

# Lucrarea 1

## Utilizarea aparatelor analogice de măsură

### 1. Obiectivul lucrării

Lucrarea are drept scop deprinderea utilizării corecte a aparatelor analogice de măsură (ampermetre, voltmetre, wattmetre, multimetre) din punct de vedere al conectării în circuit, citirii și prelucrării informațiilor de măsurare.

### 2. Principii teoretice

Aparatele analogice de măsură sunt aparate care au ca mărime de intrare mărimea electrică de măsurat, iar ca mărime de ieșire deviația unui ac indicator în raport cu o scală gradată. Caracterul analogic este dictat de mișcarea continuă a acului indicator pe tot parcursul scalei gradate.

Aparatele analogice sunt marcate cu o serie de simboluri convenționale a căror cunoaștere este absolut necesară bunei utilizări a acestora. În figura 1 se prezintă un exemplu pe baza căruia se vor discuta simbolurile întâlnite.

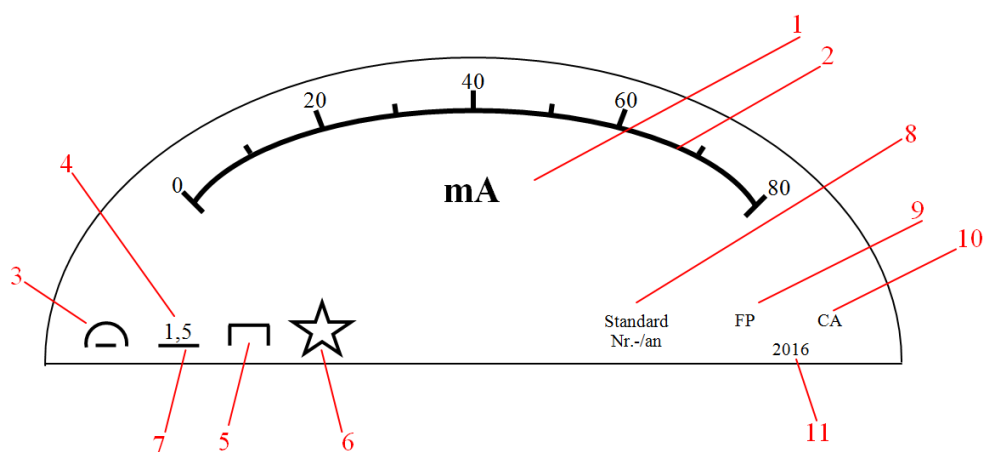


Fig. 1

- 1 - mărimea de măsurat;
- 2 - scala aparatului poate fi de mai multe tipuri: liniară (cea mai uzuală), pătratică, exponențială, logaritmică;
- 3 - tipul funcțional al instrumentului;
- 4 - clasa de precizie;
- 5 - poziția de funcționare;
- 6 - tensiunea de încercare a rigidității dielectrice (în kV);
- 7 - curentul de funcționare;
- 8 - normativul de standardizare al instrumentului;
- 9 - firma producătoare;
- 10 - codul de construcție al instrumentului;
- 11 - anul fabricației.

Identificarea simbolurilor prezente permite folosirea corectă a aparatului în acord cu limitările sale constructive.

Ampermetrele sunt destinate măsurării directe a curentului electric. Ele se conectează în serie, în circuit, ca în figura 2.a, au rezistența internă foarte mică ( $R_a$  tinde spre 0), iar valoarea curentului măsurat este proporțională cu valoarea deviației elementului indicator pe scală.

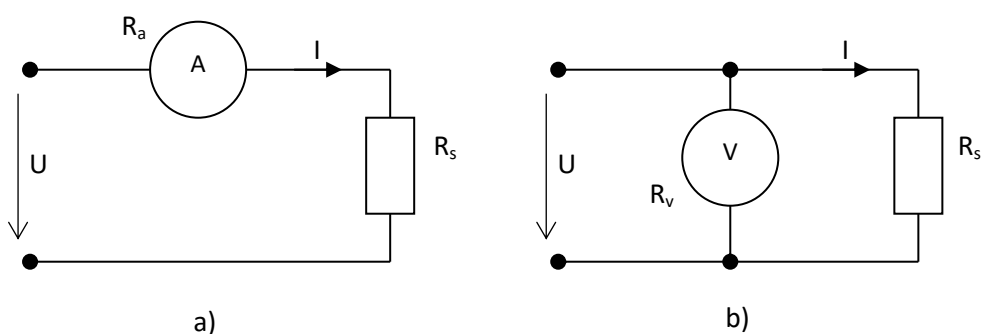


Fig. 2

Ampermetrele nu se conectează niciodată în paralel cu sursa de alimentare deoarece curentul prin aparat ar crește foarte mult, iar acesta s-ar comporta ca un scurtcircuit la bornele sursei. În cazul unui astfel de scurtcircuit circuitul s-ar deteriora.

$$I_a = \lim_{R_a \rightarrow 0} \frac{U(R_a + R_s)}{R_a R_s} = \infty \quad (1)$$

Voltmetrele sunt destinate măsurării directe a tensiunii electrice, se conectează în circuit în paralel cu sursa de alimentare (ca în figura 2.b) și au rezistența internă foarte mare (teoretic  $R_v$  tinde la  $\infty$ ). Dacă voltmetrul se conectează în serie, atunci circuitul se comportă ca un circuit deschis:

$$I = \lim_{R_v \rightarrow \infty} \frac{U}{R_v + R_s} = 0 \quad (2)$$

Spre deosebire de cazul anterior, conectarea incorectă a voltmetrului nu produce deteriorări în circuit.

Wattmetrele sunt destinate măsurării directe a puterii active consumate într-un circuit. Wattmetrele au două bobine (una de curent și una de tensiune). În circuitul de măsură, bobina de curent se conectează în serie, iar cea de tensiune se conectează în paralel, ca în figura 3. Deviația elementului indicator este proporțională cu puterea activă ( $P=U \cdot I \cdot \cos\phi$ ) consumată în circuit, dependentă de unghiul de defazaj " $\phi$ " dintre tensiune și curent. Bobina de tensiune se poate conecta înaintea celei de curent (montaj amonte – fig. 3.a) sau după aceasta (montaj aval – fig. 3.b).

