

Lucrarea 7

Transformatoare de măsură de curent

1. Obiectivul lucrării

Lucrarea are drept scop prezentarea funcționării și conectării transformatoarelor de măsură de curent, precum și determinarea erorilor de indicație ale acestora.

2. Principii teoretice

Transformatoarele de măsură sunt transformatoare electrice speciale utilizate pentru extinderea domeniului aparatelor de măsură în c.a. Ampermetrele și wattmetrele de precizie nu permit măsurarea direct a curenților mai mari de 50 A, de aceea în astfel de cazuri se utilizează transformatoare de măsură de curent pentru extinderea domeniului de măsurare. Reprezentarea schematică și conectarea în circuit a unui astfel de transformator sunt prezentate în figura 1.

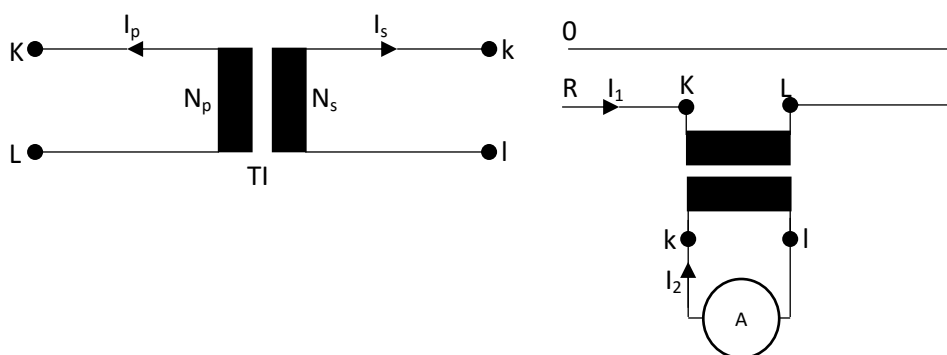


Fig. 1

Transformatorul de măsură de curent se înseriază cu înfășurarea primară pe unul din conductoarele rețelei pe care se măsoară curentul, iar în secundarul său se conectează aparatul de măsură. Înfășurarea secundară este calculată astfel încât în regim nominal curentul secundar să fie de 1 A sau 5 A. Practic, un astfel de transformator de curent este un transformator de putere

funcționând în regim apropiat de scurtcircuit, fiind coborâtor de curent și ridicător de tensiune.

Dacă notăm cu N_p - numărul de spire al înfășurării primare, iar cu N_s - numărul de spire al înfășurării secundare, atunci raportul real de transformare este:

$$k_I = \frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p} \quad (1)$$

Raportul nominal de transformare se definește pe baza valorilor nominale ale curenților:

$$k_{In} = \frac{I_{pn}}{I_{sn}} \quad (2)$$

și de obicei are înscrisă valoarea pe plăcuța indicatoare a transformatorului.

Pentru o anumită valoare de curent măsurată în secundar, I'_s valoarea curentului din primar se determină cu relația:

$$I'_p = k_{In} I'_s \quad (3)$$

Eroarea relativă cu care se face măsurarea curentului primar în acest caz este:

$$e_r = \frac{k_{In} - k_I}{k_I} \quad (4)$$

și constituie eroarea raportului de transformare.

Clasa de precizie a transformatorului de curent este o mărime convențională și se definește ca limita erorilor pe care trebuie să le respecte în condiții normale de funcționare, având deci o altă semnificație decât la aparatele analogice.

ATENȚIE: Transformatorul de măsură de curent este un transformator ridicător de tensiune, proiectat să lucreze în regim apropiat de scurtcircuit. Din această cauză este interzis să se utilizeze cu circuitul secundar deschis, deoarece apar

supraîncălzirea și arderea miezului înfășurărilor, precum și supratensiuni periculoase care pot produce electrocutări. Dacă transformatorul nu are conectat în secundar un aparat de măsură (ampermetru sau bobină de curent a unui wattmetru), atunci bornele secundarului se scurtcircuitază. Condiția de funcționare corectă a transformatorului de măsură de curent este ca suma rezistențelor aparatelor conectate în secundar să nu depășească rezistența proprie a secundarului. Practic în circuitul secundar se conectează un singur aparat, sau maxim două, astfel încât regimul de funcționare să fie cât mai apropiat de scurtcircuit.

În cadrul verificării transformatoarelor de măsură de curent se urmăresc starea generală (starea constructivă, rezistența de izolație), notația bornelor și erorile de indicație ale acestora.

3. Scheme de montaj

Pentru verificarea stării constructive este suficientă o inspecție vizuală a aparatului, care nu necesită niciun fel de alte mijloace.

