvat. Având în vedere gama extrem de largă de dispozitive electronice disponibile, găsirea soluției pentru traductor reprezintă în foarte multe situații cheia rezolvării problemei.*

**O a doua problemă** în procesul de măsurare și control este **prelucrarea** semnalului electric de la ieșirea traductorului. Aceasta presupune mărirea energiei acestuia fără a altera informația despre mărimea de măsurat. Se întâlnesc însă și situații în care semnalul de la traductor este suficient de puternic pentru a permite activarea dispozitivului de indicare sau înregistrare. O altă problemă a prelucrării mărimilor electrice de la traductor se referă la **transformarea** variației acesteia într-o altă mărime electrică ce poate fi utilizată mai comod. De exemplu, la măsurarea temperaturii cu ajutorul unei termorezistențe, mărimea electrică dată de traductor este rezistența (dependentă de temperatură), conectată într-o punte, obținându-se o tensiune (de dezechilibru a punții). Succesiunea de transformări este următoarea:



Variația rezistenței dependente de temperatură de la traductor a fost transformată într-o variație de tensiune în blocul de prelucrare (punte).

În aparatele electronice de măsurare și control actuale prelucrarea se face automat, fără intervenția operatorului.

### **OBSERVAȚIE.**

*Funcție de modul în care se face prelucrarea informației întâlnim blocuri de prelucrare analogică sau numerică. Datorită avantajelor majore pe care le prezintă, blocurile de prelucrare numerică capătă o răspândire tot mai largă. Datorită mării diversități de dispozitive și circuite electronice disponibile în prezent, proiectarea și realizarea blocurilor de prelucrare sunt mult facilitate, căpătând în special un aspect tehnico-economic în sensul obținerii unor performanțe cât mai înalte la un preț cât mai redus.*

**O treia problemă** în procesul de măsurare și control este **utilizarea, valorificarea informației** conținută în semnal sub forma: indicării vizibile, înregistrării, memorării, semnalizării, folosirii în bucle de reglare automată.

În acest scop se folosesc:

- **indicatoare** (analogice sau numerice);

- *dispozitive de înregistrare* (analogice sau numerice);
- *dispozitive de memorare*.

### **OBSERVAȚIE.**

*O categorie aparte de probleme apare în cazul telemăsurării (măsurării la distanță). În acest caz, lanțul de circulație al informației de la obiectul măsurării la ieșirea indicatorului va cuprinde elemente specifice pentru transmisia la distanță a informației: modulatori și demodulatori de semnal pentru telemăsurare, canale de transmisie cu sau fără fir, etc.*

Datorită diversității domeniilor și a numărului mare de mărimi ce trebuie măsurate sau controlate, pentru realizarea și exploatarea economică a AEMC este util și necesar să avem în vedere următoarele reguli de dezvoltare în domeniu:

#### **1. Realizarea de sisteme de măsurare și reglare automată unificate, constituite pe cât posibil din elemente tipizate.**

Un *aparat unificat* permite la intrare un anumit tip de semnal, cu plajă de variație standardizată, rezultând la ieșire același tip sau alt tip de semnal, de asemenea cu plajă de variație standardizată. Aceste semnale se numesc unificate. Prin unificare rezultă avantaje în proiectarea, producerea în serie și întreținerea AEMC (unificarea și tipizarea blocurilor constructive). Cheltuielile de întreținere scad în cazul sistemelor unificate. Depanarea blocurilor unificate este mai ușoară, făcându-se în sistem de service centralizat sau în ateliere proprii.

#### **2. Realizarea de aparate de măsurare și control numerice, care față de cele analogice prezintă următoarele avantaje:**

- asigură în condiții industriale o precizie mult mai mare în obținerea și prelucrarea informației despre obiect;
- menține o precizie ridicată în toate etapele de transmitere la distanță, indicare și înregistrare a informației și o imunitate la zgomot mai mare a semnalelor numerice;
- permite prelucrarea rapidă a informațiilor provenite dintr-un număr foarte mare de puncte de măsurare ale unui sistem.

