

Domeniul Electric

Calificarea: Tehnician electrician electronist auto

Clasa: a IX-a

Modulul 3: Măsurări electrice în curent continuu

AUTOR: PROF. ȘERBAN ANIȘOARA

LICEUL TEHNOLOGIC "MIHAI EMINESCU" SLOBOZIA, IALOMIȚA

Lecția: Aparate de măsurat digitale

1. Generalități

1.1. Proprietăți

1.2. Utilizări

1.3. Principiul de funcționare

1.4. Metode de măsurare

2. Părțile componente ale aparatelor digitale

2.1. Numărătorul

2.2. Decodorul (decodificatorul)

2.3. Dispozitivul de afișare

3. Multimetrul digital

Bibliografie

1. Generalități

Studiul aparatelor de măsură este deosebit de important, deoarece în zilele noastre se poate măsura pe cale electrică aproape orice mărime electrică sau neelectrică.

Pentru a putea efectua o măsurătoare se stabilește o metodă de măsurare și se utilizează un mijloc de măsurare, adică un aparat de măsurat.

Aparatele de măsură pot fi clasificate, având în vedere următoarele criterii:

- modul de afișare al rezultatului măsurării
- aparate analogice;
- aparate digitale (numerice).

Aparatele digitale (numerice) se caracterizează prin faptul că mărimea de măsurat este transformată în semnale digitale care sunt preluate cu circuite specifice, iar rezultatul măsurării este afișat numeric și nu poate lua orice valoare deoarece indicația variază în trepte, deci măsurarea este discretă (discontinuu).

1.1. Proprietăți

➤ Avantaje:

- elimină erorile de citire (erori de scară, erori subiective introduse de operator, erori de calibrare, erori de paralaxă);
- precizia de măsurare foarte mare ($10^{-5} \dots 10^{-6}$), dependentă de numărul cifrelor afișate (cu cât afișează mai multe cifre, cu atât precizia este mai mare);
- sensibilitatea foarte bună;

- evaluare rapidă a valorii mărimii măsurate;
 - comoditate în efectuarea măsurărilor;
 - viteza mare de măsurare (sute de măsurări pe secundă);
 - comutare automată pe domeniul de măsurare;
 - posibilitatea înregistrării rapide și precise a rezultatelor;
 - posibilitatea automatizării procesului de măsurare;
 - posibilitatea transmiterii rezultatelor la distanță, fără erori suplimentare;
 - posibilitatea interconectării cu calculatoare sau alte dispozitive automate.
- Dezavantaje:
- complexitate mare;
 - cost ridicat.

1.2. Utilizări

- Datorită performanțelor sunt utilizate la:
- măsurări de precizie în laborator;
 - măsurări în procesele industriale de automatizare;
 - măsurări cu transmiterea rezultatelor la distanță;
 - măsurări cu înregistrări numerice în procesele industriale;
 - măsurări cu prelucrarea rezultatelor pe calculator;
 - controlul și supravegherea centralizată în procesele industriale.

1.3. Principiul de funcționare

Principiul de funcționare al unui aparat digital de măsurare constă în transformarea mărimii de măsurat cu variație continuă în timp, în semnale digitale, prelucrarea specifică a acestora și afișarea sub o formă numerică.

Un semnal digital este un semnal cu 2 nivele, “0” și “1”, informația fiind reprezentată prin prezența unuia sau a altuia din cele 2 nivele.

Convertorul analog digital transformă un semnal analogic într-unul digital.

Operația de prelucrare numerică cuprinde următoarele etape:

- cuantificarea semnalului, care reprezintă operația de divizare a semnalului în “cuante” (cantități egale, de o anumită valoare);
 - codificarea, care reprezintă operația de asociere a unor valori numerice la cuantele obținute (codificarea binară operează cu nivelele “0” și “1”, care corespund unor niveluri de tensiune continue (ex. 0V și 5V);
 - afișarea, care reprezintă operația de prezentare a rezultatului sub formă de cifre, cu ajutorul indicatoarelor optoelectronice de tip LED sau LCD.
- Discretizarea-este operația de transformare a variației continue a mărimii de măsurat într-o variație în trepte. Ea se face atât în timp, cât și în nivel (amplitudine).