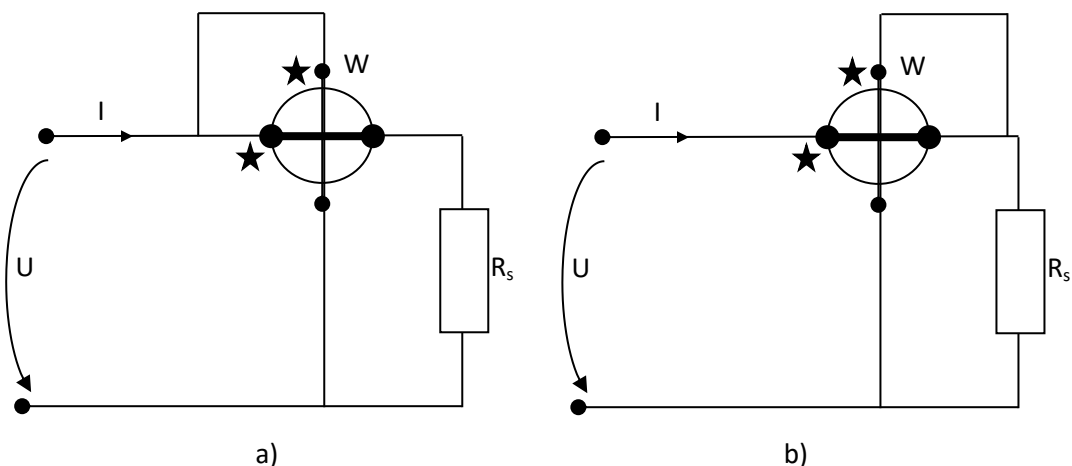


Fig. 3

Ohmetrele sunt destinate măsurării directe a rezistenței electrice și în general sunt alcătuite dintr-un miliampermetru indicator și o sursă de alimentare. Aparatul indicator se poate monta în serie cu rezistența necunoscută (fig. 4.a) sau în paralel cu aceasta (fig. 4.b), scala aparatului fiind gradată invers (de la  $\infty$  la 0), respectiv direct (de la 0 la  $\infty$ ). Reglajul inițial al

aparaturii se face cu comutatorul "k" închis și rezistența necunoscută deconectată pe reperul zero (ohmetre serie), respectiv  $\infty$  (ohmetre paralel) cu ajutorul rezistenței variabile R. După aceasta la bornele aparatului se conectează rezistența necunoscută și se citește valoarea corespunzătoare în dreptul deviației elementului indicator.

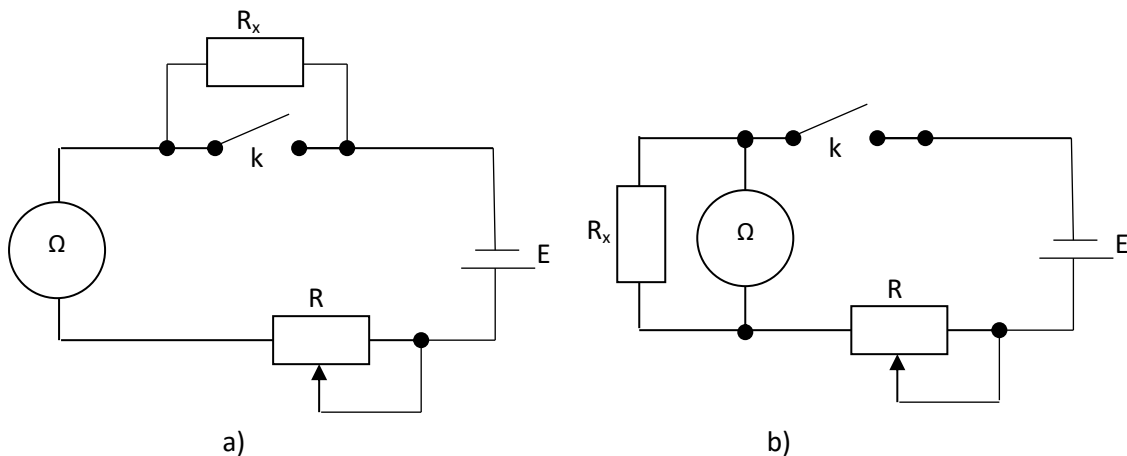


Fig. 4

### 3. Scheme de montaj

Pentru studiul utilizării ampermetrelor se va realiza schema de montaj din figura 5, folosind următoarele aparate:

ATR - autotransformator, 0-260 V, 8 A;

A - ampermetru de c. a., domeniile 0-1-5 A;

Rp - reostat de protecție pentru limitarea curentului, 29  $\Omega$ , 5 A;

Rs1, Rs2 - reostate de sarcină, 75  $\Omega$ , 3 A, respectiv 29  $\Omega$ , 5 A;

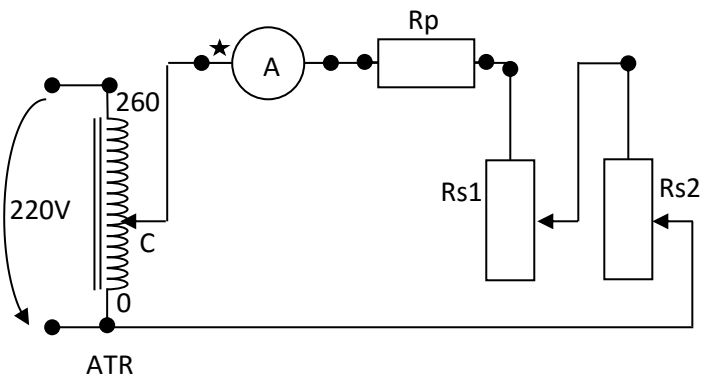


Fig. 5

Utilizarea voltmetrelor se studiază pe baza schemei de montaj din figura 6, folosind următoarele aparate:

ATR - autotransformator, 0-260 V, 8 A;

V - voltmetru de c. a, domeniile 0-150-300 V;

Rp - reostat de protecție, 29  $\Omega$ , 5 A;

Rs - reostat de sarcină , 440  $\Omega$ , 1, 3 A.