Verificarea rezistenței de izolație între înfășurările transformatorului se face cu schema de montaj din figura 2 utilizând următoarele aparate:

TI - transformator de măsură de curent, de verificat;

Ω - ohmetru de tip multimetru numeric BK Precision 5491/5492.

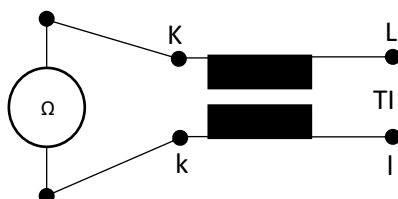


Fig. 2

Pentru verificarea notației bornelor se realizează schema de montaj din figura 3 folosind următoarele aparate:

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

R_h - rezistență de reglaj, 29 Ω , 5 A;

K - întrerupător monopolar;

V - voltmetru de c.c., multimetru numeric BK Precision 5491/5492;

TI - transformator de măsură de verificat.

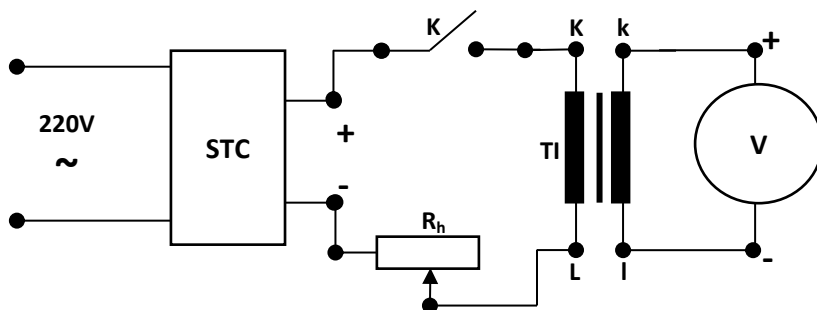


Fig. 3

Pentru determinarea erorilor de indicație ale transformatorului de măsură de curent se realizează schema de montaj din figura 4, cu următoarele aparate:

K - întrerupător bipolar capsulat;

R_p - reostat pentru reglarea curentului de alimentare;

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

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

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

TS - transformator de sarcină pentru alimentarea circuitului de curenți mari;

TI_e - transformator de măsură de curent, etalon, clasa de precizie 0.2, 0.5-100/5 A;

A_e - ampermetru de c.a., etalon, 0-5 A, clasa de precizie 0.2;

TI_v - transformator de măsură de curent, pentru verificat;

A_v - ampermetru de c.a., de verificat, 0-5 A, clasa de precizie 0.2;

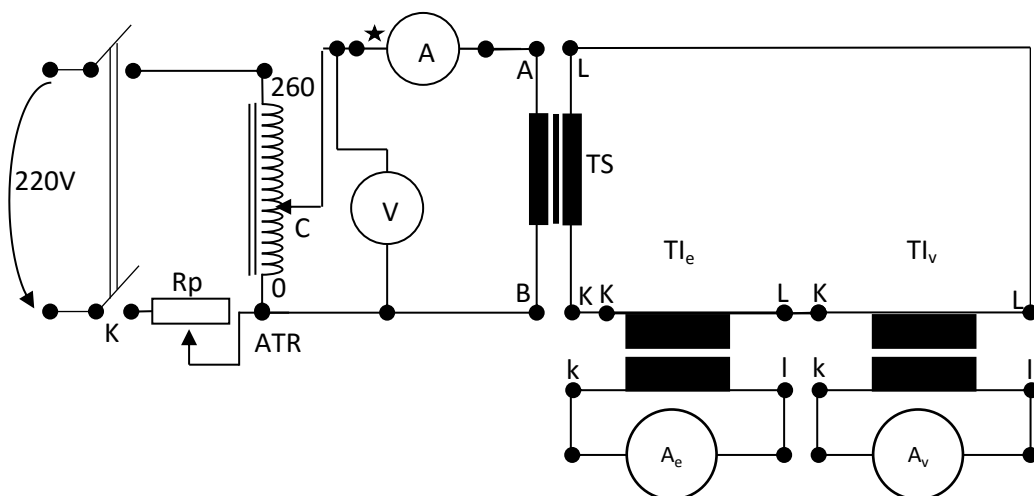


Fig. 4

4. Mersul lucrării

Verificarea stării constructive a transformatorului se face printr-o inspecție vizuală urmărind starea bornelor astfel încât acestea să nu prezinte deteriorări vizibile.

