

LBRIS

We know
books

Aurel Ciocîrlea-Vasilescu

Manuela-Ianina Buşe

Olguța Laura Spornic

SUBANSAMBLURI SPECIFICE MIJLOACELOR DE MĂSURARE ȘI CONTROL

manual pentru
clasa a XII-a, ruta progresivă
Filiera tehnologică – profil Tehnic


EDITURA CD PRESS

1. Subansambluri componente ale mijloacelor de măsurare	3
1.1. Noțiuni generale	3
1.2. Structura mijloacelor de măsurare	4
<i>Fișe de lucru</i>	7
2. Subansambluri traductoare	8
2.1. Clasificarea subansamblurilor traductoare	8
2.2. Traductoare mecanice pentru măsurarea mărimilor mecanice	10
2.3. Traductoare pentru măsurarea electrică a mărimilor neelectrice	23
2.4. Traductoare electro-mecanice	32
<i>Fișe de lucru</i>	36
3. Subansambluri de transmitere, multiplicare și amplificare.....	40
3.1. Subansambluri mecanice.....	40
3.2. Subansambluri optice	43
3.3. Subansambluri electronice	51
<i>Fișe de lucru</i>	52
4. Subansambluri indicatoare	54
4.1. Generalități	54
4.2. Subansambluri indicatoare analogice.....	54
4.3. Subansambluri indicatoare numerice	62
<i>Fișe de lucru</i>	65
5. Subansambluri înregistratoare.....	66
5.1. Generalități	66
5.2. Procedee de înscriere și suportul utilizat.....	67
5.3. Antrenarea suportului de înregistrare.....	68
5.4. Subansambluri inscriptoare	69
<i>Fișe de lucru</i>	72
Lucrări de laborator.....	73
Proiect	83
Teste de evaluare.....	84
Glosar de termeni.....	90
Bibliografie	91
Lista standardelor utilizate.....	91

SUBANSAMBLURI COMPONENTE ALE MIJLOACELOR DE MĂSURARE

1

1.1. NOȚIUNI GENERALE

Mijloacele de măsurare și control sunt sisteme tehnice utilizate pentru măsurarea, controlul, cercetarea sau observarea unei mărimi fizice.

Mijloacele de măsurare determină cantitativ valoarea unei mărimi care se măsoară într-un proces industrial, instalație tehnică, laborator sau atelier.

Mijloacele de control furnizează informații (prin măsurări), realizând totodată modificarea unor parametri, în vederea menținerii unui regim de funcționare prestabilit.

Principiile pe care se bazează mijloacele de măsurare depind de natura fenomenelor fizice pe care se bazează funcționarea acestora, diferind de la un mijloc la altul.

Mijlocul de măsurare poate fi reprezentat ca o rețea de captare, transmitere și receptare a informației de măsurare, el constituind un canal informațional de-a lungul căruia vehiculează un semnal energetic purtător al informației de măsurare, numit *semnal metrologic*.

Structura mijloacelor de măsurare este în continuă modificare. În prezent, mijloacele de măsurare au în componență subansambluri capabile să efectueze operații matematice (adunări, multiplicări, derivări, integrări etc.), operații logice (codificări, decodificări etc.), iar introducerea microprocesoarelor conduce la adăugarea de noi funcții și performanțe.

Mărima fizică măsurată, denumită și mărime de intrare, este purtătoarea semnalului de intrare. Semnalul este o reprezentare fizico-tehnică sau un purtător de informație.

Structura unui mijloc de măsurare este prezentată în figura 1.1.