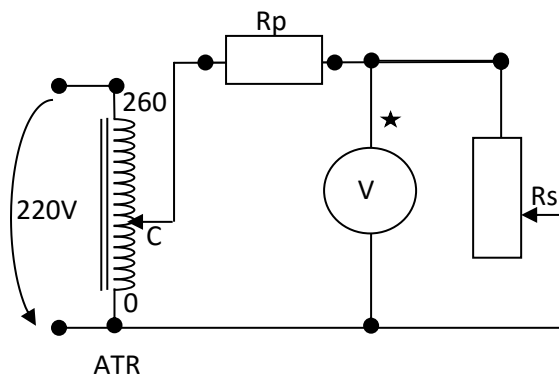


Fig. 6

Pentru studiul utilizării wattmetrelor se realizează schema de montaj din figura 7 cu următoarele aparate necesare:

ATR - autotransformator, 0-260 V, 8 A;

V - voltmetru de c.a., domeniile 0-150-300 V;

A - ampermetru de c.a., domeniul 0-5 A;

W - wattmetru de c.a., domeniile 0-150-300 V, 0-5 A;

Rs1 - reostat de sarcină, 75  $\Omega$ , 3 A;

Rs2, Rs3 - reostate de sarcină, 29  $\Omega$ , 5 A.

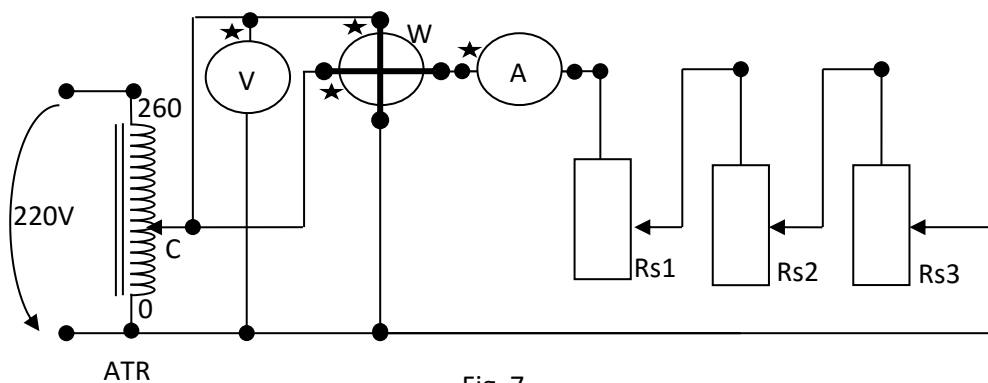


Fig. 7

Pentru a studia utilizarea ohmetrelor se va utiliza schema de montaj din figura 8, .cu următoarele aparate:

$\Omega$  - ohmetru indicator, tip MAV0-35;

Rx - cutie de rezistențe decadice, 0-111.111  $\Omega$ .

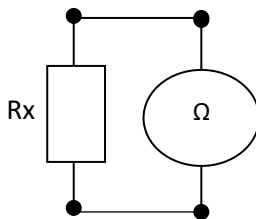


Fig. 8

#### 4. Mersul lucrării

Pentru măsurarea curenților și tensiunilor se realizează schemele de montaj din figurile 5, respectiv 6. Înainte de punerea schemelor sub tensiune se verifică pozițiile cursoroarelor, astfel că la autotransformator cursorul să fie pe "0" iar la reostate pe poziția de rezistență maximă. Prin reglarea tensiunii de alimentare (din cursorul C al autotransformatorului) și a rezistențelor de sarcină Rs1, Rs2 (numai la măsurarea curenților), se modifică valorile curenților sau tensiunilor măsurate între zero și mărimea nominală a aparatelor de măsura, citindu-se un număr de minim 10 valori pe scala acestora. Rezultatele obținute se trec în tabele de forma tabelului 1. Valoarea nominală reprezintă valoarea rotunjită sau aproximativă a unei caracteristici a unui mijloc de măsurare care servește orientativ pentru utilizarea acestuia.

Pentru măsurarea puterilor se realizează schema de montaj din figura 7. Înainte de punerea schemei sub tensiune se verifică pozițiile inițiale ale autotransformatorului și reostatelor, la fel ca la măsurările anterioare. După punerea schemei sub tensiune se reglează, cu ajutorul cursorului autotransformatorului, o valoare de tensiune (citită pe voltmetrul V) corespunzătoare tensiunii nominale a wattmetrului. Cu ajutorul reostatelor Rs1, Rs2 și Rs3 se reglează curentul prin wattmetru pentru a obține un număr de minimum 10 puncte de măsură pe scala aparatului.

ATENȚIE: Se va urmări în permanență valoarea curentului în circuitul de măsură (pe ampermetrul A), astfel încât aceasta să nu depășească valorile nominale ale reostatelor și ale bobinei de curent a wattmetrului. Dacă este necesară realizarea unui curent de lucru mai mare decât curentul nominal al unuia dintre reostate, atunci acesta se scurtcircuitază prin tragerea cursorului pe inelele de alimentare și apoi se continuă măsurarea. NU se admite depășirea curentului nominal al wattmetrului în nicio situație.

Rezultatele obținute se trec într-un tabel de forma tabelului 1.