- Discretizarea în timp constă în eșantionarea mărimii de măsurat, măsurarea efectuându-se la anumite intervale de timp.
- Discretizarea în nivel sau cuantificarea în transformarea variației continue a mărimii de măsurat într-o variație în trepte, care reproduce cu o anumită aproximație variația continuă.
- Rezoluția aparatului-reprezintă dintre două trepte succesive de nivel (ex: $A_2 - A_1$). Este o caracteristică metrologică a aparatelor digitale care înlocuiește noțiunea de prag de sensibilitate întâlnită la aparatele analogice.
- Intervalul de eșantionare reprezintă timpul dintre 2 măsurări succesive.
- Eroarea de discretizare reprezintă diferența dintre valoarea mărimii continue de măsurat și valoarea măsurată digital (în același moment).
 - ✓ eroarea de discretizare nu poate fi mai mare decât rezoluția aparatului;
 - ✓ eroarea de discretizare este cu atât mai mică cu cât treapta intervalului de eșantionare este mai mică.
- Codarea (codificarea) constă în atribuirea unei valori numerice, treptei de nivel corespunzătoare mărimii măsurate și exprimarea acestei valori în sistem de numerație binar sau binar-zecimal.

1.4. Metode de măsurare

- Măsurarea directă-constă în convertirea mărimii de măsurat direct într-un număr de impulsuri proporțional cu valoarea mărimii de măsurat, impulsuri ce sunt codate, numărate, decodate, iar în final se afișează numeric mărimea măsurată. Prin această metodă se măsoară timpul și frecvența. Măsurarea directă a altor mărimi (tensiune, intensitate a curentului, temperatură, presiune) se face transformând aceste mărimi în timp sau frecvență.

- Măsurarea prin compensare-constă în compararea succesivă a mărimii de măsurat cu o mărime de referință de aceeași natură variabilă în trepte sau prin aproximări succesive.

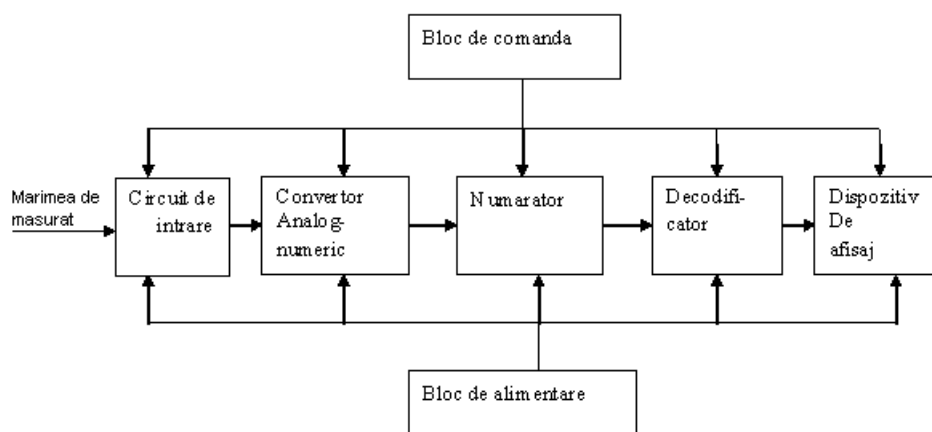
- Măsurarea mixtă-este o combinație între măsurarea prin compensare și măsurarea directă. Această metodă asigură viteză mai mare de măsurare, sensibilitate mare, precizie ridicată.

2. Părțile componente ale aparatelor digitale

Deși sunt de o mare diversitate au blocurile funcționale comune conectate între ele.

Circuitul de intrare prelucrează mărimea de măsurat pentru a obține o mărime convenabilă la intrarea convertorului. El asigură impedanță de intrare foarte mare și poate fi amplificator cu mai multe etaje, pentru mărimi de măsurat mici, atenuator pentru mărimi de măsurat prea mari și redresor când mărimea de măsurat este alternativă și la intrarea convertorului se cere un semnal continuu, etc. În același timp

circuitul de intrare asigură impedanța necesară la intrarea aparatului de măsurat numeric.



Schema bloc a aparatelor de măsurat numerice

Convertorul analog-digital (numeric) (CAD/CAN) transformă mărimea analogică de la intrare într-o mărime digitală (o serie de impulsuri) prin operația numită discretizare.

Numărătorul numără impulsurile de la ieșirea convertorului în sistem de numerație binar sau binar-zecimal.