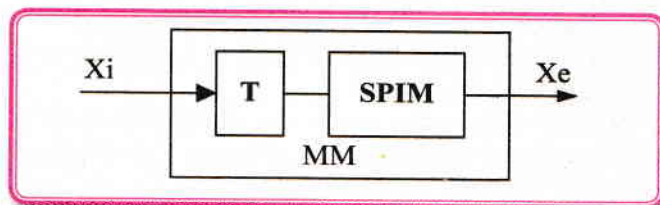


Fig. 1.1. Structura unui mijloc de măsurare

MM – mijloc de măsurare; **T** – subansamblu traductor;
SPIM – subansamblu de prelucrare a informației de măsurare;
Xi – mărime de intrare; **Xe** – mărime de ieșire

După natura semnalului de intrare, mijloacele de măsurare pot fi destinate următoarelor tipuri de mărimi:

- mărimi mecanice (lungime, timp, viteză, accelerație, forță, cuplu ș.a.)
- mărimi hidraulice/pneumatice (presiune, debit);
- mărimi termice (temperatură, energie termică);
- mărimi electrice (rezistență, capacitate, intensitatea curentului electric, tensiune, putere electrică, energie electrică);
- mărimi optice (intensitate luminoasă, flux luminos);
- mărimi acustice (frecvența sunetului).

Pentru a prelucra semnalele provenite de la *măsurand* (purtătorul mărimii care se măsoară), mijloacele de măsură au o structură specifică, adaptată scopului, naturii semnalului de intrare și preciziei cerute operației de măsurare.

Măsurandul livrează mijlocului de măsurare o informație, care reprezintă semnalul de intrare. Odată cu semnalul de intrare, acesta poate livra și o cantitate de energie necesară efectuării măsurării. În acest caz, mărimea care se măsoară se numește *mărime activă*.



Fig. 1.2. Structura unui mijloc de măsurare a unei mărimi active

S_i – semnal de intrare; S_e – semnal de ieșire



Fig. 1.3. Structura unui mijloc de măsurare a unei mărimi pasive

Există și mărimi care nu pot furniza energia necesară măsurării, numite *mărimi pasive*. În acest caz, este necesară o sursă exterioară, care să furnizeze energia de activare. Din punctul de vedere al tipului de energie utilizată pentru măsurare, se poate face următoarea clasificare a mijloacelor de măsurare:

- mijloace de măsurare cu sursă de energie de activare interioară (Fig. 1.2.);
- mijloace de măsurare cu sursă de energie de activare exterioară (Fig. 1.3.).

Semnalul de intrare este prelucrat de către mijlocul de măsurare prin intermediul unui subansamblu specific, numit *subansamblu de prelucrare*, și este transmis subansamblului de ieșire, care furnizează mărimea de ieșire sub forma unui semnal, numit semnal de ieșire. Semnalul de intrare și semnalul de ieșire se numesc semnale de măsurare. Subansamblul de ieșire poate realiza operații de măsurare, de comandă, de control, de reglare etc.

Un mijloc de măsurare are în structura sa:

- ❖ măsurandul – purtătorul mărimii măsurate – care, odată cu semnalele de măsurare, poate furniza și o cantitate de energie necesară măsurării;

- ❖ subansamblul de intrare (subansamblul de captare), care transformă semnalul de măsurare într-un semnal care poate fi prelucrat de următorul subansamblu;
- ❖ subansamblul de prelucrare, care are rolul de a prelucra și de a transmite informația; când este necesar, aceste subansambluri realizează și amplificarea sau demultiplicarea semnalului;
- ❖ subansamblul de ieșire, care permite observarea sau citirea valorii măsurate de către operator sau de către un sistem centralizat de prelucrare a datelor. Informația referitoare la valoarea mărimii măsurate este receptată fie de operatorul uman, fie de mașina operatoare, care poate fi un minicalculator – într-un sistem complex de automatizare – sau un regulator – în sistemele de reglare.

În funcție de structura subansamblurilor componente, mijloacele de măsurare pot fi: mecanice, optice, electronice.

1.2. STRUCTURA MIJLOACELOR DE MĂSURARE

1.2.1. STRUCTURA MIJLOACELOR DE MĂSURARE MECANICE

Mijloacele de măsurare mecanice operează cu semnale de intrare și cu semnale de ieșire de natură mecanică.