#### **3. Realizarea de instalații de control centralizat pentru măsurarea și controlul fenomenelor tehnologice complexe.**

În astfel de instalații de măsurare și control, informațiile vin din foarte multe puncte de măsurare. Se face mai întâi o operație de "*reducere a datelor*" prin selectarea și semnalizarea informațiilor importante, apoi informațiile sunt prelucrate într-un calculator de proces pentru controlul fenomenului, cu mai multe variante de decizie, hotărârea finală revenind factorului uman (operatorului).

#### **4. Realizarea de AEMC sigure în funcționare, robuste și miniaturizate.**

Tehnologiile LSI, VLSI au permis dezvoltarea unor microcalculatoare de proces ce asigură prelucrări complexe ale informațiilor cu viteze de calcul ridicate (control în timp real). Dezvoltările teoretice moderne accentuează aceste tendințe prin apariția traductoarelor inteligente (cu prelucrare analogică, conversie A/D, procesare locală), interconectarea elementelor de sistem în rețele complexe, organizate pe diferite principii (rețele neuronale). Aceste tendințe se bazează pe creșterea vitezei de lucru a circuitelor, capacități mari de memorie și perfecționarea algoritmilor de prelucrare.

# Caracteristicile generale ale elementelor aparatelor electronice de măsurare și control

## Mijloace și metode de măsurare

**Măsurarea** este un proces de cunoaștere care constă în compararea mărimii de măsurat cu o altă mărime, de aceeași natură cu prima, considerată drept unitate. Rezultatul măsurării este **valoarea numerică** a mărimii măsurate  $A_x$  care este egală cu raportul dintre mărimea măsurată  $X$  și unitatea de măsură  $X_u$ :

$$A_x = \frac{X}{X_u}, \quad X = A_x \cdot X_u \quad (1.1)$$

Ecuția (1.1) este denumită **ecuația fundamentală a măsurării**.

Nu orice mărime fizică poate fi măsurată, deoarece nu orice mărime permite compararea valorilor sale. O mărime măsurabilă poate căpăta și valoarea 0. Pentru unele mărimi valoarea 0 este aleasă arbitrar. De exemplu, la măsurarea temperaturii (în °C) valoarea 0° se alege prin convenție și se măsoară în realitate diferența de temperatură.

Principalul element al măsurării este **unitatea de măsură**. Unitățile de măsură sunt organizate în sisteme de unități. În România este în vigoare *Sistemul Internațional de Unități SI*. Mijloacele tehnice care servesc la materializarea unităților de măsură cu o precizie determinată se numesc **măsurii**. Măsurile ce materializează unitatea de măsură cu precizia cea mai mare posibilă sunt **măsurii etalon** sau **etalioane**. Se realizează etaloane atât pentru mărimile fundamentale cât și pentru cele derivate. Știința ce se ocupă cu studiul unităților și etaloanelor, precum și cu cercetarea măsurărilor, legate de utilizarea acestor etaloane, se numește **metrologie**.

Etaloanele sunt ierarhizate la nivel național. Astfel în România se folosesc:

- **etalioane naționale**, păstrate la Institutul de Metrologie, ce servesc la reproducerea unităților de măsură pe întreg teritoriul național;
- **etalioane principale**, care transmit unitățile de măsură la etaloanele de ordin inferior;
- **etalioane de verificare**, care transmit unitățile de măsură la aparatele de măsurare de lucru.

Mijloacele tehnice cu care se realizează măsurarea includ, pe lângă măsurii, instrumentele sau aparatele de măsurare, ce servesc la compararea directă sau indirectă a mărimii de măsurat cu unitatea de măsură.

**Metodele de măsurare** cele mai des întâlnite sunt următoarele:

**1. Comparația directă** constă în compararea mărimii de măsurat cu un etalon de aceeași natură fizică. În asemenea cazuri se determină fie raportul fie diferența între mărimea necunoscută și etalon. Un exemplu tipic este puntea Wheatstone care determină valoarea unei rezistențe în funcție de valoarea unei alte rezistențe, cunoscută cu precizie, și a unui raport. Un caz particular al metodei comparației este **ajustarea până la egalitate**. O mărime etalon variabilă este ajustată manual sau automat până ce devine egală cu cea necunoscută. Metoda se aplică de exemplu la determinarea masei cu ajutorul balanței sau la măsurarea tensiunii cu un potențiomtru compensator. Cea mai precisă metodă de constatare a egalității mărimii etalon variabile cu cea necunoscută este substituția celor două mărimi în instalația de măsurare, reglajul și indicațiile acesteia rămânând neschimbate pe durata substituției.