Tabelul 1

| Nr. Crt. | Wattmetru      |               |                |              | Ampermetru     |               | Voltmetru      |               |
|----------|----------------|---------------|----------------|--------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
|          | Deviația [div] | Val. măs. [W] | Val. adev. [W] | Er. rel. [%] | Deviația [div] | Val. măs. [A] | Deviația [div] | Val. măs. [V] |
| 1        |                |               |                |              |                |               |                |               |
| 2        |                |               |                |              |                |               |                |               |
| 3        |                |               |                |              |                |               |                |               |
| 4        |                |               |                |              |                |               |                |               |
| 5        |                |               |                |              |                |               |                |               |
| 6        |                |               |                |              |                |               |                |               |
| 7        |                |               |                |              |                |               |                |               |
| 8        |                |               |                |              |                |               |                |               |
| 9        |                |               |                |              |                |               |                |               |
| 10       |                |               |                |              |                |               |                |               |

Wattmetru:  
clasa de precizie=

Ampermetru:  
clasa de precizie=

Voltmetru:  
clasa de precizie=

La măsurarea rezistențelor se realizează schema de montaj din figura 8. Cu ajutorul cutiei decadice de rezistențe se măsoară un număr de minimum 10 valori pe scala aparatului. Rezultatele obținute se trec într-un tabel de forma tabelului 2

Tabelul 2

| Nr. crt. | Dom.     | Cls. de prec. | Deviația   | Val. Măs. | Eroarea absolută      | Eroarea relativă      | Val. Adv.                  |
|----------|----------|---------------|------------|-----------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
|          | R<br>[Ω] | c<br>[%]      | α<br>[div] | Rm<br>[Ω] | ε <sub>a</sub><br>[Ω] | ε <sub>r</sub><br>[%] | Rm ± ε <sub>a</sub><br>[Ω] |
| 1        |          |               |            |           |                       |                       |                            |
| 2        |          |               |            |           |                       |                       |                            |
| 3        |          |               |            |           |                       |                       |                            |
| 4        |          |               |            |           |                       |                       |                            |
| 5        |          |               |            |           |                       |                       |                            |
| 6        |          |               |            |           |                       |                       |                            |
| 7        |          |               |            |           |                       |                       |                            |
| 8        |          |               |            |           |                       |                       |                            |
| 9        |          |               |            |           |                       |                       |                            |
| 10       |          |               |            |           |                       |                       |                            |

## 5. Rezultate experimentale și calculate

În cazul ampermetrelor, voltmetrelor și ohmetrelor, constanta aparatului se determină ca raport între domeniul de măsurare și deviația totală:

$$C = \frac{X_N}{\alpha_t} \quad [x]/div. \quad (3)$$

iar valoarea măsurată (indicată) se determină cu relația:

$$x_m = C\alpha \quad (4)$$

Pentru wattmetre, domeniul de măsurare se calculează ca produs între domeniul de tensiune și cel de curent, iar constanta aparatului este:

$$C = \frac{X_N}{\alpha_t} = \frac{U_N I_N}{\alpha_t} \quad [W]/div. \quad (5)$$

Valoarea măsurată se determină tot cu relația (4).

Eroarea absolută maximă la măsurarea cu ampermetre, voltmetre, wattmetre, se determină în funcție de clasa de precizie "c" a aparatului cu relația:



$$e_a = \pm \frac{cX_N}{100} \quad [X] \quad (6)$$

În cazul ohmetrului utilizat în lucrare, clasa de precizie este dată în procente din lungimea porțiunii de lucru a scalei gradate. Din această cauză, eroarea absolută maximă a măsurării este dată de relația:

$$e_a = \pm \frac{c}{100} \frac{L}{l} \quad [\Omega] \quad (7)$$

unde "l" este lungimea, în [mm] a intervalului de scală care revine unei unități în punctul de măsurare, iar "L" este lungimea porțiunii de lucru a scalei gradate în (mm). Pentru determinarea lui "l" și "L" se poate folosi orice procedeu care nu necesită deschiderea aparatului de măsură.

Eroarea relativă maximă a măsurărilor se calculează, în cazurile ampermetrelor, voltmetrelor și wattmetrelor cu relația:

$$e_r = \pm \frac{cX_N}{x_m} \quad [\%] \quad (8)$$

iar în cazul ohmetrelor cu relația:

$$e_r = \pm \frac{e_a}{R_o} 100 \quad [\%] \quad (9)$$

În toate cazurile, domeniul de existență al valorii de referință a mărimii măsurate este  $x_m \pm e_a$ .

După efectuarea măsurărilor și calculul rezultatelor, se vor trasa grafic (în fiecare caz) variațiile erorii relative maxime în raport cu mărimea măsurată  $e_r = f(x_m)$

## 6. Analiza rezultatelor

În urma efectuării lucrării se vor analiza rezultatele obținute și se vor formula concluzii referitoare la:

- Conectarea în circuit a aparatelor analogice
- Precizia de măsurare a acestor aparate
- Utilizarea corectă a aparatelor analogice pe diverse domenii ale scalei.

## 7. Notatii

Tabelul 3 prezintă notațiile folosite în această lucrare.

Tabelul 3

| Termen    | Explicație   |
|-----------|--|
| A         | ampermetru   |
| $a_t$     | deviația totală a aparatului   |
| c         | clasa de precizie a aparatului   |
| C         | constanta aparatului   |
| $e_a$     | eroarea absolută   |
| $e_r$     | eroarea relativă   |
| I         | curentul prin voltmetru  |
| $I_a$     | curentul prin ampermetru   |
| $I_N$     | domeniul de tensiune al wattmetrului   |
| $k_d$     | coeficientul de distorsiune  |
| $k_f$     | factorul de formă  |
| $k_v$     | coeficientul de vârf   |
| l         | lungimea, în [mm] a intervalului de scală care revine unei unități în punctul de măsurare la ohmetru |
| L         | lungimea porțiunii de lucru a scalei gradate în (mm) la ohmetru                                      |
| $R_a$     | rezistența internă a ampermetrului   |
| $R_o$     | rezistența internă a ohmetrului  |
| $R_s$     | rezistența de sarcină  |
| T         | perioada   |
| U         | tensiune   |
| $U_N$     | domeniul de tensiunea al wattmetrului  |
| V         | voltmetru  |
| W         | wattmetru  |
| x         | mărimea de intrare   |
| X         | valoarea efectivă  |
| $X_0$     | componenta continuă a mărimii măsurate   |
| $X_A$     | mărimea afișată de aparat  |
| $x_i$     | valoarea indicată de multimetrul numeric   |
| $x_m$     | valoarea măsurată (indicată) a aparatului  |
| $X_{med}$ | valoarea medie   |
| $X_N$     | domeniul de măsurare al aparatului   |
| $x(t)$    | mărimea alternativă de măsurat   |
| $x_p(t)$  | componenta periodică variabilă în timp a mărimii măsurate  |

# Utilizarea aparatelor numerice de măsură

## 1. Obiectivul lucrării

Lucrarea are drept scop prezentarea unor principii generale privind utilizarea aparatelor numerice de măsură.