Decodorul decodifică rezultatul măsurării, adică transformă rezultatul măsurării din binar sau binar-zecimal în sistem zecimal.

Dispozitivul de afișare afișează numeric rezultatul măsurării.

Blocul de alimentare alimentează celelalte blocuri funcționale.

Blocul de comandă asigură comanda automată a celorlalte părți componente.

2.1. Numărătorul

Este format dintr-un lanț de celule elementare de numărare (blocul de numărare), numărul acestora fiind dependent de sistemul de numerație folosit.

Celula elementară de numărare este o celulă binară realizată dintr-un circuit basculant bistabil (CBB). Circuitul basculant este un dispozitiv electronic, cu două stări distincte, ambele stabile și poate numără un singur impuls.. Este folosit ca element de comutație, putând trece brusc (prin basculare) dintr-o stare în alta în urma primirii unei comenzi din exterior, și ca element de memorie, putând rămâne oricât într-o anumită stare dacă i se aplică o comandă exterioară în acest sens.

Blocul de alimentare se obține prin legarea în cascadă a mai multor celule elementare de numărare (ex: numărătorul binar cu 4 celule).

Prin legarea în cascadă a "n" celule se obține un numărător care pune în evident 2^n stări distincte și care poate număra până la $2^n - 1$. Regula de funcționare a unui bloc de numărare este următoarea: prima celulă își schimbă starea la fiecare impuls aplicat la intrare, fiecare dintre celalalte celule din lanț își schimbă starea numai când bistabilul precedent trece din starea 1 în starea 0.

2.2. Decodorul (decodificatorul)

Transformă informația dintr-un sistem de numerație în altul. Cel mai răspândit decodificator este decodorul NBCD. Pentru a decodifica din sistem binar-zecimal în sistem zecimal este necesar ca pentru fiecare tetradă să existe un decodor care să primească semnalele de la cele patru celule binare și să aibă ieșiri corespunzătoare celor 10 cifre ale sistemului zecimal. Decodoarele sunt realizate cu circuite logice. Circuitele logice sunt circuite de comutație cu două stări stabile care corespund celor două valori 0 și 1. Sunt realizate pe baza funcțiilor logice.

- Circuitul SAU (suma logică) – este un circuit cu două sau mai multe intrări și o singură ieșire. Ieșirea este în starea 1 când cel puțin una dintre intrări este în starea 1.
- Circuitul ȘI (produs logic) – este un circuit cu două sau mai multe intrări și o singură ieșire. Ieșirea este în starea 1 numai dacă toate intrările sunt în starea 1.
- Circuitul NU (circuit inversor) – are o singură intrare și o singură ieșire. Ieșirea circuitului este întotdeauna în starea opusă intrării.
- Circuitul SAU - NU (nici) – este un circuit SAU combinat cu un inversor cu mai multe intrări. Este circuitul SAU negat.
- Circuitul ȘI-NU (numai) – este un circuit ȘI combinat cu un inversor.

Circuitele logice pot fi realizate cu diode semiconductoare și rezistențe, cu tranzistoare și rezistențe sau cu tranzistoare și diode.

2.3. Dispozitivul de afișare

Dispozitivul de afișare este comandat de semnalul de la ieșirea decodorului și afișează numeric măsurarea. Cele mai frecvente dispozitive de afișare sunt:

- dispozitive de afișare cu tuburi NIXIE (digitroane);
- dispozitive de afișare cu diode electroluminiscente (LED-uri);
- dispozitive de afișare cu cristale lichide.
- Tuburile Nixie – sunt tuburi de gaz care au 10 catozi și un anod. Catozii sunt confecționați dintr-un conductor subțire din crom-nichel și au forma unor simboluri zecimale de la 0 la 9. Sunt așezați unul în fața celuilalt, iar lățimea de luminiscentă este mai mare decât grosimea conductorului din care este confecționat catodul. Au dezavantajul că tensiunea de aprindere este de circa 170V.
- Diodele electroluminiscente (LED)- sunt diode semiconductoare cu proprietatea de a emite lumina când sunt în stare de conducție. În funcție de semiconductorul folosit lumina poate avea diferite culori (roșu, galben, portocaliu).
- Cristalele lichide – sunt substanțe aflate într-o stare intermediară între solid și lichid, curg precum lichidele și au structură precum cristalele. Au proprietatea că sub acțiunea câmpurilor magnetice sau electrice își schimbă transparența sau culoarea. Grosimea stratului de lichid este cuprinsă între 6μm-25μm. Aceste dispozitive au următoarele avantaje:
 - consum de energie foarte mic;
 - tensiune de alimentare mică (câțiva volți);
 - dimensiuni reduse;
 - cost redus.