**2. Acționarea directă a unui sistem fizic** (citirea directă). Mărimea de măsurat acționează (eventual prin câteva transformări intermediare) asupra unui sistem de indicare adecvat, pe scala căruia se citește valoarea mărimii. De exemplu, intensitatea curentului electric se poate măsura prin cuplul pe care îl produce asupra cadrului mobil al unui ampermetru, iar valoarea sa se citește prin intermediul deviației unghiulare a acului indicator pe scală.

**3. Măsurarea indirectă** la care rezultatul măsurării se obține prin măsurările directe ale câtorva mărimi legate de mărimea de măsurat și prin efectuarea unui calcul. Principiul poate fi exemplificat cu măsurarea conductivității electrice  $\sigma$  a unui material. Pentru aceasta se efectuează trei măsurări directe asupra unei probe din acel material: rezistența  $R$ , lungimea  $l$  și secțiunea  $A$  a materialului. Valoarea conductivității electrice  $\sigma$  rezultă din efectuarea unui calcul conform relației:

$$\sigma = \frac{l}{R A}$$

Calculul în aceste situații poate fi efectuat manual sau automat, cu ajutorul unor dispozitive de calcul sau al unui calculator electronic.

Pentru măsurări indirecte, procesul de determinare a valorii necunoscute se desfășoară după schema funcțională din fig. 1.2.

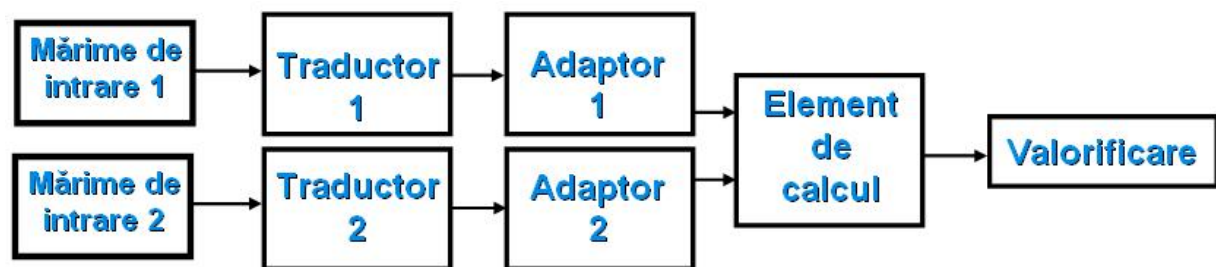


Figura 1.2

Măsurarea indirectă este mai puțin precisă decât măsurarea directă și se folosește atunci când măsurarea directă nu este posibilă, deoarece:

- mărimea de măsurat este definită numai prin relația matematică, fără să existe pentru ea măsuri sau etaloane. Cazul conductivității electrice  $\sigma$  prezentate mai sus se încadrează în aceasta situație;
- nu există traductoare adecvate pentru mărimea de măsurat;
- obiectul măsurării nu poate fi pus în contact fizic cu aparatul de măsurare.

Oricare ar fi mijloacele și metodele de măsurare folosite, valoarea numerică obținută ca rezultat al măsurării va diferi de valoarea reală a mărimii măsurate, datorită imperfecțiunilor aparaturii utilizate, a cunoașterii insuficiente a tuturor condițiilor în care se desfășoară procesul de măsurare, a instabilității acestor condiții, a imperfecțiunilor organelor de simț ale experimentatorului etc.

Abaterea valorii numerice măsurate de la valoarea adevărată a mărimii constituie **eroarea de măsurare**. Nu există măsurare fără erori, oricât de îngrijit ar fi efectuată, oricât de precisă ar fi aparatul și oricât de mult ar fi repetată.

**Erorile trebuie reduse sub limitele tolerate în aplicația considerată, de aceea, trebuie cunoscute caracteristicile funcționale ale elementelor constructive și cauzele erorilor introduse de fiecare element și fiecare operație de prelucrare în parte.**