## 2. Principii teoretice

### 2.1 Specificațiile aparatelor numerice

Aparatele de măsură numerice prezintă rezultatul măsurării, după cum se vede din denumire, sub o formă numerică. Și în cazul lor, conectarea în circuit se face după funcția realizată: ampermetrele în serie, voltmetrele în paralel, iar wattmetrele în circuitul de curent în serie și în cel de tensiune în paralel cu sarcina pe care se face măsurarea.

Domeniul nominal reprezintă o valoare aleasă de constructor și se exprimă de obicei prin puteri ale lui 10 : 0,1 - 1-... .Gama de măsurare este cuprinsă între limitele minimă și maximă măsurabile, pentru care aparatul își păstrează caracteristicile.

Valoarea măsurată se afișează pe un anumit număr de digiți, un digit reprezentând un element al afișajului care permite vizualizarea cifrelor de la 0 la 9. O fracțiune de digit permite afișarea numai a unui anumit număr de cifre între 0 și 9, astfel că pe:

- 1/2 digiți se pot afișa cifrele 0, 1;
- 2/3 digiți se pot afișa cifrele 0, 1, 2;
- 3/4 digiți se pot afișa cifrele 0, 1, 2, 3;

Numărul de puncte este numărul de rezultate diferite care pot fi reprezentate pe afișaj fără a ține cont de virgula zecimală. Astfel pe un digit se pot afișa 10 puncte de măsurare, iar pe un aparat cu 3 1/2 digiți se pot afișa

2000 de rezultate diferite (0000 ... 1999). Rezoluția aparatului este cea mai mică diferență de valori măsurabilă, și este egală cu valoarea unui punct. Valoarea minimă măsurabilă (valoarea de prag) poate fi egală cu rezoluția aparatului, dar la aparatele la care eroarea constantă este mai mare decât un punct și valoarea minimă măsurabilă este mai ridicată.

În ceea ce privește erorile de măsurare, se disting trei categorii mai importante:

- eroarea proprie a aparatului;
- eroarea de lectură, datorată modificării ultimului digit cu +/- un punct, de exemplu din cauza perturbațiilor;
- eroarea datorată rezoluției finite a aparatului.

Aparatele numerice au de obicei două întrări, una pentru semnale continue (DC sau =) și una pentru semnale alternative (AC sau ≈). Pe intrarea de c.c. (DC), aparatul afișează valoarea medie a semnalului de intrare, adică:

$$X_A = \bar{x} = X_o + \frac{1}{T} \int_0^T x_p(t) dt \quad (1)$$

unde:

x - mărimea de intrare;

$X_A$  - mărimea afișată de aparat;

$X_o$  - componenta continuă a mărimii măsurate;

$x_p(t)$  – componenta periodică variabilă în timp a mărimii măsurate;

T – perioada.

Pe intrarea de c a (AC) valoarea afișată poate fi valoarea efectivă a mărimii măsurate, calculată cu relația:

$$X_A = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} \quad (2)$$

sau valoarea efectivă calculată pe baza valorii medii și a factorului de formă pentru mărimea măsurată, cu relația:

$$X_A = k_f \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt \quad (3)$$

unde:

$x(t)$  –mărimea alternativă de măsurat;

$k_f$  – factorul de formă al acesteia;

$T$  – perioada.

În acest ultim caz, aparatele afișează practic valoarea efectivă a sinusului corespunzător valorii medii a mărimii măsurate, iar aparatul se calibrează pentru factorul de formă al sinusului  $k_f = \pi/2\sqrt{2} \approx 1,11$ .

Parametrii caracteristici unei mărimi variabile în timp  $x(t)$  cu perioada “ $T$ ” sunt următorii:

- valoarea maximă:  $X_{\max} = X_m$ ;
- valoarea efectivă:

$$X = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} \quad (4)$$

- valoarea medie:

$$X_{med} = \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt \quad (5)$$

- coeficientul de vârf:  $k_v = X_m/X$ ;
- coeficientul de formă:  $k_f = X/X_{med}$ ;
- coeficientul de distorsiune:

$$k_d = \frac{\sqrt{X^2 - X_i^2}}{X} \quad (6)$$

## 2.2 Descrierea multimetrului numeric

În figura 1 este prezentat multimetrul numeric BK Precision 5491/5492, care are următoarele elemente componente:

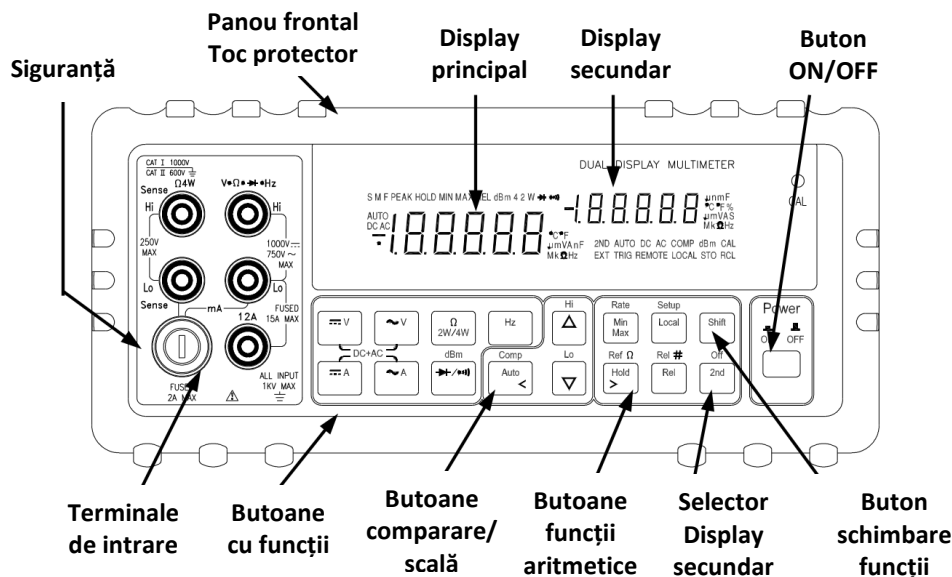


Fig. 1

Pentru realizarea schemelor de montaj se va folosi o sursa de tensiune reglabilă de tip BK Precision 9110, așa cum este prezentată în figura 2:

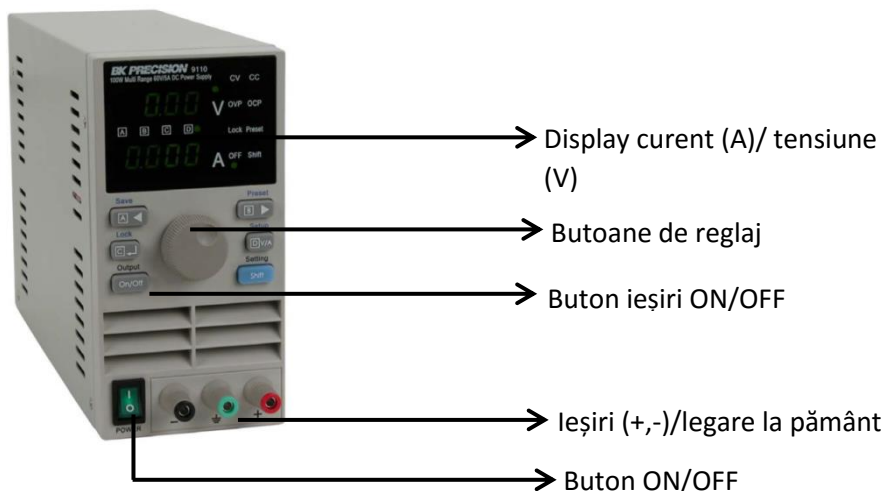


Fig. 2

### 3. Schema de montaj

Pentru studiul utilizării aparatului ca voltmetru numeric se realizează schema de montaj din figura 3, folosindu-se următoarele aparate:

STC – sursa de tensiune continuă BK Precision 9110, reglabilă, 0-60 V, 5 A;

Rr – reostat de reglaj, 1500  $\Omega$ , 0.7 A;

VN – multimetru numeric BK Precision 5491/5492;

Ve – voltmetru etalon,  $c=0.2$ .

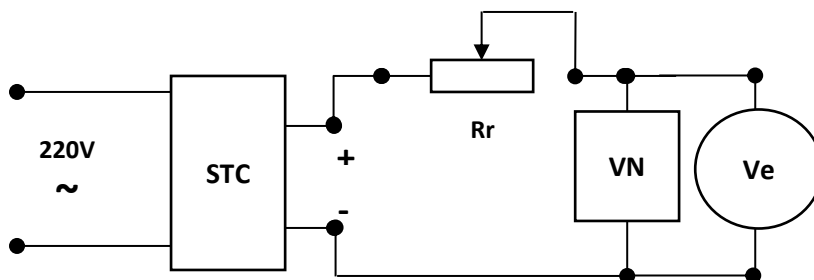


Fig. 3

Pentru aceasta schemă de montaj multimetrul digital va fi legat în conexiunea prezentată în figura următoare (fig. 4):

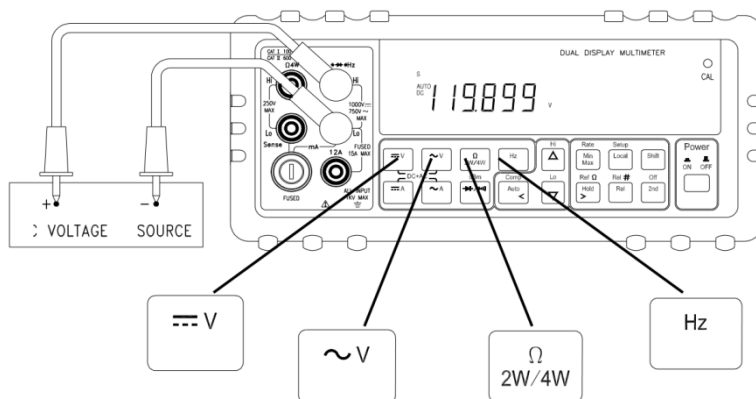


Fig. 4

Pentru studiul utilizării aparatului ca ampermetru numeric se realizează schema de montaj din figura 5, folosindu-se următoarele aparate:

STC – sursă de tensiune continuă BK Precision 9110, reglabilă, 0-60 V, 5 A;  
 Rr – reostat de reglaj, 440  $\Omega$ , 1.3 A;  
 AN – multimetru numeric BK Precision 5491/5492;  
 Ae – ampermetru etalon,  $c=0.2$ .