Semnalul de intrare este captat de subansamblul traductor, care are rolul de a transforma mărimea fizică

de intrare într-o mărime fizică convenabilă subansamblului de transmitere și prelucrare. Această informație este transmisă receptorului de către subansamblul de vizualizare (Fig. 1.4.)



Fig. 1.4. Structura mijloacelor de măsurare mecanice

În figura 1.5. este prezentat un exemplu de mijloc de măsurare mecanic numit *tahometru cu dispozitiv centrifugal* și utilizat pentru măsurarea vitezei de rotație a arborilor. Toate subansamblurile componente conțin elemente mecanice.

Turația arborelui reprezintă semnalul de intrare al mijlocului de măsurare. Mișcarea de rotație a axului se transmite prin intermediul pârghiilor cu greutate, asupra cărora acționează, la capetele piesei culisante, forța centrifugă.

Pârghiile, greutatea, piesa mobilă și ghidajul alcătuiesc subansamblul traductor, care are rolul de a transforma turația arborelui în deplasare liniară.

Pârghiile, sectorul dințat și pinionul transmit deplasarea liniară și o transformă în deplasare unghiulară a acului indicator. Aceste elemente alcătuiesc subansamblul de transmitere și prelucrare a semnalului.

Subansamblul de vizualizare este reprezentat de acul indicator și de scara gradată (în unități de turație).

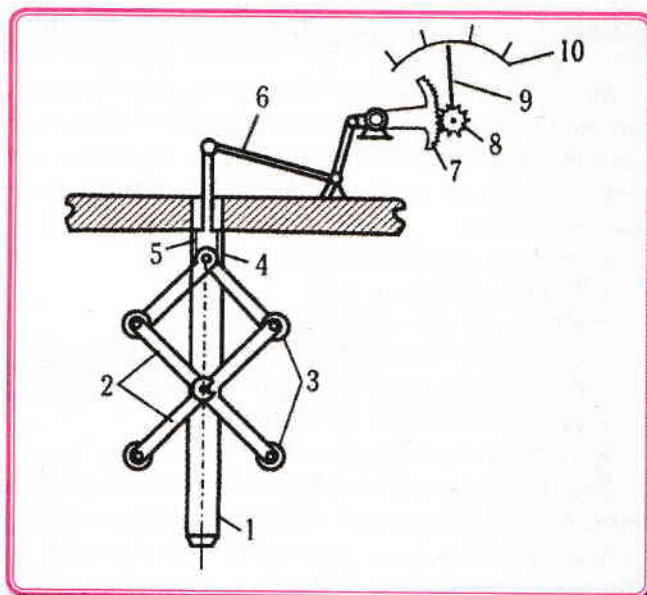


Fig. 1.5. Mijloc de măsurare mecanic – tahometru (schemă cinematică) 1 – ax; 2 – pârghie; 3 – greutate; 4 – ghidaj; 5 – piesă mobilă; 6 – pârghii; 7 – sector dințat; 8 – pinion; 9 – ac indicator; 10 – scară gradată

1.2.2. STRUCTURA MIJLOACELOR DE MĂSURARE OPTICE

Mijloacele optice de măsurare sunt alcătuite din elemente optice și sisteme optice lenticulare.

Elementele optice utilizate pot fi: oglinzi, prisme, lentile, diafragme, rigle, diferite tipuri de rețele sau de filtre. Sistemele optice utilizate sunt obiectivele, ocularele, colectoarele, condensoarele și redresoarele.

Mijloacele optice de măsurare sunt utilizate cu precădere pentru măsurarea de precizie a mărimilor geometrice, în laboratoare și în procese industriale.