Verificarea rezistenței de izolație se face cu schema din figura 2, conectând la bornele megohmetrului câte o bornă a înfășurării primare, respectiv secundare ale transformatorului verificat. Se rotește manivela inductorului cu viteza constantă de 2 rot/sec, și se citește valoarea rezistenței de izolație dintre înfășurări. Valorile obținute se trec într-un tabel de forma tabelului 1.

Tabelul 1

Transformator de verificat	R_{iz} [M Ω]	U [V]	I [A]	k_{len}	I_e [A]	k_{Ivn}	I_v [A]	e_a [A]	e_r [%]

Pentru verificarea notației bornelor se realizează schema de montaj din figura 3. Cu comutatorul K deschis, se reglează tensiunea de alimentare a montajului la o valoare de 5-10 V. La închiderea comutatorului K se urmărește acul voltmetrului care trebuie să devieze în sens normal. Dacă acul voltmetrului tinde să devieze invers, înseamnă că bornele secundare ale transformatorului de curent sunt notate invers.

Verificarea erorilor de indicație ale transformatorului se realizează cu montajul din figura 4. După realizarea montajului, se reglează poziția cursorului autotransformatorului pe valoarea zero și cursorul reostatului R_p pe poziția de rezistență maximă. Conexiunile transformatorului de sarcină TS pentru obținerea diferitelor valori de curent în circuitul de sarcină, se fac conform schemei și tabelului de conexiuni prezentate în anexă. După conectarea montajului la rețea prin închiderea comutatorului K, se reglează cursorul autotransformatorului până când ampermetrele A_e sau A_v ajung la valoarea

nominală (5 A); apoi prin reducerea tensiunii de alimentare a transformatorului de sarcină se notează valorile corespunzând diviziunilor principale ale ampermetrului A_V .

Rezultatele se trec în tabelul 2.

Tabelul 2

k_{IVN}	k_{IeN}	I_V [A]	I_{pv} [A]	I_e [A]	I_{pe} [A]	e_a [A]	e_r [%]	$\delta_i = I_V / I_{VN}$

Verificarea erorilor se face în modul arătat mai sus pentru toate valorile raportului de transformare al transformatorului de verificat, și se repetă pentru 2-3 transformatoare de măsură de curent.

Reglajul curentului din secundarul transformatorului de sarcină TS se poate face atât cu ajutorul tensiunii de alimentare a acestuia, cât și cu reostatul de reglaj R_p .

5. Rezultate experimentale și calculate

Valorile rezistențelor de izolație între înfășurări, măsurate cu megohmetrul, trebuie să fie mai mari decât:

$$R_{iz.min.} = 100U_{serv.} \quad (5)$$

unde $U_{serv.}$ este valoarea tensiunii de serviciu a transformatorului verificat.

Pentru curenții mășurați în secundar I_e și I_v , curenții în circuitul primar se determină cu relația:

$$I_{pv} = k_{Inv}I_v; \quad I_{pe} = k_{Ine}I_e \quad (6)$$

Erorile absolute de măsurare a curentului se determină cu relația:

$$e_a = k_{Inv}I_v - k_{Ine}I_e \quad [A] \quad (7)$$

iar erorile relative de măsurare cu:

$$e_r = \frac{e_a}{k_{Ine}I_e} 100 \quad [\%] \quad (8)$$

După calculul erorilor de măsurare, se va reprezenta grafic variația erorilor absolute și relative în raport cu gradul de încărcare al transformatorului de curent (raportul între valoarea curentului măsurat și valoarea curentului nominal).

6. Analiza rezultatelor

În urma efectuării lucrării, se analizează rezultatele obținute și se formulează concluzii cu privire la încadrarea transformatorului în clasa de precizie și la variația erorilor în funcție de gradul de încărcare al acestuia.

7. Notății

Tabelul 3 prezintă notațiile folosite în această lucrare.

Tabelul 3

Termen	Explicație
e_a	Eroarea absolută
e_r	Eroarea relativă
I	Curent
I_e	Curentul prin transformatorul etalon
I_v	Curentul prin transformatorul de verificat
I_p	Curentul din înfășurarea principală
I_{pe}	Curentul din înfășurarea principală la transformatorul etalon
I_{pv}	Curentul din înfășurarea principală transformatorul de verificat
I_s	Curentul din înfășurarea secundară
I_{pn}	Curentul nominal din înfășurarea principală
I_{sn}	Curentul nominal din înfășurarea secundară
k_l	Raportul real de transformare
k_{ln}	Raportul nominal de transformare
N_p	Numărul de spire ale înfășurării primare
N_s	Numărul de spire ale înfășurării secundare
R_{iz}	Rezistența de izolație
R_p	Reostat de reglaj
U	Tensiune
$U_{serv.}$	Tensiunea de serviciu a transformatorului verificat