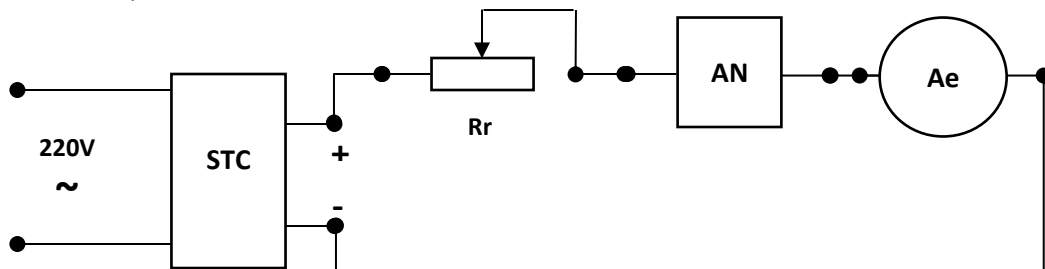


Fig. 5

Pentru aceasta schemă de montaj multimetrul digital va fi legat în conexiunea prezentată în figura următoare (fig. 6):

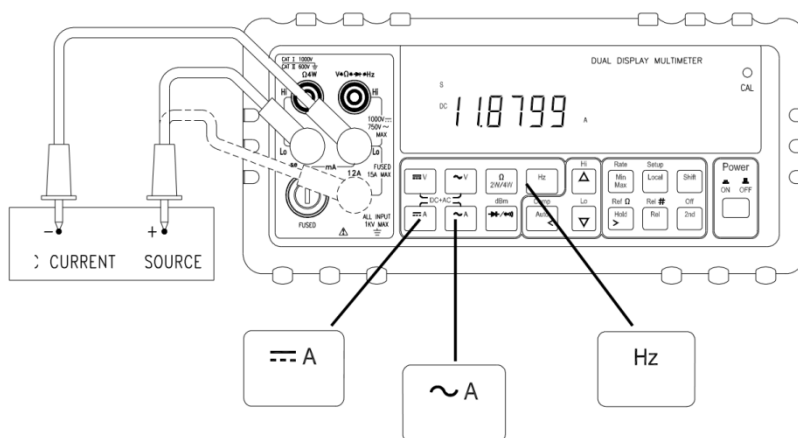


Fig. 6

Pentru studiul ohmetrului numeric (multimetru numeric BK Precision 5491/5492), se va utiliza o cutie de rezistențe decadice R, legată la bornele multimetrului numeric ca în figura 7.

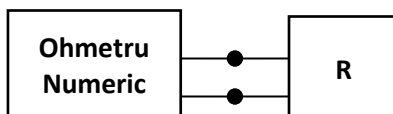


Fig. 7



Pentru aceasta schemă de montaj multimetrul digital va fi legat în conexiunea prezentată în figura următoare (fig. 8).

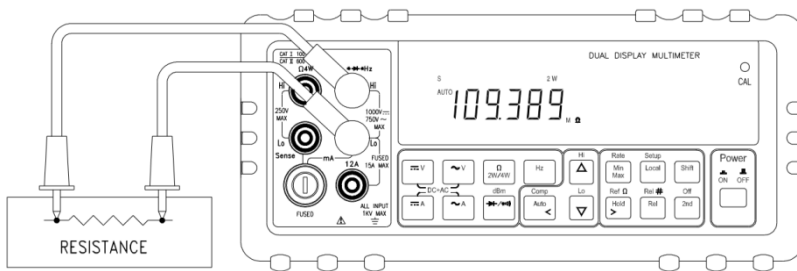


Fig. 8

#### 4. Mersul lucrării

Voltmetrele numerice se studiază cu ajutorul schemei de montaj din figura 3. Prin reglarea tensiunii generate de sursă (reglaj brut), și prin deplasarea cursorului reostatului de reglare  $R_r$  (reglaj fin), se aleg un număr de minim 10 valori măsurate, corespunzând unor diviziuni principale ale voltmetrului etalon. Se citesc indicațiile voltmetrului numeric, iar rezultatele se trec într-un tabel de forma tabelului 1.

Tabelul 1

[illegible]

Notatii:

Um – tensiunea măsurată cu voltmetrul numeric

$U_e$  – tensiunea măsurată cu voltmetrul etalon

$e_a$  – eroarea absolută calculată  
 $e_{ae}$  – eroarea absolută față de voltmetrul etalon  
 $e_r$  – eroarea relativă calculată  
 $e_{re}$  – eroarea relativă față de voltmetrul etalon

Pentru studiul utilizării ampermetrului numeric se realizează schema de montaj din figura 5. Prin reglarea tensiunii generate de sursă și a cursorului reostatului  $R_r$ , se aleg un număr de minim 10 valori măsurate astfel încât acestea să corespundă unor diviziuni principale ale ampermetrului etalon. Valorile indicate de ampermetrul numeric se trec într-un tabel de forma tabelului 2. **Se va acorda atenție la manevrarea reostatului, deoarece scurtcircuitarea acestuia conduce la deteriorarea aparatelor din montaj!**

Tabelul 2

| Domeniul | $I_m$ [V] | $I_e$ [V] | $e_a$ [V] | $e_{ae}$ [V] | $e_r$ [%] | $e_{re}$ [%] |
|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|--------------|
|          |           |           |           |              |           |              |
|          |           |           |           |              |           |              |
|          |           |           |           |              |           |              |
|          |           |           |           |              |           |              |
|          |           |           |           |              |           |              |
|          |           |           |           |              |           |              |
|          |           |           |           |              |           |              |
|          |           |           |           |              |           |              |
|          |           |           |           |              |           |              |
|          |           |           |           |              |           |              |

Notații:

$I_m$  – intensitatea curentului electric măsurată cu ampermetrul numeric  
 $I_e$  – intensitatea curentului electric măsurată cu ampermetrul etalon  
 $e_a$  – eroarea absolută calculată  
 $e_{ae}$  – eroarea absolută față de ampermetrul etalon  
 $e_r$  – eroarea relativă calculată  
 $e_{re}$  – eroarea relativă față de ampermetrul etalon

În cazul ohmetrului numeric se realizează schema de montaj din figura 7; cu ajutorul cutiei de rezistențe  $R$  se aleg un număr minim de 10 valori necunoscute de măsurat, iar valorile indicate de ohmetru se trec într-un tabel

de forma tabelului 3. În acest caz valoarea etalon va fi considerată valoarea inscripționată pe cutia de rezistențe.