Subansamblurile principale ale acestor mijloace de măsurare sunt (Fig. 1.6.):

- măsurandul (M);
- subansamblul de poziționare a măsurandului (SPM), care conține mijlocul de poziționare MP ;
- măsura (m);
- subansamblul de poziționare măsurabilă a măsurii (SPm), care conține un mijloc de poziționare a măsurii (MM).

Mijloacele MM și MP sunt, în general, legate rigid și se deplasează simultan în raport cu măsurandul și cu măsura, care sunt fixate pe aceeași masă. Există însă și mijloace de măsurare optice, la care măsurandul și măsura se deplasează, iar mijloacele de poziționare sunt fixe. Metodele și mijloacele de poziționare a măsurandului determină în mod hotărâtor precizia măsurării, motiv pentru care li s-a acordat întotdeauna

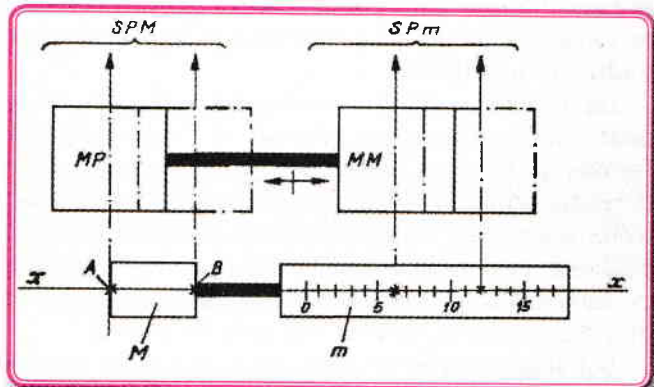


Fig. 1.6. Structura mijloacelor de măsurare optice
 SPM – subansamblu de poziționare a măsurandului;
 MP – mijloc de poziționare a măsurandului;
 SPm – subansamblu de poziționare măsurabilă a măsurii;
 MM – mijloc de poziționare a măsurii; M – măsurand;
 m – măsura; $x-x$ – direcția de deplasare a măsurii și a măsurandului

o atenție deosebită. Mijlocul de poziționare măsurabilă a măsurii se numește *interpolator*.

Mijloacele optice cele mai utilizate în metrologia lungimii și a unghiurilor sunt microscopul de atelier, microscopul universal, optometrul, aparatul Abbe, gonimetrul, rugozimetrul.

Mijloacele de măsurare electronice conțin în structura lor dispozitive electronice: tranzistori, diode, circuite integrate ș.a. Aceste mijloace de măsurare sunt cele mai utilizate în tehnica modernă, datorită avantajelor multiple:

- precizie ridicată la măsurare;
- forțe de măsurare mici;
- viteză mare de răspuns;
- posibilitatea înregistrării rezultatului măsurării;
- posibilitatea programării operațiilor de măsurare;
- prelucrarea automată a datelor;
- dimensiuni reduse ș.a.

Structura unui mijloc de măsurare electronic este reprezentată, într-o formă simplificată, în figura 1.7.

Subansamblul traductor transformă semnalul de intrare în semnal electric. Dacă se măsoară o mărime pasivă, care nu poate furniza energia necesară măsurării, este necesară existența unei surse exterioare de energie, de obicei o sursă de tensiune. Dimensiunile geometrice, rezistența și capacitatea sunt mărimi pasive. La măsurarea unor mărimi fizice, cum sunt deplasarea, forța, presiunea, temperatura, semnalul electric se obține direct, numai cu ajutorul traductorului. Aceeași mărime fizică poate fi activă pentru un mijloc de măsurare și pasivă pentru altul, în funcție de tipul traductorului utilizat.

De exemplu, pentru măsurarea temperaturii se poate utiliza un termocuplu sau o termorezistență. Termocuplul transformă diferența de temperatură în tensiune (în acest caz, temperatura este mărime activă), iar pentru măsurarea cu termorezistență, pentru a pune în evidență variația rezistenței unui conductor cu temperatură, este necesară o sursă de tensiune (temperatura este, în acest caz, mărime pasivă).