3. Multimetrul digital

Multimetrul digital poate măsura mai multe tipuri de mărimi electrice. În cadrul laboratoarelor, acest aparat se va utiliza pentru măsurarea:

- rezistențelor – în acest caz aparatul se utilizează ca ohmmetru;
- tensiunilor continue – în acest caz aparatul se utilizează ca voltmetru.

Multimetrul digital care va fi utilizat în cadrul lucrărilor de laborator este prezentat în figura 1.



Fig. 1

Panoul frontal al aparatului este divizat în mai multe secțiuni, care delimitează tipul mărimii electrice măsurate. Tipul mărimii electrice care urmează a fi măsurate se selectează din comutatorul [1]. În cadrul fiecărei secțiuni sunt indicate mai multe valori numerice – acestea se numesc game de măsură. Mărimia electrică vizată se măsoară introducând în circuit testerele aparatului (așa cum se va preciza mai jos), conectate la bornele acestuia: testerul roșu la borna “+”, iar testerul negru la borna “-”. Valoarea mărimii electrice măsurate este precizată pe ecranul aparatului. În cadrul valorii afișate, punctul indică virgula.

a. Măsurarea rezistențelor se realizează astfel:

1. comutatorul aparatului trebuie poziționat în dreptul gamei de măsură maxime, indicată prin valoarea 2000k, din secțiunea indicată prin simbolul Ω sau prin textul Ohm;
2. se scoate rezistorul din circuit;
3. se aplică testerele aparatului, fiecare pe câte un terminal al rezistorului;
4. se citește valoarea rezistenței pe ecranul aparatului; în cazul în care valoarea indicată pe ecran nu este suficient de precisă (lipsesc zecimalele), se selectează din comutatorul [1] gama de măsură de valoare imediat inferioară (de exemplu, 200k). Procedeu se repetă până când valoarea indicată pe ecran este suficient de precisă (conține zecimale).
5. valoarea indicată pe ecranul aparatului depinde de gama de măsură selectată:
 - a. pe gamele indicate cu litera k, valoarea rezistenței este indicată în kilohmi;
 - b. pe gamele indicate numai cu valori numerice (fără alte litere), valoarea rezistenței este indicată în ohmi.

b. Măsurarea tensiunilor continue se realizează astfel:

1. comutatorul aparatului trebuie poziționat în dreptul gamei de măsură maxime, indicată prin valoarea 1000, din secțiunea indicată prin simbolul $V=$ sau prin textul DCV;
2. se aplică testerele aparatului, în PARALEL cu elementul de circuit de pe care se măsoară tensiunea, cu testerul conectat la borna “+” a aparatului (testerul roșu) la potențialul superior al tensiunii măsurate și cu testerul conectat la borna “-” a aparatului (testerul negru) la potențialul inferior al tensiunii măsurate (în cadrul laboratoarelor, se va indica de fiecare dată modul în care trebuie conectat voltmetrul în circuit);
3. se citește valoarea tensiunii continue pe ecranul aparatului; în cazul în care valoarea indicată pe ecran nu este suficient de precisă (lipsesc zecimalele), se selectează din comutatorul 1 gama de măsură de valoare imediat inferioară (de exemplu, 200). Procedeu se repetă până când valoarea indicată pe ecran este suficient de precisă (conține zecimale).
4. valoarea indicată pe ecranul aparatului depinde de gama de măsură selectată:
 - a. pe gamele indicate numai cu valori numerice (fără alte litere), valoarea rezistenței este indicată în volți.
 - b. pe gamele indicate cu litera m, valoarea rezistenței este indicată în milivolți;

Bibliografie

1. Eugenia Isac-Măsurări electrice și electronice, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1991
2. ILIESCU, C. Măsurări electrice și electronice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984.
3. Manolescu, P., Carmen Ionescu Golovanov. Măsurări electrice și electronice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980
4. Măsurări electrice și electronice / Costin Cepișcă. - București : ICPE, 1997