Tabelul 3

| Domeniul | R <sub>m</sub> [V] | R <sub>e</sub> [V] | e <sub>a</sub> [V] | e <sub>ae</sub> [V] | e <sub>r</sub> [%] | e <sub>re</sub> [%] |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |
|          |                    |                    |                    |                     |                    |                     |

Notății:

R<sub>m</sub> – rezistența măsurată cu ohmmetrul numeric

R<sub>e</sub> – rezistența măsurată cu ohmmetrul etalon

e<sub>a</sub> – eroarea absolută calculată

e<sub>ae</sub> – eroarea absolută față de ohmmetrul etalon

e<sub>r</sub> – eroarea relativă calculată

e<sub>re</sub> – eroarea relativă față de ohmmetrul etalon

## 5. Rezultate experimentale și calculate

Erorile de măsurare absolute ale multimetrului numeric în raport cu specificațiile din cartea tehnică se calculează în funcție de domenii cu următoarele relații:

- domeniile 0.120 - 1000 V c.c.:

$$e_a = \pm 0,02\% x_i \pm 0,2\% X_N \quad [V] \quad (7)$$

- domeniile 0.012 – 0,120 mA c.c.:

$$e_a = \pm 0,1\% x_i \pm 0,2\% X_N \quad [mA] \quad (8)$$

- domeniile 0.120 – 12 A c.c.:

$$e_a = \pm 0,5\%x_i \pm 0,2\%X_N \quad [A] \quad (9)$$

- domeniul 120  $\Omega$ :

$$e_a = \pm 0,15\%x_i \pm 0,2\%X_N \quad [\Omega] \quad (10)$$

- domeniile 0.120 - 1200 k $\Omega$ :

$$e_a = \pm 0,12\%x_i \pm 0,2\%X_N \quad [K\Omega] \quad (11)$$

- domeniile 1.20 - 12 M $\Omega$ :

$$e_a = 0,5\%x_i \pm 0,2\%X_N \quad [M\Omega] \quad (12)$$

În relațiile (7) - (12), mărimile care intervin sunt :  $e_a$  - eroarea absolută de măsurare;  $x_i$  - valoarea indicată de multimetrul numeric;  $X_N$  - valoarea nominală a domeniului pe care se face măsurarea.

Erorile absolute de măsurare în raport cu aparatul etalon se determină cu relația :

$$e_{ae} = x_i - x_e \quad [X] \quad (13)$$

unde  $x_e$  - valoarea indicată de aparatul etalon (sau valoarea înscrisă pe cutia de rezistențe, în cazul ohmetrului numeric).

Erorile relative se calculează conform definiției lor ca raport între eroarea absolută și valoarea de referință. Astfel, erorile relative în raport cu specificațiile din cartea tehnică se calculează cu relația:

$$e_r = \frac{e_{ae}}{x_i} 100 \quad [\%] \quad (14)$$

Iar erorile relative în raport cu aparatul etalon:

$$e_{re} = \frac{e_{ae}}{x_e} 100 \quad [\%] \quad (15)$$

După calculul erorilor și completarea tabelelor 1, 2 și 3 se trasează grafic curbele erorilor absolute și relative în raport cu specificațiile cărții tehnice, în funcție de mărimea măsurată.

În cazul măsurării mărimilor alternative trebuie luat în considerare faptul că multimetrul numeric BK Precision 5491/5492 măsoară valoarea efectivă a tensiunilor sinusoidale prin scalarea valorii medii (rel. 4.), valorile caracteristice se calculează cu relațiile :

$$U_{med} = \frac{U_i}{k_f \sin} \quad [V] \quad (16)$$

$$U = U_{med} k_f = \frac{k_f}{k_f \sin} u_i \quad [V] \quad (17)$$

$$U_m = U k_v = \frac{k_f k_v}{k_f \sin} u_i \quad [V] \quad (18)$$

## 6. Analiza rezultatelor

În urma efectuării lucrării, se vor analiza rezultatele obținute și se vor formula concluzii referitoare la erorile absolute și relative ale multimetrelor numerice.

## 7. Notății

Tabelul 4 prezintă notațiile folosite în această lucrare.

Tabelul 4

| Termen | Explicație                     |
|--------|--------------------------------|
| A      | ampermetru                     |
| $a_t$  | deviația totală a aparatului   |
| c      | clasa de precizie a aparatului |
| C      | constanta aparatului           |

|           |  |
|-----------|--|
| $e_a$     | eroarea absolută   |
| $e_r$     | eroarea relativă   |
| $I$       | curentul prin voltmetru  |
| $I_a$     | curentul prin ampermetru   |
| $I_N$     | domeniul de tensiune al wattmetrului   |
| $k_d$     | coeficientul de distorsiune  |
| $k_f$     | factorul de formă  |
| $k_v$     | coeficientul de vârf   |
| $l$       | lungimea, în [mm] a intervalului de scală care revine unei unități în punctul de măsurare la ohmetru |
| $L$       | lungimea porțiunii de lucru a scalei gradate în (mm) la ohmetru                                      |
| $R_a$     | rezistența internă a ampermetrului   |
| $R_o$     | rezistența internă a ohmetrului  |
| $R_s$     | rezistența de sarcină  |
| $T$       | perioada   |
| $U$       | tensiune   |
| $U_N$     | domeniul de tensiunea al wattmetrului  |
| $V$       | voltmetru  |
| $W$       | wattmetru  |
| $x$       | mărimea de intrare   |
| $X$       | valoarea efectivă  |
| $X_0$     | componenta continuă a mărimii măsurate   |
| $X_A$     | mărimea afișată de aparat  |
| $x_i$     | valoarea indicată de multimetrul numeric   |
| $x_m$     | valoarea măsurată (indicată) a aparatului  |
| $X_{med}$ | valoarea medie   |
| $X_N$     | domeniul de măsurare al aparatului   |
| $x(t)$    | mărimea alternativă de măsurat   |
| $x_p(t)$  | componenta periodică variabilă în timp a mărimii măsurate  |