Subansamblurile de prelucrare realizează amplificarea, modularea și conversia semnalului electric primit de la traductorul electric. Traductorul electric

poate furniza un semnal electric care variază continuu, analog mărimii de intrare, sau un semnal discontinuu, sub forma unei succesiuni de impulsuri sau a unei combinații de tensiuni, care reprezintă, după un anumit cod, valoarea numerică a mărimii măsurate. Semnalul electric obținut la ieșirea din traductor poate fi, prin urmare, analogic sau numeric.

Subansamblul indicator sau înregistrator permite citirea, înregistrarea, semnalizarea, utilizarea semnalului pentru reglarea automată sau pentru calcule la distanță etc.

Aparatul electronic prezentat schematic în figura 1.8. este utilizat pentru măsurarea lungimii. Subansamblul traductor este format dintr-o bobină alimentată de la o sursă de curent alternativ, al cărei miez magnetic este solidar cu un palpator, care se deplasează odată cu variația lungimii. Deplasarea axială a miezului în interiorul bobinei duce la variația impedanței acesteia. Astfel, traductorul transformă variația lungimii într-o mărime electrică analogă. Semnalul electric obținut la ieșirea din traductor este amplificat, orientat fazic și transmis către subansamblul indicator. Tija palpatoare trebuie ghidată precis, în general într-un ghidaj cu bile.

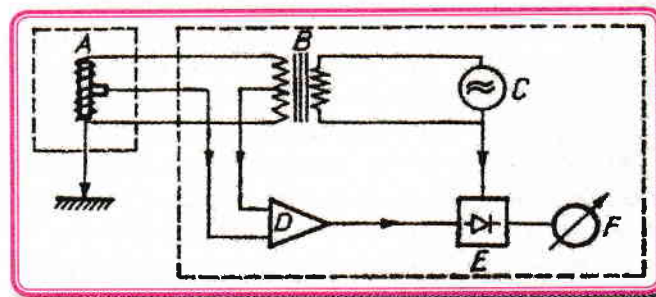


Fig. 1.8. Schema de principiu a unui aparat electronic
A – subansamblu traductor; B – transformator; C – oscilator;
D – amplificator; E – orientator fazic; F – subansamblu indicator.

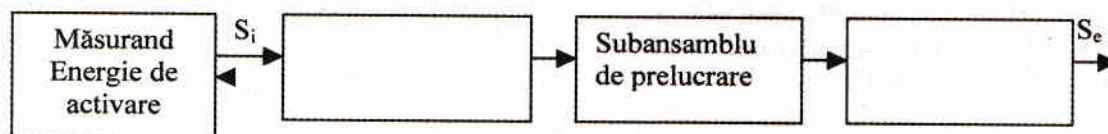


Fig. 1.7. Schema unui mijloc de măsurare electronic

FIȘĂ DE LUCRU 1 –

MIJLOACE DE MĂSURARE. NOȚIUNI GENERALE

1. Explică următorii termeni: mijloc de măsurare, măsurand, mărime activă, mărime pasivă.
2. Enumeră:
 - a. două mărimi mecanice;
 - b. două mărimi electrice;
 - c. două mijloace de măsurare pentru mărimi mecanice;
 - d. două mijloace de măsurare pentru mărimi electrice.
3. a. Clasifică mijloacele de măsurare după natura fizică a mărimii de intrare.
b. Clasifică mijloacele de măsurare după structura subansamblurilor componente.
4. Scrie informația corectă care completează spațiile libere:
 - a. Semnalul de intrare al unui mijloc de măsurare mecanic este furnizat de o mărime fizică de natură
 - b. Mărimea de ieșire este prezentată receptorului de către de vizualizare.
 - c. La măsurarea unei mărimi este necesară existența unei de energie de activare.
 - d. Mărimile care furnizează odată cu semnalul de intrare și energia necesară măsurării se numesc mărimi
5. a. Completează căsuțele libere astfel încât în figura de mai jos să fie reprezentată structura unui mijloc de măsurare a unei mărimi active.



- b. Denumiți două mijloace de măsurare care măsoară mărimi active.

FIȘĂ DE LUCRU 2 –

MIJLOACE DE MĂSURARE OPTICE ȘI MIJLOACE DE MĂSURARE ELECTRONICE.
NOȚIUNI GENERALE

1. Enumeră subansamblurile principale care intră în componența unui mijloc optic de măsurare.
2. Denumeste mijloacele de măsurare optice care pot fi întâlnite într-un laborator de metrologie a lungimii.
3. Menționează principalele avantaje care au condus la utilizarea mijloacelor de măsurare electronice pe scară largă în tehnica modernă.
4. Explică care este rolul traductorului electric în structura mijloacelor de măsurare electronice.

SUBANSAMBLURI TRADUCTOARE

2.1. CLASIFICAREA SUBANSAMBLURILOR TRADUCTOARE

Traductorul este un dispozitiv care, supus acțiunii unui sistem fizic sau tehnic, stabilește o corespondență univocă între valorile unei mărimi numite mărime de intrare (sau semnal de intrare), specifice acestui sistem, și valorile unei mărimi de altă natură, specifice altui sistem, denumită mărime de ieșire (sau semnal de ieșire).

Mărimia (semnalul) de intrare poate fi: deplasare liniară, deplasare unghiulară, temperatură, presiune etc. Mărimia (semnalul) de ieșire poate fi: curent electric, tensiune electrică, deplasare liniară sau unghiulară etc.

Traductorul este o parte esențială a mijlocului de măsurare, deoarece calitatea mijlocului de măsurare este determinată în cea mai mare parte de performanțele traductorului utilizat.

Performanțele traductorului sunt indicatori care care permit aprecierea gradului în care caracteristicile reale se apropie de cele ideale.

Traductoarele realizează în același timp transmiterea și transformarea informației. De aceea, principalele lor caracteristici metrologice sunt *fidelitatea* și *sensibilitatea*.

Fidelitatea este caracteristica metrologică a unui traductor de a avea variații cât mai mici la măsurarea aceleiași mărimi, în condiții identice.

Sensibilitatea reprezintă raportul dintre variația mărimii de ieșire și variația mărimii de intrare care a determinat-o.

Traductoarele se utilizează în tehnica măsurării, dar și în alte domenii ale tehnicii actuale (automatizări, robotică, telecomunicații etc.), într-o mare varietate constructivă: traductoare capacitive, piezoelectrice,

tensometrice, manometrice, tahogeneratoare, termocuple, celule fotoelectrice.

Subansamblurile traductoare (traductoarele) transformă o mărime fizică într-o mărime fizică de altă natură, care poate fi mai ușor prelucrată, înregistrată, transmisă etc. Cele mai utilizate traductoare din construcția de aparate de măsură au la ieșire o mărime electrică (de regulă, o tensiune electrică) sau o deplasare mecanică, aceste mărimi fizice fiind cel mai ușor de prelucrat.

Factorii care determină alegerea traductorului utilizat în construcția unui mijloc de măsurare sunt:

- destinația traductorului (natura semnalului de intrare);
- caracteristicile funcționale (modul în care se realizează dependența dintre mărimea de intrare și cea de ieșire);
- caracteristicile constructive (robustețe, capacitate de încărcare la suprasarcină, protecție la factorii de mediu, protecție anticorozivă etc.);
- durata de funcționare;
- condițiile de instalare;
- condițiile mediului de lucru;
- condițiile de verificare metrologică ș.a.

Caracteristicile generale ale traductoarelor, valabile pentru orice tip de traductor, sunt următoarele:

- natura fizică a mărimilor de intrare și a celor de ieșire (deplasare, timp, temperatură, debit, presiune, curent, tensiune, rezistență etc.);
- caracteristica statică a traductorului, definită ca reprezentare grafică a dependenței dintre mărimile de ieșire și cele de intrare a traductorului $x_e = f(x_i)$;

- domeniul de măsurare;
- sensibilitatea;
- puterea consumată la intrare (de obicei, o putere mică sau foarte mică, de ordinul câtorva wați sau miliwați). Consumul propriu, fiind, de regulă, neglijabil, puterea transmisă elementului următor este insuficientă pentru a determina o acționare; de aceea, în schemele de măsurare, un traductor este urmat aproape întotdeauna de un amplificator.

Clasificarea traductoarelor se face după mai multe criterii, dat fiind faptul că tipurile de traductoare utilizate sunt foarte variate.

Situațiile diverse impuse mijloacelor de măsurare – exigențe de precizie, limite de dimensiuni, cerințe de forme și materiale, domenii de măsură, amplitudinea semnalelor, domenii de frecvențe, metode de măsurare – dictează realizarea subansamblurilor traductoare într-o mare varietate constructivă și funcțională.

Cel mai important progres în domeniul traductoarelor îl reprezintă realizarea lor sub formă integrată, ceea ce a permis mărirea performanțelor, reducerea dimensiunii și a greutateii, precum și eliminarea unor dezavantaje ale traductoarelor clasice.

- După *domeniul de utilizare*, traductoarele pot avea denumirea mărimii determinate:
 - traductoare de deplasare;
 - traductoare de temperatură;
 - traductoare de presiune;
 - traductoare de debit ș.a.
- După *natura mărimii de ieșire*:
 - traductoare mecanice;
 - traductoare electrice.

De reținut!

Traductoarele mecanice au la ieșire o mărime mecanică sau termotehnică (de cele mai multe ori o deplasare, mai rar presiune), iar traductoare electrice au la ieșire o mărime electrică, de obicei o tensiune electrică.

- După *forma semnalului obținut*:
 - traductoare analogice;
 - traductoare numerice.

De reținut!

În cazul traductoarelor analogice, semnalul produs depinde continuu de mărirea de intrare, iar în cazul traductoarelor numerice, semnalul de ieșire variază discontinuu, după un anumit cod.

- După *numărul de transformări efectuate și modul de interconectare*:

- traductoare directe (primare);
- traductoare complexe, care înglobează mai multe traductoare și, uneori, chiar subansambluri aparte.

Traductoarele primare vin în contact direct cu măsurandul. Pentru ele trebuie adoptate condiții constructive speciale, deoarece funcționează în condițiile specifice mărimii de măsurat.

Uneori, traductorul primar nu furnizează la ieșire o mărime ușor prelucrabilă, necesitând existența unui alt traductor, numit traductor de adaptare.

Pentru a prezenta rezultatele măsurării în mărimi perceptibile cu ochiul liber sau în mărimi prelucrabile pe calculator, se poate utiliza un traductor pentru vizualizare.

- După *principiul de funcționare*:
 - traductoare parametrice;
 - traductoare generatoare.

La traductoarele parametrice, semnalul aplicat la intrare determină modificarea unui parametru electric al traductorului (de exemplu: rezistența electrică, capacitatea electrică sau inductanța). Punerea în evidență a modificării parametrului electric necesită existența unei surse exterioare de energie, numită sursă de energie de activare (de exemplu, termorezistența).

Traductoarele generatoare sunt traductoarele la care semnalul neelectric aplicat la intrare determină generarea unei tensiuni electromotoare. Punerea în



Fig. 2.1. Poziția traductoarelor în structura unui mijloc de măsurare

- a. structura unui mijloc de măsurare cu traductor primar; b. structura unui mijloc de măsurare cu traductor de adaptare; c. structura unui mijloc de măsurare cu traductor pentru vizualizare